

## MÉTODOS

# Perfusión coronaria: clasificación basada en el modo y la extensión relativa de la irrigación coronaria (y II). Algoritmo angiográfico\*

Josep Reig<sup>a,b</sup>, Àngel Plans<sup>b</sup> y Màrius Petit<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Departamento de Ciencias Morfológicas. Unidad de Anatomía y Embriología. Facultad de Medicina. Universidad Autónoma de Barcelona. Bellaterra. Barcelona. <sup>b</sup>Laboratorio de Morfología Cardíaca. Departamento de Cardiología. Centro Quirúrgico Sant Jordi. Centro Monográfico Cardiovascular. Barcelona.

*angiografía coronaria/ isquemia miocárdica/ perfusión miocárdica/ ventrículo izquierdo*

**Introducción y objetivos.** Se propone un algoritmo angiográfico de utilidad clínica, aplicable a la coronariografía convencional, para el establecimiento de diferentes patrones de distribución coronaria en función de las características de la perfusión miocárdica, tomando como punto de partida la clasificación segmentaria de la irrigación arterial del ventrículo izquierdo.

**Métodos.** Para la validación de este sistema de clasificación se estudian, mediante análisis anatómico y angiografía *post mortem* 30 corazones procedentes de autopsias. La edad media de la muestra estudiada fue de  $69,8 \pm 14,6$  años. El rango se hallaba entre 26 y 91 años de edad. Para su estudio se utilizó el desplegamiento del corazón en un plano y posterior coronariografía y la disección del árbol arterial coronario con identificación del modo de perfusión –exclusivo o compartido– de cada uno de los segmentos del ventrículo izquierdo. A las imágenes angiográficas se les aplicó un algoritmo basado en el tipo de división de la arteria coronaria izquierda y en el tipo de perfusión del segmento infero-basal del ventrículo izquierdo. Se procedió al análisis estadístico de los resultados obtenidos en el estudio anatómico y angiográfico. Para comprobar la aplicabilidad del algoritmo, se aplicó a una serie de 100 coronariografías *in vivo* sucesivas y se compararon los resultados obtenidos con los de la serie autóptica.

**Resultados.** La comparación estadística entre los porcentajes de clasificación obtenidos por los dos análisis de la serie autóptica no mostró ninguna di-

ferencia significativa. Asimismo, la comparación estadística entre los porcentajes de clasificación obtenidos entre los análisis *in vivo* y *post mortem* no mostró tampoco diferencia significativa.

**Conclusiones.** El algoritmo angiográfico desarrollado permite clasificar la perfusión miocárdica del ventrículo izquierdo, mediante la angiografía coronaria convencional, en tres grupos de interés clínico. Esta clasificación se basa en el predominio de segmentos del ventrículo izquierdo irrigados de forma exclusiva por la arteria interventricular anterior (tipo I), la arteria circunfleja (tipo II) o por un equilibrio entre ambas arterias (tipo III). Para su aplicación son particularmente importantes las proyecciones angiográficas en oblicua anterior izquierda con angulación caudal y oblicua anterior derecha. La clasificación de la perfusión ventricular establecida con el algoritmo desarrollado puede validarse al ser superponible a la lograda mediante el examen anatómico *post mortem*.

## CORONARY PERFUSION: CLASSIFICATION BASED ON THE TYPE AND THE RELATIVE EXTENSION OF THE CORONARY IRRIGATION (AND II). ANGIOGRAPHIC ALGORITHM

**Introduction and objectives.** An angiographic algorithm of clinical utility, applicable to conventional coronariography, is proposed to establish different patterns of coronary distribution depending on the characteristics of the myocardial perfusion, considering the starting point as the segmentary classification of the arterial irrigation of the left ventricle.

**Methods.** To validate this system of classification, 30 hearts coming from necropsy were studied, through anatomical and angiographical analysis. The average age of the population studied was of  $69.8 \pm 14.6$  years. The range was between 26 and 91 years. To study them, the hearts were unrolled and after a coronariography and a dissection of the coronary arterial tree, the identification of the perfu-

\*Este trabajo ha sido realizado en el marco del Proyecto de Investigación PB92-0626, del Programa General de Promoción General del Conocimiento, Dirección General de Investigación Científica y Técnica, Ministerio de Educación y Ciencia.

Correspondencia: Dr. J. Reig.  
Departamento de Ciencias Morfológicas.  
Unidad de Anatomía y Embriología.  
Facultad de Medicina. Universidad Autónoma de Barcelona.  
08193 Bellaterra. Barcelona.

Recibido el 5 de marzo de 1997.

Aceptado para su publicación el 27 de junio de 1997.

sion mode —exclusive or shared— of every left ventricle segment was done. Then an algorithm based on the type of division of the left main branch, and on the type of perfusion of the left ventricle inferobasal segment was applied to the angiographic frames. There was statistical analysis of the data obtained in the anatomic and angiographic studies. To verify the applicability of the algorithm, it was employed to successive series of 100 coronariographies *in vivo*, and these were then compared to the results obtained with the necropsic series.

**Results.** The statistical comparison between the percentages of the classification obtained from both analyses of the necropsic series showed no significant differences. The statistical comparison of the percentages of the classification obtained between the *in vivo* and *post-mortem* analyses did not show any significant difference either.

**Conclusions.** The angiographical algorithm developed allows to classify the myocardial perfusion of the left ventricle, by the conventional coronary arteriography, in three groups of clinical interest. The classification is based on the predominance of the left ventricular segments exclusively irrigated by: the anterior interventricular artery (type I), the circumflex artery (type II), or a balance between both arteries (type III). The angiographic projections in left anterior oblique with caudal angulation and right anterior oblique are important for its application. The classification of the ventricular perfusion established with the developed algorithm can be validated as being equivalent to the one obtained through the anatomical series.

(*Rev Esp Cardiol* 1997; 50: 766-771)

## INTRODUCCIÓN

Herrick, en 1912<sup>1</sup>, en su descripción clínica del infarto de miocardio, como consecuencia de la obstrucción aguda de las arterias coronarias, afirma que «las manifestaciones clínicas de la obstrucción coronaria evidentemente serán muy variables dependiendo del tamaño, localización y número de vasos ocluidos..., de forma que no puede describirse un único cuadro», indica también que hay motivos para pensar que incluso en la oclusión de arterias grandes —a veces ocluidas de forma súbita— el paciente puede sobrevivir, hace referencia al papel compensatorio de los vasos de Thebesius y afirma que el futuro del miocardio lesionado se basa en si se puede asegurar o no un aporte sanguíneo suficiente por los vasos vecinos, de forma que pueda restablecerse lo antes posible su integridad funcional.

Gross<sup>2</sup>, en 1921, refiere dos tipos de distribución coronaria, la que denomina distribución común y la variación típica, a la vez que lleva a cabo un estudio estadístico muy detallado de la diversidad de las

divisiones y longitudes de las ramas coronarias. Indica además la existencia de áreas de miocardio que tienen una irrigación vascular doble, lo que ya había sido expuesto previamente por Tandler<sup>3</sup>.

McAlpine<sup>4</sup>, en 1975, establece una denominación de las arterias coronarias dependiendo del punto de origen y del trayecto que siguen sobre los márgenes y sectores de la pared de los ventrículos —epicardio— y hace una descripción detallada del papel relativo de la arteria coronaria derecha e izquierda, del calibre de las arterias, del patrón de distribución en las tres caras del corazón y del tamaño relativo de las ramas adyacentes, y expresa que «si esperamos aportar alguna precisión en la valoración de los efectos de la enfermedad o de sus tratamientos no podemos quedar satisfechos con la enumeración de la cantidad de arterias o de ramas afectadas: su papel en la perfusión del ventrículo izquierdo precisa de una cuantificación».

En 1993, dos de los autores del presente trabajo (M. Petit y J. Reig), en un amplio estudio exclusivamente anatómico<sup>5</sup> de las arterias coronarias en su trayecto epicárdico e intramiocárdico, realizan un análisis segmentario de la irrigación arterial del ventrículo izquierdo, y establecen unos patrones arteriales según el modo de irrigación —exclusivo o compartido— y la extensión relativa de la irrigación del ventrículo izquierdo de cada una de las arterias: interventricular anterior, circunfleja y coronaria derecha. Esta clasificación se ha diseñado con el propósito de que sea de utilidad para la comprensión de la diversidad clínica de la enfermedad coronaria, como ayuda para la toma de decisiones terapéuticas en la fase aguda de la oclusión coronaria —como son la trombólisis y la angioplastia primaria—, en las actuaciones de revascularización en la fase subaguda, previsión de músculo viable, etc.

Sin embargo, el cardiólogo dispone únicamente como referencia anatómica de la imagen angiográfica de las arterias coronarias, y resulta que el propósito atractivo anunciado sólo podrá cumplirse en caso de disponer de una clave con la que pueda descodificarse la angiografía coronaria y con ello pueda establecerse aquella clasificación, a partir de la extensión y el modo relativo de la perfusión coronaria.

En este artículo se presenta una propuesta para la clasificación, de utilidad clínica, de la circulación coronaria, a partir de la función que tiene encomendada, la perfusión, partiendo de datos de la imagen más común —la arteriografía coronaria—, y de acuerdo con un estudio anatómico lo suficientemente amplio como para tener el valor de patrón de referencia, publicado previamente<sup>5,6</sup>.

## MÉTODOS

Se estudió la distribución arterial del ventrículo izquierdo, mediante la disección de 30 corazones proce-

**TABLA 1**  
**Causas de mortalidad (según informe de autopsia)**

Causa de la muerte	Número de casos	Porcentaje
Muerte súbita	3	10
Cardíaca	12	40
Respiratoria	3	10
Renal	2	6,6
Traumatismo	4	13,3
Accidente cerebrovascular	2	6,6
Tromboembolismo pulmonar	1	3,3
Hemorragia digestiva	1	3,3
Autólisis	2	6,6
Total	30	

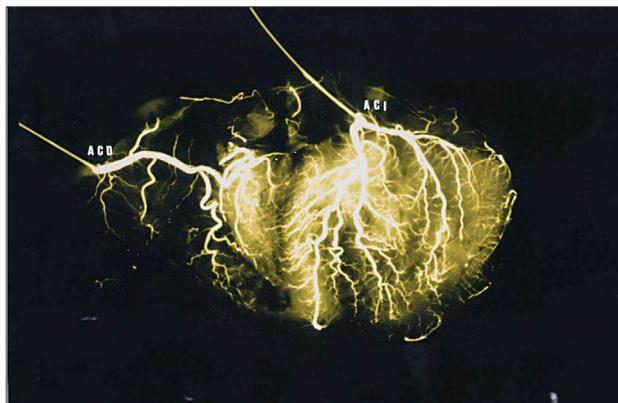
dentes de autopsias. Las causas de muerte se recogen en la **tabla 1**. La edad media de la muestra estudiada fue de 69,8 años, con una desviación típica de 14,6 años. El rango oscilaba entre 26 y 91 años de edad. La distribución por sexos de la muestra estudiada fue de 16 varones (53,3%) y 14 mujeres (46,6%).

Para la extracción y fijación de las piezas se utilizó la técnica descrita en la primera parte de este trabajo<sup>6</sup>. A continuación se canularon los *ostia coronaria*. Por cada una de las cánulas se inyectó el material de contraste (sulfato de bario en suspensión). A continuación se efectuó el desplegamiento del corazón sobre un plano<sup>7</sup> y se impresionó una placa radiográfica, a una distancia de 100 cm y utilizando película tipo AGFA Curix RP2 (tiempo de exposición de 0,3 s, con 125 mA.s<sup>-1</sup> y 10 kV), para obtener una imagen radiológica del árbol coronario en un plano y sin superposiciones (**fig. 1**).

Posteriormente se procedió a la disección del árbol coronario, con la técnica expuesta en la primera parte del trabajo<sup>6</sup>, lo que permitió determinar el tipo de irrigación –exclusivo o compartido– de cada segmento ventricular izquierdo, según la clasificación de Selvester et al<sup>8</sup> y la asignación de cada pieza a uno de los tres tipos de irrigación coronaria cuyas características han sido previamente descritas<sup>6</sup>.

### Diseño del algoritmo

De acuerdo con la primera parte del trabajo<sup>6</sup>, para la determinación del grupo III de la clasificación propuesta, el detalle fundamental a considerar es el tipo de división de la arteria coronaria izquierda y, concretamente, la presencia de una arteria mediana bien desarrollada. Para la clasificación de los grupos I y II es fundamental la identificación del tipo de irrigación –exclusivo o compartido– del segmento ventricular ínfero-basal, en ausencia de una arteria mediana bien desarrollada. Por lo tanto, el algoritmo utilizado para la clasificación angiográfica de



**Fig. 1.** Placa radiográfica con el corazón desplegado, según la técnica de Rodriguez y Reiner<sup>7</sup>; ACI: arteria coronaria izquierda; ACD: arteria coronaria derecha.

la irrigación cardíaca se basa en el tipo de división (bifurcado o trifurcado) de la arteria coronaria izquierda y en el tipo de irrigación (exclusiva o compartida) del segmento ventricular ínfero-basal<sup>9</sup> (**fig. 2**). En la aplicación del algoritmo a la serie angiográfica *post mortem*, la valoración de las imágenes angiográficas fue ciega respecto a la valoración anatómica.

### Aplicación a la coronariografía *in vivo*

Para verificar la utilidad del método de clasificación basado en el algoritmo propuesto, éste se aplicó a 100 coronariografías consecutivas practicadas en el laboratorio de hemodinámica e informadas como normales. Los estudios hemodinámicos correspondieron a 54 varones (54%) y 46 mujeres (46%). La edad media de la muestra estudiada fue de 57,7 años, con una desviación típica de 10,4 años. El rango oscilaba entre 31 y 82 años de edad.

La determinación del número de divisiones del tronco común de la arteria coronaria izquierda en la coronariografía *in vivo* se realiza preferentemente en la proyección en oblicua anterior izquierda a 45°, con incidencia caudal (**fig. 3**).

Para la determinación del modo de irrigación –exclusivo o compartido– del segmento ínfero-basal es preciso localizar este segmento por debajo del seno coronario, lo que se consigue mediante una filmación suficientemente prolongada durante la inyección de contraste en la arteria coronaria izquierda, que permita la visualización de la fase venosa en oblicua anterior derecha, con una incidencia de 30°.

Se comparan estadísticamente los resultados obtenidos con el estudio anatómico y con los estudios angiográficos *post mortem* e *in vivo*, utilizando el programa SPSS (Statistical Package for Social Sciences) versión 3.0, mediante la aplicación de un test de la  $\chi^2$ , considerando como significativos valores de  $p < 0,05$ .

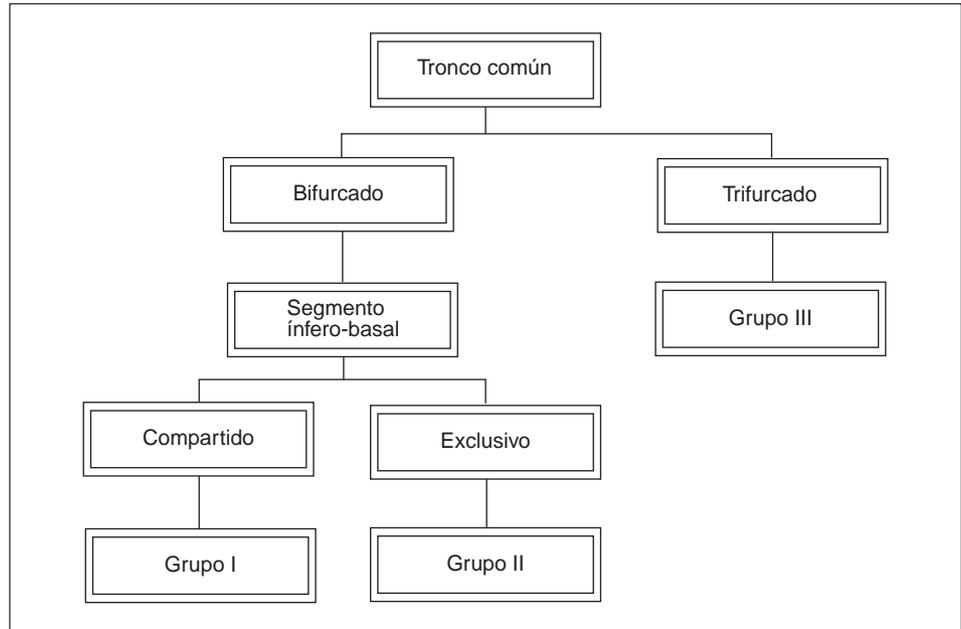


Fig. 2. Algoritmo utilizado para la clasificación angiográfica de la irrigación cardíaca.

**TABLA 2**  
Comparación entre los resultados de cada uno de los tipos de clasificación obtenidos por el análisis anatómico mediante disección y el análisis angiográfico *post mortem*

Disección	Angiografía <i>post mortem</i>					Significación estadística
	Tipo	I	II	III	Total	
I		11	0	0	11	NS
II		0	11	0	11	NS
III		0	1	7	8	NS
Total		11	12	7	30	

## RESULTADOS

### Análisis anatómico

En la **figura 4** pueden apreciarse los porcentajes de cada uno de los 3 grupos en que se ha dividido la muestra de 30 corazones estudiada por métodos anatómicos y basada en la clasificación segmentaria de la irrigación arterial coronaria<sup>6</sup>.

### Análisis angiográfico *post mortem*

A las imágenes obtenidas por coronariografía *post mortem*, con el corazón desplegado en un plano, correspondientes a los mismos 30 casos del análisis anatómico, se les aplicó el algoritmo propuesto en este trabajo. En la **figura 4** pueden apreciarse los porcentajes de cada uno de los 3 grupos.

La comparación estadística entre los porcentajes de cada uno de los tipos de clasificación obtenidos por el

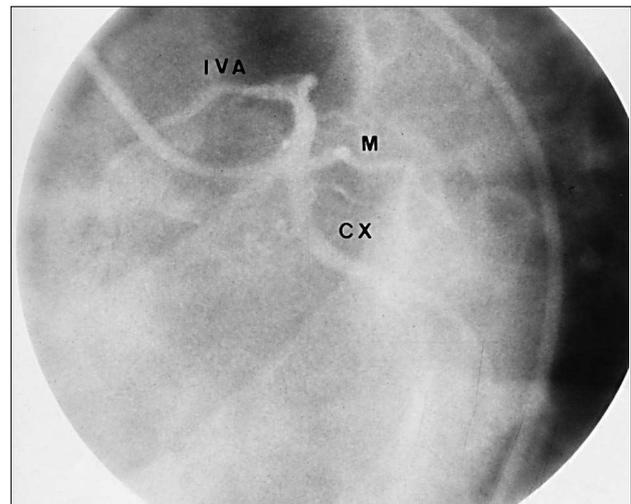


Fig. 3. Angiografía coronaria en proyección oblicua anterior izquierda, con inclinación caudal, en la que puede observarse sin superposiciones la división de la arteria coronaria izquierda; CX: arteria circunfleja; IVA: arteria interventricular anterior; M: arteria mediana o intermedia.

análisis anatómico y el angiográfico *post mortem* no mostró ninguna diferencia significativa (**tabla 2**).

### Análisis angiográfico *in vivo*

Al aplicar el algoritmo angiográfico propuesto a la muestra de 100 coronariografías convencionales no se detectó ninguna dificultad en la identificación de los parámetros clasificatorios.

De los 100 casos estudiados se obtuvieron 36 (36%) que fueron clasificados dentro del grupo I, es decir, como corazones con predominio en el porcentaje de

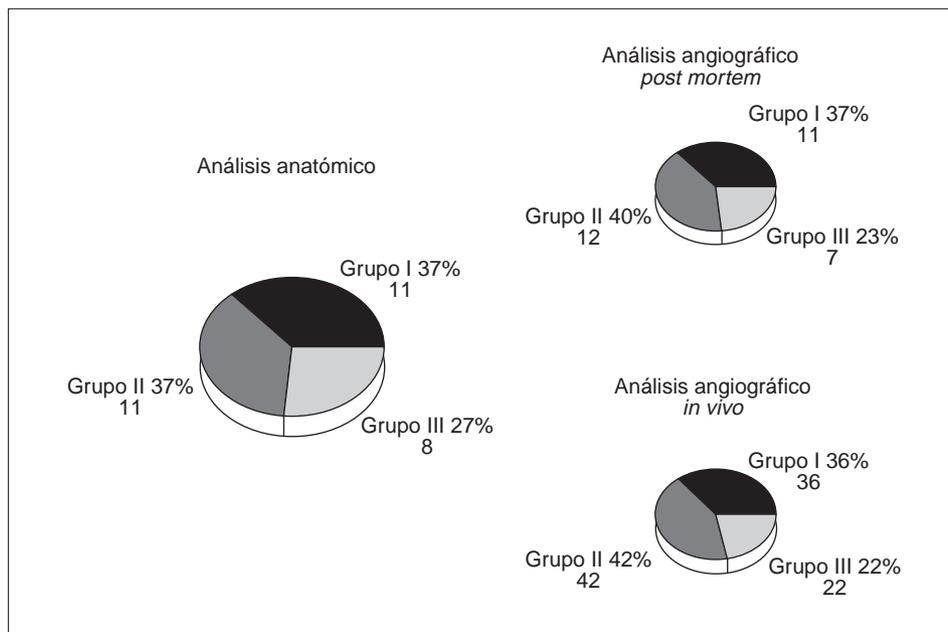


Fig. 4. Porcentajes de los grupos de irrigación arterial obtenidos utilizando cada una de las técnicas.

segmentos del ventrículo izquierdo irrigados exclusivamente por la arteria interventricular anterior. En el grupo II, se clasificaron 42 casos (42%), con una significación de casos con predominio en el porcentaje de segmentos del ventrículo izquierdo irrigados exclusivamente por la arteria circunfleja. Por último, 22 casos (22%) fueron clasificados como pertenecientes al grupo III, en el que no existe un predominio significativo de ninguna arteria en el porcentaje de segmentos del ventrículo izquierdo irrigados de forma exclusiva. La comparación estadística entre los porcentajes de cada uno de los tipos de clasificación obtenidos entre los análisis angiográficos *in vivo* y *post mortem* no mostró ninguna diferencia significativa.

## DISCUSIÓN

Como ya se comentó en la primera parte de este trabajo<sup>6</sup>, los sistemas de clasificación de la circulación arterial coronaria utilizados con mayor frecuencia están basados en criterios de longitud arterial. Así, por ejemplo, la clasificación de Schlesinger<sup>10</sup> está basada en el punto de terminación de las arterias circunfleja y coronaria derecha, en relación a la *crux cordis*. Su amplia utilización, hasta el momento actual, ha sido probablemente debida a su sencillez de aplicación.

Si tenemos en cuenta que es en la masa muscular miocárdica en donde se traducen las consecuencias de la patología coronaria y los beneficios de las eventuales actitudes terapéuticas, el hecho fundamental a considerar en las clasificaciones de la distribución coronaria debería ser siempre el territorio de masa muscular irrigada, es decir, miocardio-dependiente, y no la longitud arterial, lo que no siempre es coincidente<sup>11,12</sup>. En

consecuencia, la forma de clasificación utilizada habitualmente, que está basada en la descripción anatómica que efectuó Schlesinger, no supone ningún aporte real al conocimiento de la perfusión de las zonas del miocardio, tal como es reconocido por diversos autores<sup>13,14</sup>.

La clasificación propuesta en nuestro estudio se fundamenta en el modo y la cantidad de músculo irrigado por cada una de las arterias coronarias, al tiempo que mantiene la sencillez de aplicación deseable para su utilización convencional.

La comparación de los datos obtenidos por el análisis anatómico con los datos proporcionados por la angiografía coronaria ha permitido establecer un algoritmo de clasificación a partir de la imagen angiográfica, mediante el que puede identificarse el tipo de distribución coronaria, según el criterio segmentario (fig. 2).

La aplicación del algoritmo permite la clasificación precisa de cada caso, y la estimación de la cantidad y modo de perfusión del ventrículo izquierdo de la masa muscular irrigada por cada una de las arterias –interventricular anterior y circunfleja– que pueden tener valor pronóstico, e incluso, de orientación en las decisiones terapéuticas.

La irrigación compartida presupone la existencia de un territorio protegido frente a la patología isquémica. Por el contrario, en aquellos segmentos en los que la irrigación es exclusiva, en ausencia de circulación colateral, la oclusión de la arteria responsable de la irrigación puede comportar la aparición de complicaciones anatómicas, aun cuando la extensión de la necrosis sea pequeña. Así, las roturas cardíacas<sup>15</sup>, los aneurismas y los pseudoaneurismas ventriculares<sup>16</sup> presentan una localización preferente en los segmentos con irri-

gación arterial de tipo exclusivo. Por lo tanto, el algoritmo propuesto lleva a un sistema de estratificación del riesgo de complicaciones coronarias basado en el conocimiento de los territorios miocárdicos de irrigación exclusiva.

## CONCLUSIONES

El algoritmo angiográfico desarrollado permite una clasificación de interés clínico de la perfusión miocárdica del ventrículo izquierdo mediante la angiografía coronaria convencional. Para su aplicación son particularmente importantes las proyecciones angiográficas en oblicua anterior izquierda con angulación caudal y oblicua anterior derecha.

La clasificación de la perfusión ventricular establecida con el algoritmo desarrollado es totalmente superponible a la lograda mediante el examen anatómico y aplicable *in vivo*.

La aplicación del algoritmo de clasificación angiográfica de la perfusión ventricular permite una valoración de la patología miocárdica isquémica más ajustada a la realidad de las lesiones coronarias existentes *in vivo*, ya que está basada en la estimación de la cantidad y del modo de perfusión —exclusivo o compartido— de la masa muscular irrigada por cada una de las arterias coronarias principales.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Herrick JB. Clinical features of sudden obstruction of the coronary arteries. JAMA 1912; 59: 2.015-2.020.
2. Gross L. The blood supply to the heart. Nueva York: Paul B. Hoeber, Inc., 1921.
3. Tandler J. Anatomie des Herzens. Jena: Gustav Fischer, 1913.
4. McAlpine RN. Heart and coronary arteries. Berlín: Springer-Verlag, 1975.
5. Petit M, Reig J. Arterias coronarias: aspectos anatómico-clínicos. Barcelona: Masson-Salvat, 1993.
6. Reig J, Petit M. Perfusión coronaria: clasificación basada en el modo y la extensión relativa de la irrigación coronaria (I). Determinantes morfológicos. Rev Esp Cardiol 1996; 49: 675-681.
7. Rodríguez FL, Reiner L. A new method of dissection of the heart. Arch Pathol 1957; 63: 160-163.
8. Selvester RH, Sanmarco ME, Solomon JC, Wagner GS. The ECG: QRS change. En: Wagner GS, editor. Myocardial infarction: measurement and intervention. La Haya/Boston/Londres: Martinus Nijhoff Publ., 1982; 23-50.
9. Plans A. Clasificación de la circulación coronaria en función de la perfusión miocárdica segmentaria exclusiva o compartida: algoritmo angiográfico [tesis]. Bellaterra: Servicio de Publicaciones de la Universidad Autónoma de Barcelona, 1993.
10. Schlesinger MJ. Relation of anatomic pattern to pathologic conditions of the coronary arteries. Arch Path 1940; 30: 403-415.
11. Kalbfleisch H, Hort W. Quantitative study on the size of coronary artery supplying areas postmortem. Am Heart J 1977; 94: 183-188.
12. Reig J, Jornet A, Petit M. Anatomical variations of the coronary perfusion as a basis of myocardial vulnerability to coronary artery occlusion. Clin Anat 1994; 7: 315-323.
13. James TN. Anatomy of the coronary arteries. Nueva York: PB Hoeber, Inc., 1961; 38-87.
14. Baroldi G, Scmazzone G. Coronary circulation in the normal and pathologic heart. Washington D.C.: U.S. Government Printing Office, American Registry of Pathology, Armed Forces Institute of Pathology, 1965; 27-36.
15. Reig J, Jornet A, Usón M, Plans A, Oller N, Petit M. Ruptura cardíaca per infart de segments irrigats de forma exclusiva per l'artèria coronaria dreta. Rev Lat Cardiol 1992; 13: 135A.
16. Illa J, Plans A, Reig J, Usón M, Jornet A, Petit M. Pseudo-aneurisma ventricular per infart del segment postero-basal, irrigat de forma exclusiva. Rev Lat Cardiol 1992; 13: 135A.