

DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DE UNA NUEVA ANOMALÍA ARTERIAL CORONARIA EN EL HAMSTER SIRIO *MESOCRICETUS AURATUS* (WATERHOUSE, 1839); INTERPRETACIÓN GENÉTICA Y FILOGENÉTICA

A.C. DURÁN, J.M. ARQUÉ, M. CARDO & V. SANS-COMA

Durán, A.C., Arqué, J.M., Cardo, M. & Sans-Coma, V., 1988. Descripción morfológica de una nueva anomalía arterial coronaria en el hamster sirio *Mesocricetus auratus* (Waterhouse, 1839); interpretación genética y filogenética. *Misc. Zool.*, 12: 329-338.

Morphological description of a new coronary arterial anomaly in the Syrian hamster Mesocricetus auratus (Waterhouse, 1839); genetic and phylogenetic interpretation.— Two coronary arteries originating from the right and left aortic sinuses respectively, and a third coronary artery arising from the left sinus of the pulmonary artery were found in a Syrian hamster, belonging to a family subjected to high endogamous pressure. The study was carried out using a corrosion casting technique. The right coronary artery was normal, whereas the left main coronary artery ran along the interventricular septum, supplying branches to the left ventricle. One anastomoses occurred between the coronary artery from the pulmonary trunk and a branch of the left coronary artery. The present findings agree with Hackensellner's embryologic theory, and support the assumption that genetic factors contribute to the development of the coronary arterial patterns. Moreover, they agree with the hypothesis that the capability of the aortic and pulmonary sinuses to develop coronary arteries may be the rule in Mammals.

Key words: Coronary arteries, Anomalies, Hamster, Morphology, Genetics, Phylogenetics.

(Rebut: 2 VI 88)

Ana C. Durán, Manuel Cardo, Valentín Sans-Coma, Dept. de Zoología, Fac. de Ciencias, Univ. de Málaga, 29071 Málaga, España.— Josep María Arqué, Hospital Regional "Carlos Haya", 29011 Málaga, España.

Ana C. Durán disfruta de una Beca (87/065) del F.I.S.s.s. (Ministerio de Sanidad y Consumo).

INTRODUCCIÓN

En la especie humana se presentan múltiples tipos de anomalías congénitas de las arterias coronarias, no asociadas a malformaciones mayores del corazón o de los grandes vasos. La bibliografía sobre el tema es abundante. De ella cabe destacar los compendios realizados por WESSELHOEFT et al. (1968), CHEITLIN et al. (1974), LIBERTHSON et al. (1979), DONALDSON et al. (1983), NEUFELD & SCHNEEWEISS (1983) y ROBERTS (1986, 1987).

Uno de tales tipos de anomalías consiste en el desarrollo de al menos una arteria coro-

naria a partir del tronco arterial pulmonar y comporta distintas variantes. Éstas difieren en función del número total de vasos arteriales coronarios que se hayan desarrollado y de que las arterias coronarias con origen en el tronco pulmonar coexistan o no con otra u otras derivadas de los senos aórticos. En cualquier caso se presenta sintomatología clínica, pero el grado de severidad patológica depende de la disposición coronaria propia de cada paciente. Esta severidad es máxima cuando solamente se han desarrollado arterias coronarias a partir del tronco pulmonar y es menor cuando coexisten arterias coronarias de origen pulmonar y aórtico, con anas-

tomosis entre ellas. Junto con las fístulas coronarias, este tipo de malformaciones constituye el grupo de anomalías arteriales coronarias primarias mayores, definido por OGDEN (1970) para la especie humana.

En contraste con lo que ocurre en el hombre, las citas sobre arterias coronarias con origen en el tronco pulmonar en otras especies de mamíferos son escasas. WOLFFHÜGEL (1901), MARCATO (1939), VINK et al. (1941), GODGLÜCK (1942), VITUMS (1963), FISHER & PIRIE (1965) y VAN NIE (1968) refirieron sendos hallazgos de arteria coronaria derecha a partir del tronco pulmonar y de arteria coronaria izquierda a partir de la aorta en ganado bovino. VAN NIE (1968) y SANDUSKY & SMITH (1978) observaron la existencia de una arteria coronaria izquierda a partir de la pulmonar y una arteria coronaria derecha a partir de la aorta también en ganado bovino. TURK et al. (1984) detectaron una disposición análoga en un perro. Más recientemente, SANS-COMA et al. (1988) publicaron el hallazgo de esta variante anómala en seis especímenes de hamster sirio correspondientes a un complejo de familias altamente consanguíneas, criadas en el laboratorio con el fin de analizar en ellas diversos aspectos del desarrollo y de la posible transmisión hereditaria de las anomalías congénitas de las arterias coronarias. Al proseguir el trabajo experimental se ha detectado un ejemplar con dos troncos arteriales coronarios originados en la aorta y un tercero emergiendo de la pulmonar. La singularidad morfo-fisiológica del hallazgo y su inferencia en la valoración de la irrigación arterial coronaria en los mamíferos, bajo las perspectivas genética y filogenética, han motivado la presente comunicación.

MATERIAL Y MÉTODOS

El hamster estudiado era un ♂ (nr. 252-7 de la serie) que fue sacrificado a los 26 días de vida. Procedía de una camada de nueve ejemplares, aún no había iniciado la pubertad y no presentaba ninguna sintomatología de su anomalía arterial coronaria.

El estudio del origen anatómico y del recorrido de sus arterias coronarias se efectuó mediante la misma técnica de inyección —corrosión utilizada en trabajos anteriores (ARQUÉ et al., 1985; ARQUÉ et al., 1986; SANS-COMA et al., 1988). En síntesis, el método consiste en inyectar una resina sintética (Rhodopas AX 85/15), en solución de acetona al 20%, que rellena las cavidades ventriculares y el sistema arterial. En el presente caso, se inyectó primero el ventrículo izquierdo y el árbol sistémico mediante la introducción de una cánula por el apex cordis, tras haber efectuado una toracotomía transversal a nivel del quinto espacio intercostal. Seguidamente se procedió a una inyección similar, esta vez de resina con colorante verde Unipers G-E de Ciba-Geigy, que relleno el ventrículo derecho y el árbol arterial pulmonar. El molde interno se obtuvo por corrosión del ejemplar en ácido clorhídrico comercial durante 72 horas.

RESULTADOS

Origen y recorrido de las arterias coronarias

En el presente ejemplar, la calidad de inyección conseguida en el caso de la arteria coronaria derecha es manifiestamente inferior a la correspondiente a la arteria coronaria izquierda y a la arteria coronaria con origen en el tronco pulmonar. No obstante, el resultado obtenido permite reconocer los siguientes aspectos de la disposición del primero de estos vasos (fig. 1A). Su origen se sitúa en el seno aórtico derecho y su primer tramo, hasta casi el borde agudo del corazón, discurre por el surco auriculoventricular derecho. Cerca de su nacimiento, la arteria coronaria derecha emite una rama conal y otra, muy fina, que se dirige hacia la aurícula derecha. Tras sobrepasar el borde agudo, el tronco coronario principal da lugar a una rama que no recorre dicho borde, sino que lo cruza oblicuamente, para irrigar la cara ventral del ventrículo derecho. Seguidamente, el tronco principal se escinde en dos ramas. La primera

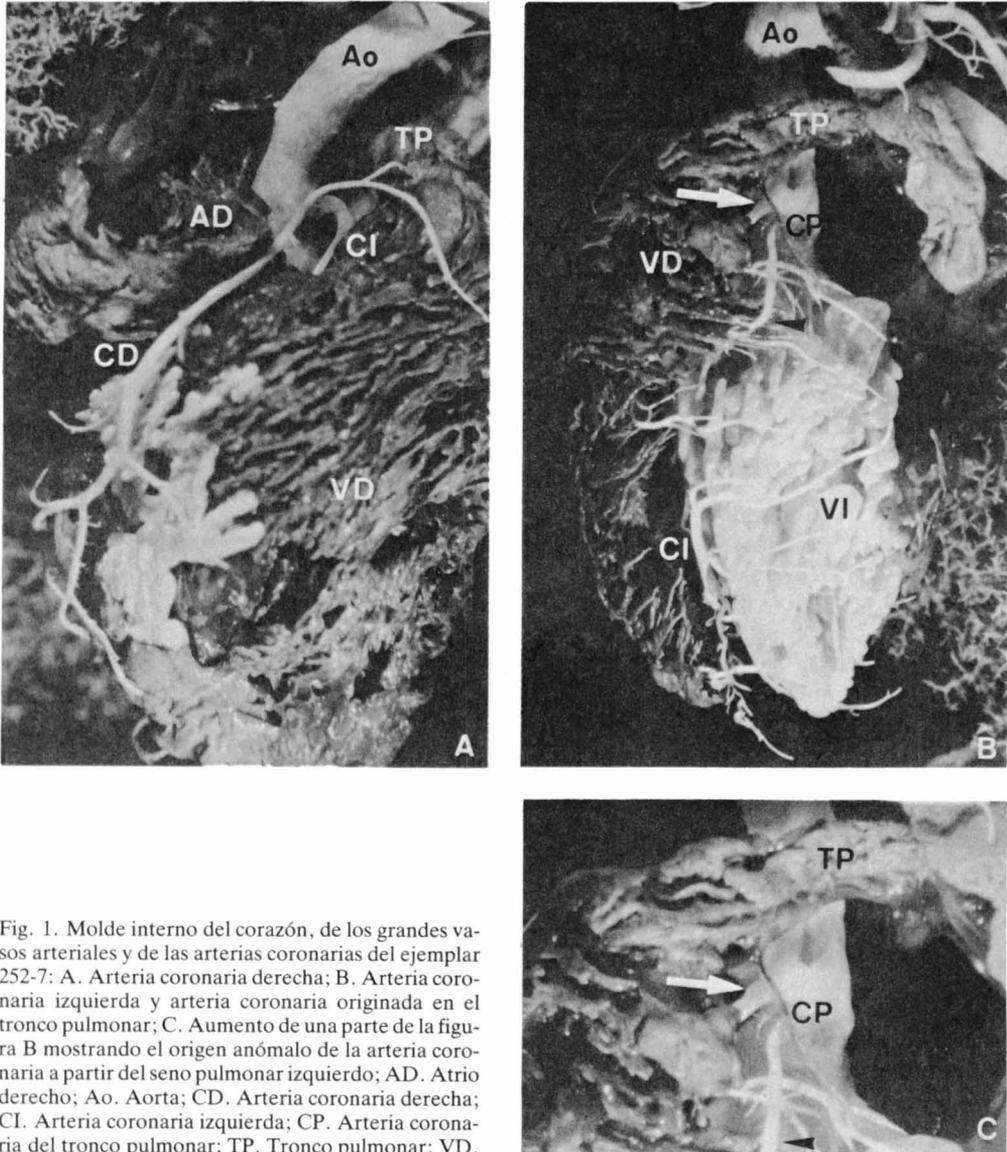


Fig. 1. Molde interno del corazón, de los grandes vasos arteriales y de las arterias coronarias del ejemplar 252-7: A. Arteria coronaria derecha; B. Arteria coronaria izquierda y arteria coronaria originada en el tronco pulmonar; C. Aumento de una parte de la figura B mostrando el origen anómalo de la arteria coronaria a partir del seno pulmonar izquierdo; AD. Atrio derecho; Ao. Aorta; CD. Arteria coronaria derecha; CI. Arteria coronaria izquierda; CP. Arteria coronaria del tronco pulmonar; TP. Tronco pulmonar; VD. Ventrículo derecho; VI. Ventrículo izquierdo. En las figuras B y C, la flecha blanca indica el origen de la arteria coronaria izquierda, la flecha negra la anastomosis entre la arteria del tronco pulmonar y una rama de la arteria coronaria izquierda.

Internal cast of the heart, great arterial vessels and coronary arteries of specimen 252-7. A. Right coronary artery; B. Left coronary artery and coronary artery originating from the pulmonary trunk; C. Enlargement of a portion of figure B showing the anomalous origin of the coronary artery from the left pulmonary sinus. AD. Right atrium; Ao. Aorta; CD. Right coronary artery; CI. Left coronary artery; CP. Coronary artery from the pulmonary trunk; TP. Pulmonary trunk; VD. Right ventricle; VI. Left ventricle. In figures B and C, the white arrow indicates the origin of the left coronary artery, the black arrow the anastomoses between the coronary artery from the pulmonary trunk and a branch of the left coronary artery.

adopta un trayecto paralelo al surco auriculoventricular, emitiendo una subrama de fino calibre, cuya posición recuerda la de una rama circunfleja derecha, pero que no alcanza la crux cordis. Luego, aquella primera rama se escinde en tres vasos, dos de los cuales sobrepasan el límite interventricular dorsal, alcanzando el ventrículo izquierdo, mientras que el tercero se queda en este límite. La segunda rama del tronco principal se dirige oblicuamente hacia el límite interventricular dorsal, en el que se aloja sin recorrerlo apenas. Antes de alcanzar este límite origina un vaso hacia la cara diafragmática del ventrículo derecho.

Del seno aórtico izquierdo nace un vaso de calibre normal que debería constituir la arteria coronaria izquierda, pero que, en realidad, adopta la posición propia de una arteria septal ya que recorre todo el margen derecho del tabique interventricular hasta el apex cordis (fig. 1B). A lo largo de su trayecto, el tronco coronario principal va emitiendo ramas más o menos perpendiculares a él que, en conjunto, irrigan tanto el tabique como la pared libre del ventrículo izquierdo. Citadas en dirección al apex cordis, las ramas principales son las siguientes:

1. Un vaso que irriga la pared dorsal del septo interventricular.
2. Un vaso que se dirige hacia la pared libre del ventrículo izquierdo, irrigando su porción proximal a base de escindir-se en numerosas ramas, unas de trayecto más o menos paralelo al surco auriculoventricular izquierdo y otras que se inflexionan en 90°.
3. Un vaso que primero sigue paralelo al tronco coronario principal y que luego se curva hacia el ventrículo izquierdo. De la región proximal de este vaso nace una rama, también hacia la pared libre del ventrículo izquierdo, que se escinde en subramas, una de las cuales establece una anastomosis con la arteria coronaria originada en el tronco pulmonar. Todo este complejo de ramas nutre la región medial de la pared libre del ventrículo izquierdo.
4. Un vaso que se escinde en ramillete, irrigando la pared libre del ventrículo iz-

quierdo, desde su región medial hasta su región apical.

A partir de su mitad distal, el tronco arterial coronario principal da lugar a numerosas ramas perpendiculares a él que, a nivel del límite interventricular dorsal, se inflexionan para irrigar la región mediodistal de la pared dorsal del ventrículo izquierdo.

En su región apical, el tronco principal se ramifica en ramillete abrazando el apex cordis.

La arteria coronaria con origen en el tronco pulmonar es un vaso que, al nacer, es de menor calibre que los dos troncos coronarios aórticos (fig. 1B,C). Emerge del seno pulmonar izquierdo y recorre la parte proximal del límite interventricular ventral, engrosándose paulatinamente, hasta anastomosarse con la rama, citada anteriormente, procedente del tronco arterial coronario del seno aórtico izquierdo. Esta arteria coronaria originada en el tronco pulmonar sólo emite una rama corta que se dirige al borde obtuso del corazón.

Datos genealógicos

Los datos genealógicos referentes al presente caso constan en la figura 2. Se trata de una de las líneas consanguíneas correspondientes a la denominada familia VI (SANS-COMA et al., 1988), dos de cuyos fundadores (σ 8-1 y φ 4-1) presentaban una anomalía arterial coronaria consistente en el desarrollo de un único tronco coronario a partir del seno aórtico derecho (coronaria única del seno aórtico derecho). El primer cruzamiento consanguíneo se efectuó con dos individuos de la segunda generación filial (σ 118-4, φ 118-2) que eran hermanos de camada. Los siguientes apareamientos fueron también de máxima consanguinidad, de forma que al ejemplar en cuestión, que apareció en la quinta generación filial, le corresponde un coeficiente de consanguinidad (F_x) de 0,500, con una probabilidad de fijación (SCHÄFER, 1937) de 0,172.

Como se puede constatar, los antecedentes familiares con disposiciones anómalas (en el sentido de variantes con respecto a la dis-

posición más frecuente) de las arterias coronarias no se reducen a los dos hamsters fundadores antes mencionados. A partir de la segunda, en todas las generaciones filiales sucesivas se presentan individuos con disposiciones anómalas en el origen de las arterias coronarias. Estas anomalías corresponden a los tres tipos siguientes:

1. Arteria coronaria única del seno aórtico derecho (CUD): 4 casos.
2. Arteria coronaria izquierda del seno

pulmonar izquierdo y arteria coronaria derecha del seno aórtico derecho (CIP): 3 casos.

3. Arteria coronaria izquierda del seno aórtico posterior y arteria coronaria derecha del seno aórtico derecho (CISP): 1 caso.

En un caso, la arteria septal se originaba, con ostium propio, en el seno aórtico derecho, siendo las arterias coronarias derecha e izquierda normales (SOP).

En otro caso, la válvula aórtica era bicúspide (AB) y ambas coronarias, derecha e

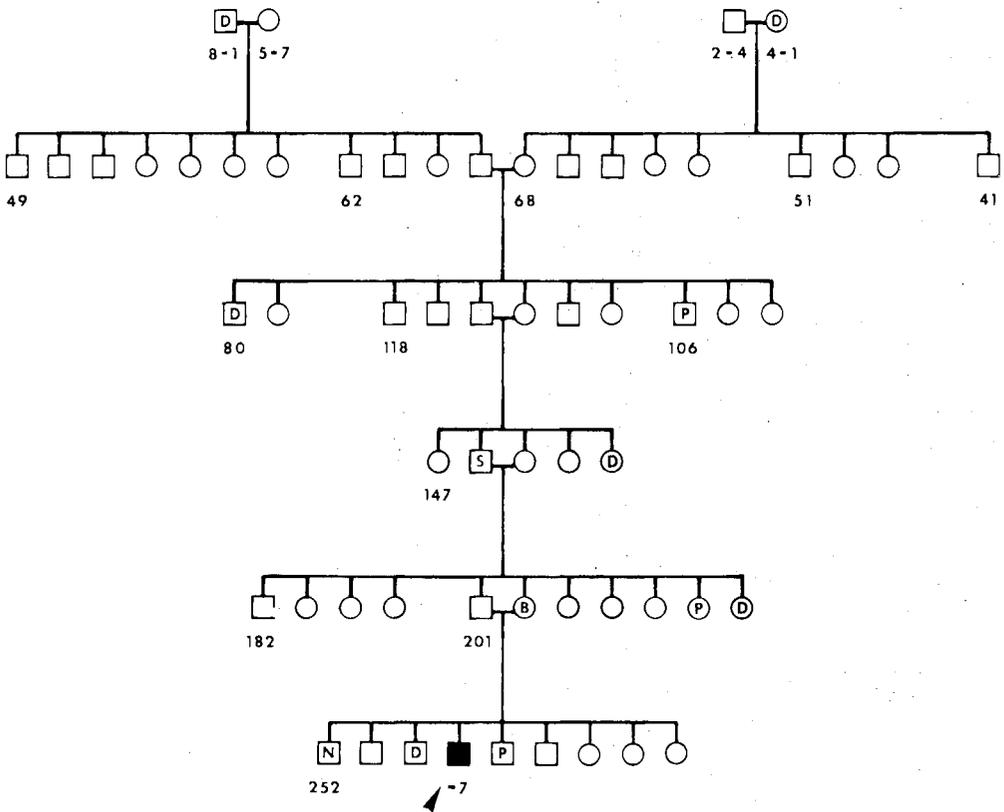


Fig. 2. Genealogía correspondiente al ejemplar 252-7 (flecha). □ ♂♂; ○ ♀♀. Cuadrados y círculos blancos = patrón de origen de las arterias coronarias normal D. CUD; P. CIP; N. CISP; S. SOP; B. AB. Abreviaturas de las variantes anómalas en el texto. Las cifras correspondien a las distintas camadas.

Pedigree of specimen 252-7 (arrow). □ ♂♂; ○ ♀♀. White squares and circles = normal pattern of origin of the coronary arteries. Abbreviations of the anomalous variants in the text. The numerals correspond to the different litters.

izquierda, se originaban en el seno aórtico anterior.

Debido al reducido tamaño de los corazones y al recorrido intramural de las arterias coronarias en el hamster, los ejemplares sólo se han podido diagnosticar post-mortem, es decir, tras la inyección de la resina. Esta circunstancia dificulta obviamente cualquier tipo de selección que se desee ejercer con el fin de propiciar un incremento de la cantidad de individuos con anomalías en generaciones sucesivas. No obstante, obsérvese que, en la genealogía que se presenta, la incidencia (%) de ejemplares con anomalías en el origen de las arterias coronarias ha tendido a aumentar en las sucesivas generaciones filiales (F_1 - F_5), en correspondencia con el incremento del coeficiente de endogamia (F_x): F_1 ($F_x=0$): 0%; F_2 ($F_x=0$): 18,2%; F_3 ($F_x=0,250$): 20,0%; F_4 ($F_x=0,375$): 18,1%; F_5 ($F_x=0,500$): 44,4%.

DISCUSIÓN

Aspectos morfo-fisiológicos

Desde el punto de vista anatómico-morfológico, la disposición de la arteria coronaria derecha del presente ejemplar queda incluida dentro de los límites de variación del patrón arterial coronario normal del hamster (en preparación). En cambio, la arteria coronaria izquierda sí difiere sustancialmente de la habitual. Su trayecto es septal y no están desarrolladas sus ramas más típicas, como son la circunfleja izquierda y la obtusa marginal. En consecuencia, tampoco existen las derivadas de estas dos que suelen atravesar diagonalmente la pared libre del ventrículo izquierdo. En el hamster, la irrigación del tabique interventricular corre a cargo, generalmente, de uno o dos vasos septales que derivan de uno o ambos troncos arteriales coronarios principales, derecho e izquierdo.

En todos los hamsters con una arteria originada en el tronco pulmonar y otra en la aorta referidos en la bibliografía (SANS-COMA et al., 1988), la primera emerge del

seno pulmonar izquierdo y la segunda del seno aórtico derecho, habiéndose desarrollado algún tipo de anastomosis entre ellas. En tales casos, la arteria coronaria derecha está dilatada y su recorrido normal suele ser largo y tortuoso, asumiendo la irrigación del ventrículo derecho y de gran parte del ventrículo izquierdo. A su vez, el aporte sanguíneo al tabique interventricular se efectúa, ya sea a través de una arteria septal que es rama de la arteria coronaria derecha, ya sea a través de la presencia simultánea de una arteria septal corta, que irriga la parte ventral del septo, y de ramas perforantes terminales de la arteria coronaria derecha que se dirigen a su parte dorsal. En cambio, en el presente ejemplar, la arteria coronaria derecha no ha experimentado un desarrollo superior al normal, en consonancia con la existencia del tronco arterial coronario de recorrido septal que irriga el ventrículo izquierdo y que establece anastomosis con la arteria coronaria procedente del tronco pulmonar.

Una de las cuestiones que cabe formularse ante el presente hallazgo se refiere a las consecuencias fisiológicas que puedan derivarse de tal situación anómala. Se sabe que, en el hombre, la coexistencia de una arteria coronaria izquierda a partir del tronco pulmonar y de otra, derecha, a partir de la aorta, constituye una anomalía con dos tipos de manifestación (tipo infantil y tipo adulto), según se hayan desarrollado o no, respectivamente, vías anastomóticas entre ambos vasos (GOULEY, 1950; NEUFELD & SCHNEEWEISS, 1983; ROBERTS, 1987). Cuando existen anastomosis, el individuo suele superar la fase juvenil de forma asintomática. En tal caso, las consecuencias de la anomalía se manifiestan generalmente tras la pubertad y dependen del grado de circulación colateral que se haya establecido. Según demostró definitivamente EDWARDS (1958, 1964) desde el punto de vista hemodinámico, en el tipo adulto, la arteria coronaria izquierda se perfunde de forma retrógrada a partir de la arteria coronaria derecha y ello gracias a la disminución de la resistencia pulmonar. Por ahora, tan sólo cabe la suposición de que este proceso hemo-

dinámico también tenga lugar en el hamster. En realidad, no existen pruebas concretas de ello, pero lo cierto es que todos los ejemplares con desarrollo anómalo de una arteria coronaria a partir del tronco pulmonar han resultado asintomáticos y algunos de ellos han llegado incluso a reproducirse sin dificultad.

En el hombre, cuando se desarrollan ambas arterias coronarias, derecha e izquierda, a partir de la aorta, raramente se presenta una tercera arteria coronaria a partir del tronco pulmonar. Suele tratarse entonces de una arteria accesoria (SOLOFF, 1942), de tipo conal (ROBERTS, 1987). Con respecto a otros mamíferos, sólo se ha encontrado la referencia bibliográfica de un caso hasta cierto punto semejante al que se discute aquí. Se trata de un ejemplar de ciervo de cola blanca de Virginia (*Odocoileus virginianus borealis*) en el que coexistían tres arterias coronarias, una de cada seno aórtico, con otra, de menor calibre, originada en el tronco pulmonar (BISHOP et al., 1970). En todos estos casos, al igual que en el presente, el desarrollo del vaso coronario procedente de la pulmonar es escaso y, por ello, no parece incidir apenas en la correcta irrigación miocárdica.

Aspectos embriológicos

En un trabajo precedente (SANS-COMA et al., 1988) ya se ha discutido, bajo la perspectiva embriológica, el significado de la variación en el origen anatómico de las arterias coronarias en el hamster. En síntesis, cabe decir que la única hipótesis que explica dicha variación es la enunciada por HACKENSELLNER (1956) y apoyada por autores como SCHULZE & RODIN (1961), ROBERTS (1962), SARROUY et al. (1966), CONTE & GRIEGO (1981), CONTE (1982), CONTE & PELLEGRINI (1984) y CONTE et al. (1986). A diferencia de otras hipótesis como las de ABRIKOSSOFF (1911), GOOR & LILLEHEI (1975) y CORONE et al. (1984), la de Hackensellner se basa en la potencialidad de cada seno, aórtico y pulmonar, para desarrollar primordios coronarios,

aunque sea el territorio coronario-formador de la aorta el que habitualmente dé lugar a los vasos arteriales coronarios definitivos (véase también: DOMÉNECH MATEU, 1986). El presente hallazgo constituye una prueba más de la potencialidad aducida por Hackensellner, si bien no aporta ningún conocimiento nuevo acerca de los procesos embrionarios por los cuales se originan los primordios arteriales coronarios y se constituyen definitivamente los vasos que proceden de ellos.

Aspectos genéticos

Existen pocos datos bibliográficos indicativos de la intervención de factores genéticos en la disposición de las arterias coronarias. BLOOR et al. (1967) demostraron el control poligénico de cuatro variantes arteriales coronarias en la rata, definidas en función del número de troncos primarios emergentes de la aorta (véase también: BLOOR & LEON, 1968; BLOOR, 1969). A base de cruzamientos selectivos efectuados entre determinadas cepas de ratón, AIKAWA & KAWANO (1985) concluyeron que, en ellas, la formación de una tercera arteria coronaria, a partir del seno aórtico posterior, está sujeta a una base genética y que, probablemente, los patrones de las arterias coronarias derecha e izquierda, sean heredables. Salvo estos resultados, los demás datos que se poseen sobre esta cuestión corresponden al hamster y sugieren que las diferentes variantes del origen anatómico de las arterias coronarias constituyen un conjunto fenotípico sujeto a un modelo hereditario complejo, lejos todavía de poderse dilucidar (SANS-COMA et al., 1988). Los datos expuestos en la figura 2 apoyan esta sugerencia. Por una parte, resulta evidente que, en esta genealogía, el riesgo de anomalía arterial coronaria ha tendido a incrementarse en las sucesivas generaciones filiales endogámicas y ello, incluso, sin haberse podido efectuar una selección adecuadamente programada de los progenitores. Por otra parte, queda claro que individuos altamente emparentados presentan anomalías arteriales coronarias anatómicamente muy dispares.

Aspectos filogenéticos

No existe ningún indicio para presuponer que, en el hamster, las arterias coronarias estén sujetas a un proceso de desarrollo diferente al de cualquier otro placentario. Sin embargo, las denominadas variantes anómalas de las arterias coronarias parecen ser muy poco frecuentes en poblaciones naturales, salvo en algunos casos como los descritos por WALLACH & HOWCROFT (1967) y BISHOP et al. (1970). Todas estas constataciones sugieren que, en general, debe ejercerse una fuerte presión selectiva en contra de las variantes anómalas en el medio natural, especialmente de aquéllas que comportan el desarrollo de arterias coronarias a partir del tronco pulmonar. En este sentido conviene recalcar que los hamsters de las presentes familias endogámicas viven en el laboratorio en condiciones carentes de tensión y sin suministro de sustancias teratógenas.

El hallazgo de la anomalía que se ha descrito aquí constituye una prueba más de las múltiples disposiciones arteriales coronarias que pueden presentarse en una misma especie de mamífero, incluso de un nivel filogenético relativamente primitivo. Esta circunstancia sugiere que, en los mamíferos, ha debido existir siempre la potencialidad de que se desarrollen distintos patrones arteriales coronarios, de los cuales el que comporta la presencia de dos arterias coronarias, derecha e izquierda, originadas en la aorta, ha sido favorecido evolutivamente. Esta concepción está en desacuerdo con la hipótesis de HEINE (1970, 1971, 1976) que considera que el patrón arterial coronario más primitivo de los placentarios habría consistido en la presencia de una arteria coronaria derecha única. Según dicho autor, la arteria coronaria izquierda habría constituido una adquisición posterior, si bien tal adquisición habría tenido lugar en una fase todavía temprana de la evolución de este grupo animal.

A diferencia de Heine, BERG (1964) había concluido que la arteria coronaria izquierda habría sido la más estable a lo largo de la evolución de los euterios. Las variantes de-

tectadas en el hamster tampoco sustentan esta interpretación. En esta especie se presentan disposiciones que cabría calificar de extremas. Se trata de los casos de coronaria única, tanto del seno aórtico derecho como del izquierdo (ARQUÉ et al., 1986; SANS-COMA et al., 1988). Estas dos variantes, al igual que las otras encontradas en la especie, parecen formar parte de un mismo complejo fenotípico con base hereditaria. Por ello resulta más verosímil aceptar que la mayor o menor incidencia de un determinado patrón arterial coronario, con el predominio izquierdo, derecho o balanceado que pueda comportar, obedece más bien a la actuación de factores selectivos, en relación con la estructura cardíaca de cada especie, que no a una historia filogenética de las arterias coronarias. En este sentido procede recordar aquí que LECHLEUTHNER (1987) tampoco pudo establecer ninguna secuencia filogenética relativa al sistema coronario venoso de los mamíferos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a D. Macías, B. Fernández y J. Vallejo por su colaboración.

SUMMARY

Morphologic description of a new coronary arterial anomaly in the Syrian hamster Mesocricetus auratus (Waterhouse, 1839); genetic and phylogenetic interpretation.

In an ongoing experimental study of congenital coronary arterial anomalies in the Syrian hamster, a case was detected in which two coronary arteries originated from the aorta and a third coronary artery arised from the pulmonary trunk (fig. 1). The study was carried out by means of a corrosion casting technique.

The affected hamster belonged to the fifth generation of a family subjected to high endogamous pressure by pairing animals of the same litter (fig. 2). In this family, 11 of 60 animals revealed coronary arterial anomalies unassociated with major anomalies of the heart or great vessels: single right coronary artery (6 cases); left coronary artery from the pulmonary trunk and right from the aorta (3 cases); left coronary artery from the posterior aortic sinus and right from the right aortic sinus (1 case). The remaining anomaly

is that described in this work. In this case, the right coronary artery originated from the right aortic sinus, and supplied the right atrium and ventricle as well as the dorsal wall of the left ventricle (fig. 1A). The left coronary artery arised from the left aortic sinus, and ran along the interventricular septum, supplying branches to the free wall of the left ventricle (fig. 1B). The anomalous coronary artery, which originated from the left sinus of the pulmonary artery was less developed. One anastomoses occurred between the coronary artery from the pulmonary trunk and a branch of the left coronary artery (fig. 1B, C). This coronary arterial arrangement adequately supplied the heart of the animal, which survived the postpartum period without difficulties, and was sacrificed 26 days after birth, according to the experimental plan.

The present findings concerning the studied hamster family agree with Hackensellner's theory that each of the aortic and pulmonary sinuses has the potential to develop coronary arteries. They also support the assumption that the different arrangements of the coronary arteries as they originate from the aortic or pulmonary sinuses are a phenotypic set subordinated to a complex mode of inheritance. Moreover, the present results together with the literary data rather suggest that the capability of the aortic and pulmonary sinuses to develop coronary arteries may be the rule in Mammals, and that the anomalous coronary arterial arrangements are usually subjected to high selective pressure under natural conditions.

BIBLIOGRAFÍA

- ABRIKOSOFF, A., 1911. Aneurysma des linken Herzventrikels mit abnormer Abgangsstelle der linken Koronararterie von der Pulmonalis bei einem fünfmonatlichen Kinde. *Virchows Arch. (Pathol. Anat.)*, 203: 413-420.
- AIKAWA, E. & KAWANO, J., 1985. Genetic basis of the "posterior" coronary artery in mice. *XII International Anatomical Congress: A4*.
- ARQUÉ, J.M., CRUZ, V., ANTÚNEZ, A., VARGAS, J.M. & SANS-COMA, V., 1985. Coronaria única en el ratón: un modelo para estudio experimental. *Rev. Esp. Cardiol.*, 38: 260-264.
- ARQUÉ, J.M., CRUZ, V., ROSADO, L.M. & SANS-COMA, V., 1986. Congenital anomalies of coronary arteries in Rodents. *Am. J. Cardiol.*, 57: 498-499.
- BERG, R., 1964. Über den Entwicklungsgrad des Koronargefäßmusters beim Hausschwein (*Sus scrofa domesticus*). *Anat. Anz.*, 115: 193-204.
- BISHOP, M.B., FREE, S.L., DAVIES, J.N.P. & ALBERT, R.P., 1970. The coronary arterial pattern of deer in New York State with special reference to the third (posterior) coronary artery. *Am. Heart. J.*, 80: 785-790.
- BLOOR, C.M., 1969. Hereditary aspects of myocardial infarction. *Circulation*, 39 (supp. 4): 130-141.
- BLOOR, C.M., & LEON, A.S., 1968. The genetic determination of coronary artery patterns. A possible factor in atherogenesis. *Ann. New York Acad. Sc.*, 149: 860-874.
- BLOOR, C.M., LEON, A.S. & PITT, B., 1967. The inheritance of coronary artery anatomic patterns in rats. *Circulation*, 36: 771-776.
- CHEITLIN, M.D., DE CASTRO, C.M. & McALLISTER, H.A., 1974. Sudden death as a complication of anomalous left coronary origin from the anterior sinus of Valsalva. *Circulation*, 50: 780-786.
- CONTE, G., 1982. Timing and sequence of events in human coronary circulation development. *Boll. Soc. Ital. Biol. Sper.*, 58: 1238-1243.
- CONTE, G. & GRIECO, M., 1981. Sviluppo delle arterie coronarie dell'uomo. *Atti. Soc. Ital. Anat. Suppl.*, 86: 157-158.
- CONTE, G. & PELLEGRINI, A., 1984. On the development of the coronary arteries in human embryos (stages 14-19). *Anat. Embryol.*, 169: 209-218.
- CONTE, G., PELLEGRINI, A. & GRIECO, M., 1986. A case of Y-shaped left coronary artery (*Vesperugo pipistrellus* embryo). *Virchows Arch. (Pathol. Anat.)*, 408: 555-558.
- CORONE, P., CORONE, A., DOR, X. & BINET, J.P., 1984. Les artères coronaires et leurs variations. Une explication embryologique. *C. R. Acad. Sc. Paris*, 299, III, 11: 451-458.
- DOMÉNECH MATEU, J.M., 1986. Anomalías congénitas de las arterias coronarias. Embriología. En: *Cardiología Pediátrica. Clínica y Cirugía: 754-756* (P.A. Sánchez Ed.). Ed. Salvat. Barcelona.
- DONALDSON, R.M., RAPHAEL, M., RADLEY-SMITH, R., YACOUB, M.H. & ROSS, D.N., 1983. Angiographic identification of primary coronary anomalies causing impaired myocardial perfusion. *Cathet. Cardiovasc. Diagn.*, 9: 237-249.
- EDWARDS, J.E., 1958. Anomalous coronary arteries with special reference to arteriovenous-like communications. *Circulation*, 17: 1001-1006.
- 1964. The direction of blood flow in coronary arteries arising from the pulmonary trunk. *Circulation*, 29: 163-166.
- FISHER, E.W. & PIRIE, H.M., 1965. Cardiovascular lesions in cattle. *Ann. New York Aca. Sci.*, 127: 606-622.
- GODGLÜCK, G., 1942. Über den Abgang der rechten Kranzarterie aus der Pulmonalis und gleichzeitiger Reduktion der Pulmonalisklappen bei einem Rinde. *Arch. Tierheilk.*, 77: 231-243.
- GOOR, D.A. & LILLEHEI, C.W., 1975. *Congenital Malformations of the Heart*. Grune and Stratton ed. New York.

- GOULEY, B.A., 1950. Anomalous left coronary artery arising from the pulmonary artery (adult type). *Am. Heart J.*, 40: 630-637.
- HACKENSELLNER, H.A., 1956. Akzessorische Kranzgefäßanlagen der Arteria pulmonalis unter 63 menschlichen Embryonen mit einer größten Länge von 12 bis 36 mm. *Z. Mikrosk.-anat. Forsch.*, 62: 153-164.
- HEINE, H., 1970. Die Coronargefäße der Insectivora. Mit einem Beitrag zum Lymphgefäßsystem des Säugetierherzens, untersucht an *Erinaceus europaeus* L. *Z. Anat. Entwickl.-Gesch.*, 131: 193-211.
- 1971. Zur Phylogese der Coronararterien. Die A. coronaria sinistra. *Z. Säugertierk.*, 36: 96-102.
- 1976. Stammes- und Entwicklungsgeschichte des Herzens lungenatmender Wirbeltiere. *Abh. senckenb. naturforsch. Ges.*, 535: 1-152.
- LECHLEUTHNER, A., 1987. Das Venensystem des Säugetierherzens. Ein Beitrag zur vergleichenden Anatomie. Biol. Inaug.-Diss. München.
- LIBERTHSON, R.R., DINSMORE, R.E. & FALLON, J.T., 1979. Aberrant coronary artery origin from the aorta. Report of 18 patients, review of literature and delineation of natural history and management. *Circulation*, 59: 748-754.
- MARCATO, A., 1939. Origine dell'arteria coronaria destra dell'arteria pulmonare ed ectasia generale delle arterie coronarie in un bovino. *Nuova Veterinaria*, 17: 324-328.
- NEUFELD, H.N. & SCHNEEWEISS, A., 1983. *Coronary artery disease in infants and children*. Ed. Lea & Febiger. Philadelphia.
- OGDEN, J.A., 1970. Congenital anomalies of the coronary arteries. *Am. J. Cardiol.*, 25: 474-479.
- ROBERTS, W.C., 1962. Anomalous origin of both coronary arteries from the pulmonary artery. *Am. J. Cardiol.*, 10: 595-600.
- 1986. Major anomalies of coronary arterial origin seen in adulthood. *Am. Heart J.*, 111: 941-963.
- 1987. Congenital coronary arterial anomalies unassociated with major anomalies of the heart or great vessels. En: *Adult congenital heart disease* 583-629 (W.C. Roberts, Ed.) Ed. F.A. Davies. Philadelphia.
- SANDUSKY, G.E. & SMITH, C.W., 1978. Anomalous left coronary artery in a calf. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 173: 475-477.
- SANS-COMA, V., ARQUÉ, J.M., DURÁN, A.C. & CARDO, M., 1988. Origin of the left main coronary artery from the pulmonary trunk in the Syrian hamster. *Am. J. Cardiol.*, 62: 159-161.
- SARROUY, C.H., VAILLAUD, J.C., SABATINI, R. & PINÇON, J., 1966. Les anomalies d'origine des artères coronaires - A propos d'une nouvelle conception embryologique. *Maroc-Médical*, 45: 91-96.
- SCHÄFER, W., 1937. Über die Zunahme der Isozygotie (Gleichbarkeit) bei fortgesetzter Bruder-Schwester-Inzucht. *Z. indukt Abstamm.-u. Vererblehre*, 72: 50-78.
- SCHULZE, W.B. & RODIN, A.E., 1961. Anomalous origin of both coronary arteries. *Arch. Pathol.*, 72: 36-46.
- SOLOFF, L.A., 1942. Anomalous coronary arteries arising from the pulmonary artery. Report of a case in which the left coronary artery arose from the pulmonary artery. *Am. Heart J.*, 24: 118-127.
- TURK, M.A., TURK, J.R., HOPKINS, M.G. & WAGNER, J.A., 1984. Unexpected death in an adult dog with anomalous origin of the left coronary artery from the pulmonary trunk. *Cornell Vet.*, 74: 344-348.
- VAN NIE, C.J., 1968. Anomalous origin of the coronary arteries in animals. *Path. vet.*, 5: 313-326.
- VINK, H.H., VOS, J.J., HEIDA, G. & DE VRIES, J., 1941. Oorsprong der Kroonslagaderen uit de longslagader. *Ned. T. Geneesk.*, 85: 4440-4441.
- VITUMS, A., 1963. Anomalous origin of the right coronary artery in a cow. *Zbl. Vet. Med.*, 10: 185-194.
- WALLACH, B.S. & HOWCROFT, T., 1967. Variable number of coronary os in the aorta of the Zulu-wildebeeste. *Vet. Med. Practitioner's Notebook*, January: 21-22.
- WESSELHOEFT, H., FAWCETT, J.S. & JOHNSON, A.L., 1968. Anomalous origin of the left coronary from the pulmonary trunk. Its clinical spectrum, pathology, and pathophysiology, based on a review of 140 cases with seven further cases. *Circulation*, 38: 408-425.
- WOLFFHÜGEL, K., 1901. Ursprung der Arteria coronaria cordis dextra aus der A. pulmonalis bei einem Rinde. *Z. Fleisch-u. Milchhygiene*, 12: 38.