



## CARDIOLOGÍA DEL ADULTO - TRABAJOS LIBRES

# Características morfológicas y posibles implicaciones clínicas de las arterias nodales

## *Morphological characteristics and potential clinical implications of nodal arteries*

Luis E. Ballesteros, MD., MSc.<sup>(1)</sup>; Luis M. Ramírez, DDS., MSc.<sup>(2)</sup>; Pedro L. Forero, MD.<sup>(3)</sup>

*Bucaramanga, Colombia.*

La expresión morfológica de las arterias nodales es relevante en el diagnóstico y manejo de eventos clínicos y en abordajes quirúrgicos del corazón. Se estudiaron 88 arterias nodales de corazones obtenidos como material de autopsia. Las arterias coronarias se inyectaron con resina poliéster pigmentada de color rojo. Se registraron las formas de presentación de las arterias nodales y sus características morfométricas. La arteria del nodo sinoatrial se originó de la coronaria derecha en 52 casos (59,1%), de la circunfleja en 33 corazones (37,35%) y de ambas en 3 (3,4%). Su calibre proximal fue de 1,31 mm ( $\pm 0,3$ ), correspondiente a las arterias originadas de la coronaria derecha de 1,25 mm ( $\pm 0,3$ ) mientras que las que se originaron de la arteria circunfleja obtuvieron un calibre de 1,42 mm ( $\pm 0,3$ ), siendo esta diferencia significativa ( $p= 0,01$ ). Se originó con mayor frecuencia en el tercio anteromedial, tanto de la coronaria derecha como de la circunfleja (54,6% y 61,2% respectivamente). En su segmento final cruzó por delante de la desembocadura de la vena cava superior en la mayoría de los casos (44%), mientras que en 22 corazones (24,5%) cursó alrededor de la cava. Se observó arteria en forma de «S» en 14 casos (15,9% del total de la muestra y 42,4% de las originadas de la arteria circunfleja). La arteria del nodo atrioventricular se originó del segmento en «U» invertida de la coronaria derecha, al nivel de la cruz cardiaca, en 81 corazones (92%), y presentó un calibre proximal de 1,06 mm ( $\pm 0,22$ ). Con relación al calibre y al origen se evidencian hallazgos que coinciden con estudios previos. Se destaca la alta prevalencia de la arteria en forma de «S» y de la trayectoria de la arteria sinoatrial alrededor de la vena cava superior.

**PALABRAS CLAVE:** arteria del nodo sinoatrial, arteria del nodo atrioventricular, circulación coronaria, arteria sinoatrial en forma de «S».

The morphological expression of nodal arteries is important in the diagnosis and management of cardiac clinical events and surgical approaches. 88 nodal arteries of hearts obtained from autopsies were studied. Coronary arteries were injected with polyester resin pigmented with red. Morphological and morphometrical characteristics of nodal arteries were registered. The sinoatrial node artery had its origin in the right coronary artery in 52 cases (59,1%), in the circumflex in 33 (37,35%), and in both in 3 (3,4%). Its proximal caliber was 1,31mm ( $\pm 0,3$ ), corresponding to the arteries originated in the right coronary artery of 1,25 mm ( $\pm 0,3$ ), while those that originated in the circumflex artery had a caliber of 1,42 mm ( $\pm 0,3$ ), difference that was significant ( $p= 0,01$ ). Its origin occurred more frequently in the

(1) Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga-Colombia.

(2) Universidad Santo Tomás de Aquino. Bucaramanga-Colombia.

(3) Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses. Bucaramanga-Colombia.

Correspondencia: Dr. Luis Ernesto Ballesteros. Avenida González Valencia No. 54-25. Tel: 6578572. Bucaramanga-Colombia. Correo electrónico: lballest56@yahoo.es

Recibido: 27/04/2010. Aceptado: 23/09/2010.

anteriomedial third of both the right coronary artery and the circumflex artery (54,6% and 61,2% respectively). In its final segment, it crossed in most cases (44%) in front of the cava vein, while in 22 hearts (24,5%) went around the cava vein. In 14 cases the artery had an «S» shape (15,9% of the total sample and 42,4% of those arising from the circumflex artery). The atrioventricular node artery was originated from the segment in inverted «U» of the right coronary artery, at the level of the crux cordis in 81 hearts (92%) and had a proximal caliber of 1,06 mm ( $\pm 0,22$ ). In relation to the caliber and origin, the findings are consistent with previous studies. Prevalence of «S» shape artery and trajectory of the sinoatrial artery around the superior cava vein are highlighted.

**KEY WORDS:** sinoatrial node artery, atrioventricular node artery, coronary circulation, S-shaped sinoatrial artery.

(Rev Colomb Cardiol 2010; 17: 265-272)

## Introducción

La anatomía de la arteria del nodo sinoatrial y la arteria del nodo atrioventricular, se caracteriza por la existencia de numerosas variaciones en su origen, trayectoria, calibre, longitud y distribución (1-4). La arquitectura en la organización anatómica de esta irrigación puede depender en cierta forma de la etnicidad, que podría ocupar un rol importante como se demuestra en otros estudios anatómicos (2, 5-7).

La arteria del nodo sinoatrial hace parte del grupo de arterias atriales que se originan de manera heterogénea de las arterias coronarias derecha e izquierda; sin embargo con mayor frecuencia (55% a 73% de los casos) nace de la arteria coronaria derecha (1-10). El origen de la arteria del nodo sinoatrial varía considerablemente; el segmento anterior y los primeros treinta milímetros de la arteria coronaria derecha (48%-58%) (3, 8, 11) son los lugares más comunes. Generalmente se dirige después hacia atrás por el surco formado por el atrio derecho y la aorta que representa un área de evidente importancia quirúrgica. Otro origen de la arteria del nodo sinoatrial es la arteria circunfleja que se desprende, en la mayoría de los casos, de su segmento anterior para después cruzar el atrio izquierdo al que irriga. Ésta envía una rama de calibre considerable hacia el nodo sinoatrial a nivel de la vena cava superior (2, 8, 12).

En pocos individuos (4%-12%) el nodo sinoatrial recibe doble irrigación simultánea de las arterias derivadas de la arteria coronaria derecha y de la circunfleja (1, 2, 7, 10, 13). Cualquiera que sea su origen (en dirección al nodo sinoatrial), la arteria del nodo sinoatrial puede seguir varios cursos al aproximarse a la desembocadura de la vena cava superior: pre-cava, retro-cava y bifurcada peri-cava (1, 3, 5, 7, 14). Esta rama puede describir una trayectoria particular en forma de «S» al cursar inicialmente por detrás de la aurícula

izquierda. A partir de aquí se proyecta posteriormente sobre la superficie antero-superior del atrio izquierdo y finalmente cursa en dirección al atrio derecho, relacionándose con la desembocadura de la vena cava superior en su trayecto al nodo sinoatrial (6, 15-17). Estudios previos no han revelado diferencias significativas de las expresiones morfológicas de la arteria del nodo sinoatrial en relación con el género y la dominancia coronaria (1, 7, 8, 16, 17). Estas características morfológicas de la arteria del nodo sinoatrial permiten entender la fisiopatología de arritmias presentes en post-operatorios de intervenciones cardiacas (atriotomías, correcciones valvulares y malformaciones congénitas) en las que esta arteria puede quedar expuesta (3, 4, 10, 18, 19).

La expresión vascular para el nodo atrioventricular no es tan variable como la del nodo sinoatrial. Mayoritariamente está dada por la arteria del nodo atrioventricular que es nutrida por una expresión vascular variable y dependiente de la dominancia coronaria. Este nodo más caudal es irrigado del mismo modo y de manera profusa por arterias septales más pequeñas que proceden de varias fuentes adicionales. La arteria aportante de la arteria del nodo atrioventricular cuando hay dominancia coronaria derecha nace de la «U» invertida de la arteria coronaria derecha que cursa en la cruz cardiaca en 73% a 85% de los casos (20-22). El curso de la arteria del nodo atrioventricular se relaciona cercanamente con el segmento delimitado por la cúspide septal de la valva tricúspide y la emergencia del seno coronario. El nodo atrioventricular también puede ser irrigado por una rama de la arteria circunfleja igualmente ubicada cerca de la cruz cardiaca; esto último constituye una característica de dominancia coronaria izquierda (4, 20, 23). También puede ocurrir, aunque en baja frecuencia, que el nodo atrioventricular reciba, de modo simultáneo, irrigación de ambas coronarias (24-26).

Los patrones de las arterias del sistema cardionector y sus variaciones se han descrito en grupos poblacionales variados y a través de métodos anatómicos convencionales e imaginológicos. Los autores de este documento consideran relevante hacer una caracterización morfológica de estas estructuras que contemple población colombiana y que contribuya a la obtención de una casuística propia que permita el diagnóstico y manejo de eventos clínicos.

## Materiales y métodos

Se evaluaron las estructuras arteriales de los nodos sinoatrial y atrioventricular de 88 corazones obtenidos de individuos de ambos géneros, a quienes se les practicó necropsia en el Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses de Bucaramanga (Colombia). Se estudiaron sujetos de nacionalidad colombiana con un rango de edad de 20 a 55 años y sin signos de patología o trauma cardiaco.

Mediante canalización de su *ostium*, las arterias coronarias se sometieron a un proceso de inyección con resina poliéster (palatal GP41L 80% y estireno 20%) a una presión de 120 mm Hg; luego, los corazones se dejaron en una solución de KOH al 5% por cinco minutos para liberar la grasa epicárdica (27). Se determinó el tipo de dominancia coronaria de acuerdo con los criterios de Didio (28). Con magnificación de 4X se realizó la disección de las arterias sinoatriales y del nodo atrioventricular y se registró el calibre (calibrador electrónico Mitutoyo) de estas ramas y sus principales ramas colaterales atriales a 5 mm de sus orígenes. Adicionalmente, se determinó la distancia entre el origen de la arteria del nodo sinoatrial y el *ostium* coronario, así como la trayectoria y las relaciones con la desembocadura de la vena cava superior en el atrio derecho. De igual forma, se evaluó el origen de la arteria del nodo atrioventricular desde la arteria coronaria derecha o de la circunfleja y la frecuencia de arterias en forma de «S». Se estableció la correlación entre el tipo de irrigación coronaria y la procedencia de la arteria del nodo sinoatrial. Finalmente, se obtuvieron registros fotográficos.

En el análisis de los datos se describieron las variables continuas con sus promedios y desviación estándar, así como las variables nominales con sus proporciones. Se realizaron las pruebas estadísticas de chi ( $X^2$ ) cuadrado y test de Student aceptando un error alfa hasta de 5%. La base de datos se digitó en Excel y los análisis estadísticos se realizaron en STATA 8.

## Resultados

La arteria del nodo sinoatrial se originó de la coronaria derecha en 52 casos (59,1%), de la arteria circunfleja en 33 (37,5%) y de ambas en 3 (3,4%). En 14 (15,9%) casos se observó la presentación en forma de «S». El calibre proximal de la arteria del nodo sinoatrial fue de  $1,31 \text{ mm} \pm 0,30$  y el de las estructuras arteriales originadas de la arteria coronaria derecha de  $1,25 \text{ mm} \pm 0,3$  mientras que el de las que se originaron en la arteria circunfleja fue de  $1,42 \text{ mm} \pm 0,30$ , siendo esta diferencia significativa (Yates corrected  $X^2 = 4,43 \text{ p} < 0,035$ ). La arteria del nodo sinoatrial originada de la arteria circunfleja tenía un calibre de  $1,32 \text{ mm} \pm 0,3$  y las arterias con forma de «S» de  $1,58 \text{ mm} \pm 0,26$ . El calibre distal de aquellas que se originaron de la arteria coronaria derecha y de la arteria circunfleja fue similar:  $1,04 \text{ mm} \pm 0,29$  y  $1,06 \text{ mm} \pm 0,25$  respectivamente.

La distancia de origen de las arterias del nodo sinoatrial al *ostium* de la arteria coronaria derecha fue de  $16,9 \text{ mm} \pm 10,15$ , mientras que la distancia de origen de las generadas de la arteria circunfleja a su *ostium* fue de  $15,2 \text{ mm} \pm 14,48$  y la de la arterias con forma de «S» fue de  $31,43 \text{ mm} \pm 13,15$ . La arteria del nodo sinoatrial se originó de manera mayoritaria de los segmentos antero-mediales de la arteria coronaria derecha y de la circunfleja en 52 corazones (57,2%), seguido por el segmento medio-anterior con 20 casos (22%) (Figura 1). En el segmento posterior sólo hubo cuatro casos (4,4%): tres para arterias con forma de «S» de la arteria circunfleja y uno con forma de S originada de la arteria coronaria derecha (Tabla 1) (Figura 2).

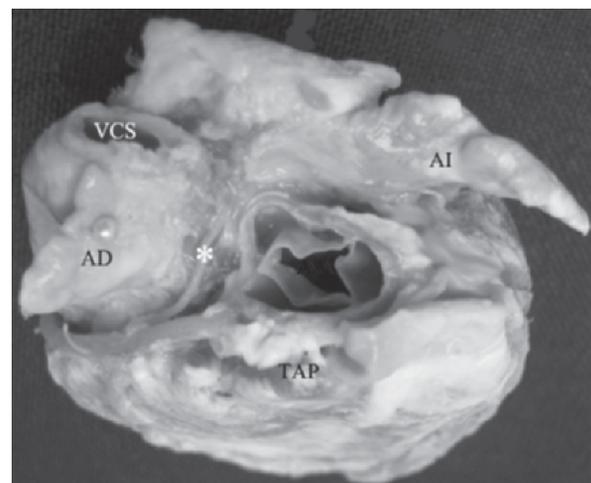


Figura 1. Vista superior del corazón. Origen de la arteria del nodo sinoatrial (\*) desde el segmento medio-anterior de la coronaria derecha. AD: atrio derecho, AI: atrio izquierdo, VCS: desembocadura de la vena cava superior, AA: aorta ascendente (seccionada), TAP: tronco de la arteria pulmonar (seccionado).

Tabla 1.  
SEGMENTO DE ORIGEN DE LA ARTERIA DEL NODO  
SINOATRIAL.

Segmentos arteriales	Coronaria derecha n (%)	Circunfleja n (%)	Total n (%)
Antero-medial	30 (54,6)	22 (61,2)	52 (57,2)
Medio-anterior	16 (29,1)	4 (11,1)	20 (22)
Antero-lateral	6 (10,9)	4 (11,1)	10 (11)
Lateral	2 (3,6)	3 (8,3)	5 (5,9)
Posterior	1 (1,8)	3 (8,3)	4 (4,4)
Total	55 (100)	36 (100)	91 (100)*

\* Tres corazones presentan irrigación doble (derecha e izquierda) lo que, sumado a las 88 muestras registradas, da un total de 91 casos evaluados.

Tabla 2.  
RELACIÓN DEL SEGMENTO DISTAL DE LA ARTERIA DEL  
NODO SINOATRIAL CON LA DESEMBOCADURA DE LA VENA  
CAVA SUPERIOR.

R/n vena cava superior	Origen de la arteria coronaria derecha n (%)	Origen de la arteria circunfleja n (%)	Total n (%)
Pre-cava	20 (36,4)	20 (55,6)	40 (44)
Retro-cava	17 (30,9)	12 (33,3)	29 (31,9)
Peri-cava	18 (32,7)	4 (11,1)	22 (24,1)
Total	55 (100)	36 (100)	91 (100)*

\* Tres corazones presentan doble irrigación (derecha e izquierda) lo que, sumado a las 88 muestras registradas, da un total de 91 casos evaluados.

La arteria del nodo sinoatrial en su segmento distal se relacionó con la desembocadura de la vena cava superior como se describe a continuación: curso pre-cava en 40 especímenes (44%), curso retro-cava en 31,9%, trayectoria bifurcada peri-cavo en 24,1%, presentándose con frecuencia mayor y significativa en las ramas derivadas de la arteria coronaria derecha (Kruskal-Wallis = 6.5416,  $p = 0,01$ ) (Tabla 2) (Figura 3).

Las ramas colaterales atriales izquierdas derivadas de la arteria del nodo sinoatrial tuvieron, en comparación con las derechas, un calibre ligeramente mayor: izquierdas de  $0,63 \text{ mm} \pm 0,22$ , derechas  $0,53 \text{ mm} \pm 0,2$ . El calibre de las ramas auriculares derechas e izquierdas fue similar:  $0,5 \text{ mm} \pm 0,15$  y  $0,54 \text{ mm} \pm 0,21$  respectivamente.

En los corazones en donde la arteria del nodo sinoatrial presentaba forma de «S», éstas se originaron en el segmento antero-lateral de la arteria circunfleja en cuatro casos (Figura 4). También en su segmento lateral (cuatro casos), en el segmento posterior (tres casos) y en la

porción medio-anterior (dos casos). Se destaca la presencia de un caso en el que esta arteria se originó de la rama ventricular posterior de la arteria coronaria derecha como ya se mencionó. En su primer segmento esta arteria cursó a una distancia de  $1,82 \pm 0,52 \text{ mm}$  del borde lateral de la desembocadura de la vena pulmonar superior izquierda. Se observó curso retrocavo en 50% de las piezas, precavo en 35,7% y trayectoria peri-cavo en 14,3%.

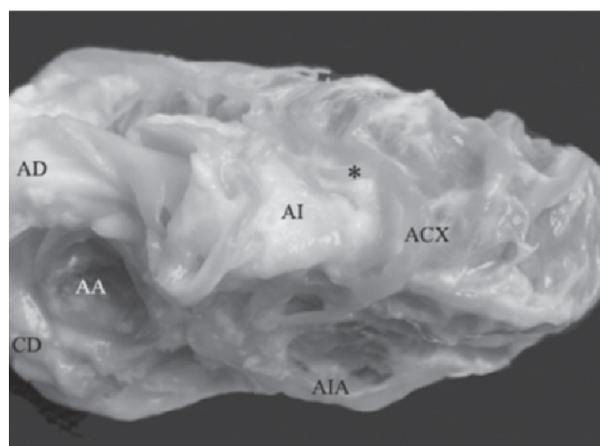


Figura 2. Vista superior del corazón. Origen de la arteria del nodo sinoatrial en forma de «S» (\*) desde el segmento posterior de la arteria circunfleja. ACX: arteria circunfleja, AIA: arteria interventricular anterior, AD: atrio derecho, AI: atrio izquierdo, AA: aorta ascendente (seccionada).

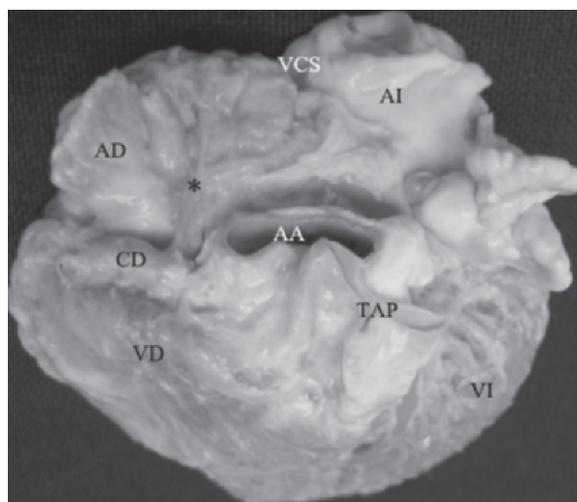
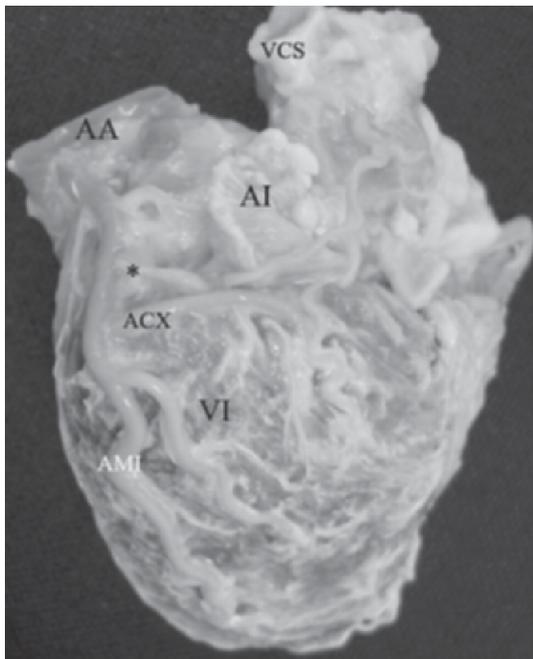


Figura 3. Vista anterior del corazón. Origen de la arteria sinoatrial en torno a la desembocadura de la vena cava superior (VCS) (\*). AD: atrio derecho, AI: atrio izquierdo, AA: aorta ascendente (seccionada), CD: coronaria derecha, VD: ventrículo derecho, VI: ventrículo izquierdo; TAP: tronco de arteria pulmonar (seccionado).

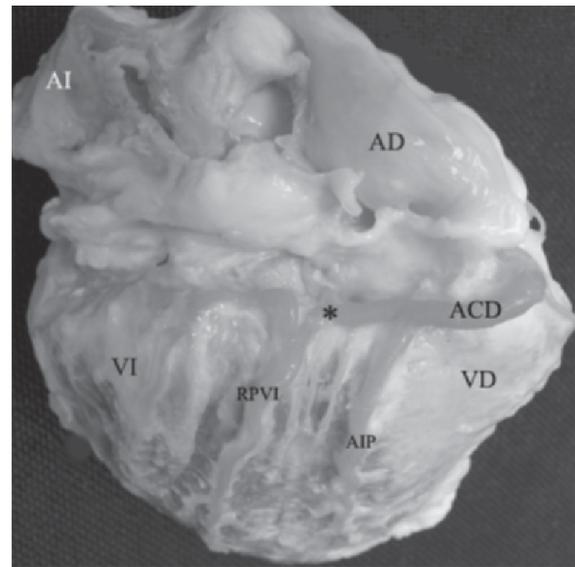


**Figura 4.** Cara pulmonar del corazón. Origen de la arteria sinoatrial izquierda en forma de «S» a partir del segmento antero-lateral de la arteria circunfleja (ACX) (\*). VCS: vena cava superior, AI: aurícula izquierda, AMI: arteria marginal izquierda, AA: aorta ascendente (seccionada), VI: ventrículo izquierdo.

Se observó dominancia derecha en 61 corazones (69,3%), circulación balanceada en 22 (25%) y dominancia izquierda en cinco casos (5,7%). En los corazones con dominancia derecha la arteria del nodo sinusal se originó de la arteria coronaria derecha en 33 especímenes (55,7%) y de la arteria circunfleja en 27 casos (44,3%), aunque esta diferencia no fue estadísticamente significativa ( $p = 0,054$ ).

En los especímenes con circulación balanceada, la arteria del nodo sinusal se originó de la arteria coronaria derecha (15 casos) y de la arteria circunfleja (seis casos). Así mismo, en dominancia izquierda se originó de la arteria coronaria derecha (tres casos) y de la arteria circunfleja (un caso). Cuando se presentó doble irrigación del nodo sinusal (tres casos), ésta correspondió en cada hallazgo a cada uno de los tres tipos de irrigación coronaria respectivamente.

La arteria del nodo atrioventricular se originó de la rama ventricular posterior izquierda de la arteria coronaria derecha en 81 casos (92%) y de la circunfleja en cinco (5,7%) (Figura 5). En dos casos se observaron dos arterias que se originaron tanto de la arteria circunfleja



**Figura 5.** 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.

como de la coronaria derecha. El calibre proximal fue de  $1,06 \text{ mm} \pm 0,22$ . La distancia del origen de la arteria del nodo atrioventricular al sitio de división de la arteria coronaria derecha en la arteria interventricular posterior y rama ventricular posterior izquierda, fue de  $10,93 \text{ mm} \pm 4,44$ .

## Discusión

En concordancia con lo registrado en la literatura, en este estudio se observó que la arteria del nodo sinusal se originó mayoritariamente de la arteria coronaria derecha (59,1%). Un amplio número de reportes (4, 8, 9, 16-18, 26) señalan el origen de la arteria del nodo sinusal a partir de la arteria coronaria derecha con una frecuencia cercana a 60%. Ortale, Krupa, Zangh, Ramanathan y Viewg (14, 5-7, 23) reportaron una incidencia baja en un rango de 50%-54%. Otros autores (1, 3, 14, 16) obtuvieron frecuencias altas en un rango de 65%-73%. Se destaca que Henríquez (29), en una muestra de población chilena, reportó origen desde la arteria coronaria derecha en 85% de los casos estudiados.

De igual manera, corresponden tres rangos de expresión para el origen de la arteria del nodo sinusal desde la arteria circunfleja:

- Una baja, con incidencia menor a 30% (1, 10, 25).
- Una intermedia, en la cual se incluye nuestro estudio, con rango de 32%-8% (3, 5, 13, 16, 17).
- Una alta, con frecuencia de origen en un rango de 40%-9% (3, 4, 11-13, 17, 23).

Pese a que otras investigaciones (4, 8, 9, 12, 26) evaluaron un significativo número de casos, no reportaron el doble origen de la arteria del nodo sinusal desde la arteria coronaria derecha y la circunfleja. En nuestra serie se observó un origen doble de la arteria del nodo sinusal en 3,4%, cifra que coincide con los reportes de Ramanathan, Kyriakidis, Busquet y Ortale (7, 13, 10, 14). En otros trabajos (1, 23) se reportan cifras ligeramente mayores de la frecuencia dual. Futami (25), en un estudio realizado en población japonesa, reportó origen doble en 23% de los casos.

La irrigación dual del nodo sinusal procedente de los dos sistemas coronarios, podría ofrecer un substrato anatómico protector ante eventuales procesos ateromatosos que afecten a estos vasos; igualmente, en abordajes quirúrgicos sobre las paredes atriales en donde se pueda lesionar una de las estructuras que irrigan al nodo. En este sentido, la existencia de una arteria adicional podría garantizar un adecuado flujo sanguíneo en una situación de mayor demanda. En caso de una obstrucción proximal de la coronaria que puede presentarse concomitantemente con la emergencia de la arteria del nodo sinusal a este nivel, suele acompañarse con trastornos del ritmo sinusal, que pueden atenuarse por la existencia de algunas anastomosis con otras ramas atriales del mismo lado o del contralateral. Así, puede señalarse que las diversas expresiones del origen de la arteria del nodo sinusal parecen constituir un factor determinante en el mantenimiento o, en caso contrario, la alteración del ritmo sinusal.

La alta variabilidad observada en la frecuencia del origen de la arteria del nodo sinusal 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. En este sentido se resaltan las bajas incidencias en el origen de la arteria del nodo sinusal desde la arteria coronaria derecha reportadas por Krupa en polacos, Zangh (6) en chinos y Ramanathan en población hindú (5-7).

El origen de la arteria del nodo sinusal desde la arteria coronaria derecha o la circunfleja ha sido descrito, en un mayor número de casos, a nivel del tercio anteromedial de estas estructuras y aproximadamente en los primeros 20 mm de su curso. En varios trabajos se expresa esta condición pero no se detallan los hallazgos (1, 4, 9, 17). Viewg (23) reporta origen en el segmento anteromedial en 55%, similar al que se observa en el presente estudio, mientras que Krupa (5) y Hutchinson (12) señalan la presencia de este rasgo en 42% y 48% respectivamente. Otros autores reportan origen en este segmento en 73%-6% de los casos estudiados (11, 13). En nuestro trabajo no se observó que la arteria del nodo sinusal se originara del tronco de la arteria coronaria izquierda, característica que reportan otras investigaciones en un rango de 3% a 10% (4, 8, 9, 17).

Se observa origen de la arteria del nodo sinusal desde los segmentos laterales de la arteria coronaria derecha y de la circunfleja en un porcentaje bajo (5,9% y 4,4% respectivamente), condición igualmente reportada en otros trabajos en un rango de 2,5% a 7,5% (1, 3, 5, 8, 12). La frecuencia mayor del origen de estos segmentos desde la arteria circunfleja estuvo dada por la presencia de las arterias en forma de «S».

La arteria del nodo sinusal izquierda en forma de «S» no se menciona en los trabajos de Ramanathan, Caetano, Vieweg y Hadziselimovic (7, 11, 23, 26). Su presencia se ha reportado en un rango de 16% a 30% del total de las arterias del nodo sinusal izquierdas y de 2% a 14% del global de la arteria del nodo sinusal (1, 6, 13, 15-17). En el presente estudio, el porcentaje de observaciones de esta estructura (42,4% de las arterias del nodo sinusal izquierdas) es más alto al señalado en reportes previos tanto anatómicos como angiográficos. Esta arteria se origina especialmente de los segmentos lateral y posterior de la arteria circunfleja. La distancia desde que emerge al ostium de la coronaria izquierda observada en nuestra serie (31,4 mm), no presenta mayores diferencias con los reportes de Zangh (33,7 mm), Saremi (28,7 mm) y Nerantzis (37 mm) (6, 15, 16).

En torno a la relación de la arteria del nodo sinusal con la unión cavoatrial existe controversia: mientras los reportes en los que se incluye el presente trabajo revelan que la trayectoria más frecuente es la precava con incidencias en un rango de 44% a 58% (3, 6, 10, 14), otros señalan a la relación retrocava como la de mayor frecuencia en un rango de 47% a 64% (1, 15). En algunos

estudios (1, 3, 10, 15) se ha reportado la trayectoria con una frecuencia menor (4-10%), contrario a nuestros resultados (24,1%) que son similares a los de Zangh y Ortale (6, 14). De otra parte, Krupa (5) informó una frecuencia interesante de 51,7%. Hay autores que describen la relación de la arteria del nodo sinusal con la vena cava superior pero no la cuantifican de manera precisa (7, 9).

Si de los valores anteriores de los estudios analizados, se sumaran las trayectorias retro-cava y peri-cava se reportarían frecuencias en un rango de 47% a 70% (1, 3, 5, 6, 14, 15). Es importante considerar esta expresión morfológica teniendo en cuenta la posibilidad de lesionar la arteria del nodo sinusal durante los abordajes transeptales superiores que conduzcan a reparaciones de la válvula mitral. La eficacia de este procedimiento es ampliamente aceptada y su seguridad con relación a la preservación de la función del nodo sinusal es cuestionada por la lesión que le pueda ocurrir a la arteria del nodo sinusal (30, 31). Las complicaciones que se observan en el post-operatorio temprano pueden considerarse como la consecuencia de la lesión de la arteria (3). Estudios clínicos encontraron una incidencia de 50% a 60% de arritmias atriales luego de abordajes transeptales superiores presentes en pacientes que tenían ritmo sinusal antes del procedimiento (32, 33). Sin embargo, Gaudino y Alfieri (18, 19) evaluaron el post-operatorio de pacientes sometidos a reparación de válvula mitral por abordaje clásico y transeptal superior y no hallaron diferencias significativas entre estos dos grupos en la frecuencia de complicaciones del ritmo. Esto permite prever que en las alteraciones post-operatorias inmediatas del ritmo podría incidir, además de la lesión de la arteria del nodo sinusal, la manipulación de las paredes atriales que determinen la disminución significativa del flujo sanguíneo al nodo sinusal.

La distancia entre el ostium de la arteria coronaria derecha y el origen de la arteria del nodo sinusal observada en nuestro estudio (16,9 mm) concuerda con la que señalan estudios previos (1, 4, 6, 13, 17). Ortale (14) reporta una distancia ligeramente mayor (20,3 mm), mientras que la distancia de origen de la arteria del nodo sinusal al ostium coronario izquierdo es similar al reportado por Saremi (1) pero mayor al relacionado por Zangh (6) de 5,5 mm y Ortale (14) de 7,1 mm. El calibre proximal de la arteria del nodo sinusal observado en el presente estudio es similar al reportado por Zangh y Nerantzis (6, 16) pero ligeramente menor a los reportes de Saremi, Bokeriya, PejkoVIC y Ortale (1, 4, 17, 14)

quienes reportan el calibre vascular en un rango de 1,4-1,7 mm. Con estos autores se coincide en la observación de que la arteria del nodo sinusal izquierda presenta mayor calibre en razón a la mayor distancia que tiene que cursar para suplir al nodo. 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.

Nuestros resultados coinciden con estudios previos en torno al origen de la arteria del nodo sinusal y su relación con la dominancia coronaria (1, 5, 7, 16, 17, 23). La arteria del nodo sinusal se origina con más frecuencia de la arteria coronaria derecha en todos los tipos de irrigación coronaria, pero esta diferencia no es significativa. De manera que no se puede presumir que en los casos de dominancia izquierda o co-dominancia, la arteria del nodo sinusal surja del tronco de la coronaria izquierda o de la arteria circunfleja.

Existe acuerdo entre los autores con relación al origen de la arteria del nodo atrioventricular el cual está influenciado por el tipo de dominancia coronaria (1, 4, 7, 9, 12, 17, 23-25). En los casos de dominancia derecha, la arteria del nodo atrioventricular se origina de la rama retroventricular izquierda o en casos excepcionales del segmento distal de la arteria coronaria derecha y antes de su bifurcación. Tanto otros autores como los de este estudio (1, 17, 20, 21, 22, 23, 26), reportan el surgimiento de la arteria del nodo atrioventricular desde la arteria coronaria derecha con una frecuencia de 85% a 92%. También, autores como Ramanathan, James, Hutchinson y Berdajs (7, 9, 12, 24) han señalado incidencias menores y en un rango de 70% a 84%. Se destaca la frecuencia más baja (65%) reportada por Henríquez (29). A la par, el origen desde la arteria circunfleja ha sido reportado con mayor frecuencia en un rango de 10% a 15% (1, 4, 17, 21, 25, 26). James, Arid y Vieweg (9, 22, 23) reportan frecuencias ligeramente menores (7%-8%), en tanto que las más altas son reportadas en un rango de 20%-30% (7, 12, 24, 29). En nuestro estudio se observó un escaso número de muestras (2,3%) con aportes tanto de la arteria coronaria derecha como de la circunfleja, hallazgos que son similares a los registrados por Saremi, Hadziselimovic y Henríquez (1, 26, 29). También se han reportado incidencias mayores en un rango de 8% a 15% (9, 20, 25). Un buen número de trabajos no reporta irrigación dual del nodo atrioventricular (4, 7, 12, 17, 22, 24).

Para finalizar se debe hacer énfasis en que el riesgo de lesionar la arteria del nodo atrioventricular es elevado (20% a 40%) en procedimientos que involucran la válvula mitral, lo cual puede ocurrir cuando la arteria se desprende del segmento lateral de la arteria circunfleja y en razón a la relación cercana existente entre la estructura arterial y el anillo fibroso de la válvula mitral, lo que se traduce en bloqueo atrioventricular (21, 24).

## Conclusiones

- La frecuencia de origen de la arteria del nodo sinoatrial desde la arteria coronaria derecha y la circunfleja fue similar a la que reporta la literatura.
- Se observaron formas de «S» con una frecuencia significativamente mayor a lo señalado en otros trabajos, lo cual podría ser una característica anatómica de la población colombiana. Este hallazgo deberá ser ratificado en otras muestras poblacionales.
- Se señalan resultados similares con relación a los calibres de las arterias nodales y al mayoritario origen de arteria del nodo sinoatrial en el segmento proximal, tanto de la arteria coronaria derecha como de la circunfleja.
- Se observó, con alta frecuencia, el curso peri-cavo de la arteria del nodo sinoatrial y similar a las mayores incidencias previamente reportadas.

## Agradecimientos

Al Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses por la donación de las piezas anatómicas objeto de estudio.

## Bibliografía

1. Saremi F, Abolhoda A, Ashikyan O, Milliken JC, Narula J, Gurudevan SV, et al. Arterial supply to sinoatrial and atrioventricular nodes: imaging with multidetector CT. *Radiology* 2008; 246: 99-107.
2. Sow ML, Ndoye JM, Lo EA. The artery of the sinoatrial node: anatomic considerations based on 45 injection-dissections of the heart. *Surg Radiol Anat* 1996; 18: 103-9.
3. Berdajs D, Patonay L, Turina MI. The clinical anatomy of the sinus node artery. *Ann Thorac Surg* 2003; 76: 732-5.
4. Bokeriya LA, Mikhailin SI, Revishvili AS. Anatomical variants of sinoatrial and atrioventricular node arteries. *Cor Vasa* 1984; 26: 220-28.
5. Krupa U. The sinoatrial nodal artery in the human heart. *Folia Morphol* 1993; 52: 29-37.
6. 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.
7. 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.
8. DiDio LJ, Lopes AC, Caetano AC, Prates JC. Variations of the origin of the artery of the sinoatrial node in normal human hearts. *Surg Radiol Anat* 1995; 17: 19-26.
9. James TN, Burch GE. The atrial coronary arteries in man. *Circulation* 1958; 17: 90-8.
10. Busquet J, Fontan F, Anderson RH, Ho SY, Davies MJ. The surgical significance of the atrial branches of the coronary arteries. *Int J Cardiol* 1984; 6: 223-36.
11. Caetano AG, Neves J, Alves MD, et al. A cineangiocoronariographical study of the irrigation of the sinoatrial node and perinodal area in human hearts. *Braz J Morphol Sci* 2005; 22: 29-35.
12. Hutchinson MC. A study of the atrial arteries in man. *J Anat* 1978; 125: 39-54.
13. Kyriakidis M, Vysoulis G, Barbetseas J, Toutouzias P. A clinical angiographic study of the arterial blood supply to the sinus node. *Chest* 1988; 94: 1054-7.
14. Ortale JR, Paganoti CF, Marchiori GF. Anatomical variations in the human sinoatrial nodal artery. *Clinics* 2006; 61: 551-8.
15. Saremi F, Channual S, Abolhoda A, Gurudevan SV, Narula J, Milliken JC. MDCT of the S-shaped sinoatrial node artery. *Am J Roentgenol* 2008; 190: 1569-75.
16. Nerantzis C, Avgoustakis D. An S-shaped atrial artery supplying the sinus node area. An anatomical study. *Chest* 1980; 78: 274-8.
17. Pejkovia B, Krajincl I, Anderhuber F, Kosutia D. Anatomical aspects of the arterial blood supply to the sinoatrial and atrioventricular nodes of the human heart. *J Int Med Res* 2008; 36: 691-8.
18. Gaudino M, Alessandrini F, Glieda F, Martinelli L, Santarelli P, Bruno P, et al. Conventional left atrial versus superior septal approach for mitral valve replacement. *Ann Thorac Surg* 1997; 63: 1123-7.
19. Alfieri O, Sandrelli L, Pardini A, Fucci C, Zogno M, Ferrari M, et al. Optimal exposure of the mitral valve through an extended vertical transeptal approach. *Eur J Cardiothorac Surg* 1991; 5: 294-8.
20. Sow ML, Ndoye JM, Lo EA. The artery of the atrioventricular node: an anatomic study based on 38 injection-dissections. *Surg Radiol Anat* 1996; 18: 183-87.
21. Krupa U. The atrioventricular nodal artery in the human heart. *Folia Morphol* 1993; 52: G1-9.
22. Arid JM, Armstrong O, Rogez JM, Robert R, Lardoux MC, Leborgne J. Arterial vascularization of the atrioventricular node. *Surg Radiol Anat* 2000; 22: 93-6.
23. Vieweg WV, Alpert JS, Hagan AD. Origin of the sinoatrial node and atrioventricular node arteries in right, mixed, and left inferior emphasis systems. *Cathet Cardiovasc Diagn* 1975; 1: 361-73.
24. 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.
25. 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.
26. Hadziselimovic H. Vascularization of the conducting system in the human heart. *Acta Anat* 1978; 102: 105-10.
27. Nerantzis C, Antonakis E, Avgoustakis D. A new corrosion casting technique. *Anat Rec* 1978; 191: 321-5.
28. DiDio LJ, Wakefield TW. Coronary arterial predominance or balance on the surface of the human cardiac ventricles. *Anat Anz* 1975; 137: 147-58.
29. Henríquez J, Olave E, Matamala F. Ramas arteriales de los nodos del sistema de conducción. *An Anat Norm* 1989; 7: 45-9.
30. Misawa Y, Fuse K, Kawahito K, Saito T, Konishi H. Conduction disturbances after superior septal approach for mitral valve repair. *Ann Thorac Surg* 1999; 68: 1262-4.
31. García-Villarreal OA, González-Oviedo R, Rodríguez-González H, Martínez-Chapa HD. Superior septal approach for mitral valve surgery: a word of caution. *Eur J Cardiothorac Surg* 2003; 24: 862-7.
32. Tambour L, Meyns B, Flameng W, Daenen W. Rhythm disturbances after mitral valve surgery: comparison between left atrial and extended trans-septal approach. *Cardiovasc Surg* 1996; 4: 820-4.
33. Shin H, Yozu R, Higashi S, Kawada S. Sinus node function after mitral valve surgery using the superior septal approach. *Ann Thorac Surg* 2001; 71: 587-90.