

# Anatomía del nodo auriculoventricular

\*Beatriz Picazo-Angelín y \*\*Damián Sánchez-Quintana

\*Sección de Cardiología Infantil del Hospital Universitario Carlos Haya de Málaga

\*\*Dpto. De Anatomía Humana, Facultad de Medicina de Badajoz, Universidad de Extremadura

## INTRODUCCIÓN

Aunque hace ya algo más de 100 años que quedaron establecidas las bases del conocimiento anatómico del tejido específico de conducción (TEC) cardíaco<sup>1</sup>, en los últimos años asistimos a un renovado interés por el mismo, tanto por nuevas investigaciones que han profundizado en su ultraestructura<sup>2,3</sup>, como por las aplicaciones prácticas en el terreno de la terapéutica de las disfunciones del TEC. En este sentido, hoy disponemos de variadas opciones de tratamiento impensables hace tan sólo unos años<sup>4</sup>, pudiendo afrontar con éxito las anomalías del funcionamiento del TEC, que de forma simplificada podemos agrupar en 2 grandes categorías: el funcionamiento "por exceso", dando lugar a las taquiarritmias, y el funcionamiento "por defecto", donde incluimos los bloqueos de la conducción cardíaca, que pueden localizarse en diferentes zonas del TEC (Fig. 1). El bloqueo auriculoventricular (BAV) puede originarse a nivel del nodo auriculoventricular (AV) (bloqueo suprahisiano), del haz de His o a nivel de las ramas del haz de His (infrahisiano). Y es clasificado en la clínica como BAV de 1<sup>er</sup> grado, segundo grado o tercer grado dependiendo del grado de bloqueo observado en el electrocardiograma (ECG). En general, cuanto más avanzado el bloqueo, más inferior a lo largo del TEC se localiza la zona lesionada, siendo el infrahisiano de peor pronóstico que el suprahisiano.

En el caso de las taquiarritmias, el tratamiento puede variar desde el abordaje clásico con fármacos antiarrítmicos, hasta la aplicación de técnicas de ablación de tractos anatómicos accesorios, mediante radiofrecuencia (produciendo una lesión de la vía anómala por calor), o crioablación (produciendo una lesión por frío). La crioablación encuentra un campo especialmente acorde a sus características en el paciente pediátrico<sup>5</sup>, ya que permite mayor seguridad en su aplicación, pudiendo monitorizarse el registro electrofisiológico durante la técnica de ablación por enfriamiento y, en caso de sospecha

de lesión de tejidos adyacentes al tracto accesorio que se pretende eliminar, volver a calentar el tejido y revertir el efecto causado. Ello puede ayudar a disminuir una de las complicaciones más graves a las que en ocasiones se enfrenta el electrofisiólogo: la lesión permanente y consiguiente bloqueo del nodo AV, que pueda requerir la implantación de un marcapasos.

Podemos decir que nos encontraremos básicamente dos situaciones de BAV: el primario, cuando desde la vida fetal o neonatal dicho nodo no permite la conducción del estímulo eléctrico de manera congénita por una anomalía en su desarrollo, como ocurre en algunas cardiopatías congénitas, o en el BAV congénito por daño ocasionado por paso transplacentario de anticuerpos maternos en madres afectas de lupus eritematoso, y el secundario, que aparece principalmente por la lesión del nodo en etapas posteriores de la vida tras lesiones isquémicas, miocarditis, técnicas quirúrgicas o tras ablación de vías de conducción cardíacas patológicas.

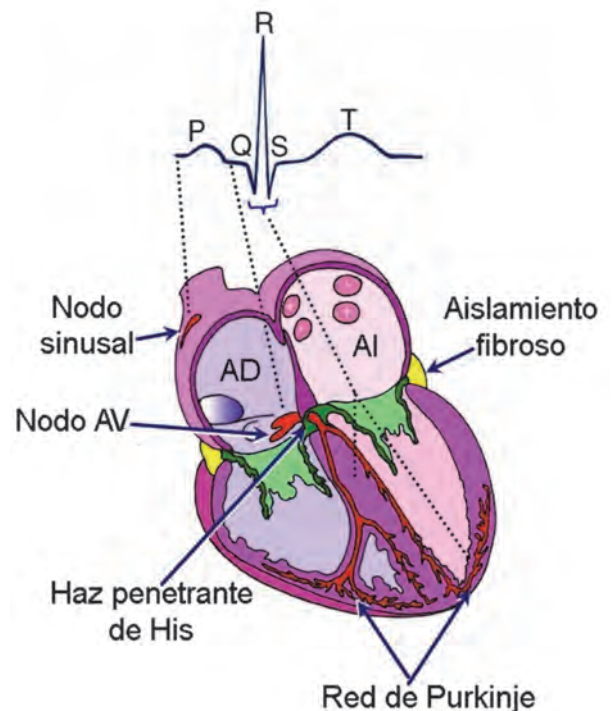


Figura 1: Representación esquemática de los diferentes componentes del sistema específico de conducción.

## Correspondencia:

Beatriz Picazo-Angelín,  
Calle San Juan Bosco 3  
29602 Marbella  
Teléfono: 951 292 282  
E-Mail: beapicazo@hotmail.com

## EL NAV: DIFERENTE AL NSA

Aunque los dos nodos fundamentales del sistema de conducción, el nodo sinoauricular (NSA) y el nodo auriculoventricular (NAV), se encuentran situados en la aurícula derecha (AD) (Fig. 1), podemos establecer diferencias en cuanto a:

### Localización:

NSA está situado a nivel superior y anterior en la AD, entre la desembocadura de la VCS y la orejuela derecha (OD), subepicárdico. NAV está en la zona inferior-posterior de la AD, subendocárdico, alojado en el ápex del triángulo de Koch, en la base del tabique interauricular.

### Forma:

Variable, pero mayoritariamente el NSA muestra forma de arco o media luna, el NAV tiende a ser semioval.

### Función:

NSA: En él se sitúa el comienzo del sistema de conducción del corazón, es la fuente de donde emana el ritmo cardíaco. NAV: su función inherente es la de retrasar el impulso cardíaco, antes de permitir el paso hacia los ventrículos a través del haz de His y sus ramas. Pero además es capaz de generar impulsos eléctricos hacia la masa ventricular en caso de fallo en el automatismo o disfunción del NSA.

## EL NAV: ¿CUÁL ES MI PERSPECTIVA?

Como en cualquier faceta de la vida, todo puede ser descrito desde diferentes perspectivas. El NAV no es una excepción. Podemos hacer diferentes aproximaciones, y verlo desde los siguientes puntos de vista:

### Embriología

Recordemos que todos los miocitos tienen la capacidad de conducir el impulso cardíaco, pero solo una población de ellos se ha especializado en generar y conducir el impulso desde las aurículas a los ventrículos<sup>6</sup>. Al comienzo del desarrollo, cada uno de los miocitos del tubo cardíaco primitivo puede ser considerado como un marcapaso en potencia. De este miocardio primario se originan dos grandes poblaciones celulares cardíacas, el miocardio de trabajo (auricular y ventricular) y el sistema específico de conducción, que son miocitos especializados que dan lugar a nivel auricular al NSA y NAV, y a continuación al haz de His y a las ramas proximales del haz de His. Entre estas dos poblaciones encontramos una tercera, las células de transición. Todo el miocardio primario tiene capacidad de alta automaticidad, persistiendo esta característica en el TEC

en fases posteriores del desarrollo. Los nodos sinusal, AV y el haz de His mantienen el fenotipo de miocardio primario. Las partes distales del sistema anatómico de conducción (ramas distales de His y Purkinje) se forman a partir del miocardio secundario. Esta diferenciación hacia diversos grupos celulares se produce a través de un complejo y aún no totalmente conocido sistema de factores de señalización y remodelación cardíacos<sup>7</sup> tales como Tbx 2/3, Nkx2-5, Cx40, y otros.

### Fisiología/Patología

La mayoría de las descripciones de la fisiología y patología del NAV parten de corazones sin cardiopatía estructural. Pero en los últimos años va creciendo el interés por la anatomía del NAV en el contexto de corazones portadores de malformaciones estructurales, lo cual hace, si cabe, aún más complejo el abordaje de la patología del nodo, por las variantes anatómicas que podemos encontrar y por la distorsión que puede sufrir en determinadas cardiopatías, p.ej. en la Anomalía de Ebstein<sup>8</sup>.

### Electrofisiología/Cirugía

El punto de vista del electrofisiólogo estará especialmente enfocado a los detalles anatómicos macroscópicos de la AD que lo guiarán hacia el nodo AV a la hora de abordar su tratamiento, ya sea en el manejo de las taquiarritmias o en la evitación de lesiones secundarias del nodo en los procedimientos de ablación. Tanto para el electrofisiólogo como para el cirujano hay unas coordenadas anatómicas fundamentales a la hora de localizar al NAV en la AD: se trata del llamado triángulo de Koch, cuyos límites describiremos en un siguiente apartado.

### Cardiólogo Pediátrico

Su interés se centra en el diagnóstico mediante el ECG de las anomalías del ritmo generadas a nivel de la unión auriculoventricular y decidir si procede o no el tratamiento de las mismas<sup>9</sup>. Asimismo, el avance en ecocardiografía fetal, permite en ocasiones la prevención del bloqueo AV fetal mediante el tratamiento con corticoides de las gestantes afectas de lupus eritematoso, para evitar el daño irreversible de los anticuerpos anti-Ro y anti-La sobre el sistema de conducción en desarrollo.

## EL NODO AV EN LAS CARDIOPATÍAS CONGÉNITAS:

El sistema de conducción AV puede verse desplazado si los septos auriculares y ventriculares se encuentran mal alineados, si las relaciones AV son discordantes, o si el corazón es univentricular. Como regla general podemos decir que, si el sistema de conducción AV se encuentra desplazado, tiende a

volverse más frágil y susceptible a la degeneración, con mayor riesgo de BAV.

En el canal AV, el NAV se desplaza en sentido infero-posterior. El haz de His se extiende a lo largo del borde inferior del septo ventricular. Este trayecto inferior y el hemifascículo hipoplásico izquierdo anterior da lugar al eje superior característico del ECG de esta cardiopatía. En la L-TGA, el nodo se desplaza antero-lateralmente. Un frágil y elongado haz de His cruza el borde anterior de la válvula pulmonar. En los corazones univentriculares, el trayecto del NAV depende de la dirección del asa ventricular y de la morfología del ventrículo dominante<sup>10</sup>.

### EL NAV A NIVEL MACROSCÓPICO:

Para situar anatómicamente al NAV y al haz de His, debemos conocer su localización y áreas adyacentes. Cobran así importancia conceptos tales como la unión auriculoventricular, el istmo cavotricuspidé y el triángulo de Koch, que pasamos a describir a continuación:

Las uniones AV son las áreas del corazón donde los bordes distales de la musculatura auricular se insertan en la base de la masa ventricular. Originándose en la unión están las inserciones de las válvulas auriculoventriculares. Las uniones AV rodean los orificios de las válvulas mitral y tricúspide, aislando completamente la musculatura auricular de la ventricular, excepto por el lugar de penetración del haz de His<sup>11</sup>. Este haz es el responsable de la conducción del impulso eléctrico desde las aurículas a los ventrículos. En la cara epicárdica de las uniones auriculoventriculares caminan los troncos de las arterias coronarias. Por la cara posterior de la unión AV izquierda se localiza el seno coronario, que recolecta la sangre de la mayor parte de la musculatura cardíaca.

En una sección transversal (eje corto del corazón) a nivel de la base de los ventrículos, observamos una continuidad fibrosa entre los orificios de entrada y salida del ventrículo izquierdo, denominada continuidad mitro-aórtica. Debido a esta, y a la inserción a diferente nivel de los velos aórtico y septal de las válvulas mitral y tricúspide respectivamente, existe una parte del tabique interventricular entre el velo septal de la tricúspide y la válvula aórtica. En la cruz del corazón, la cavidad de la AD está separada de la cavidad del ventrículo izquierdo por el tabique AV. En sentido estricto, se ha puesto de manifiesto que esta región no es realmente un tabique, debido a la existencia de un plano epicárdico (espacio piramidal inferior) que contiene tejido fibroadiposo que transporta la arteria del nodo AV, extendiéndose entre aurículas y ventrículos. Así, más que un

tabique, el área es un sándwich muscular AV, representando el contenido del sándwich el tejido fibroadiposo. En contraste a esta idea, un tabique se define mejor como una pared que separa cavidades cardíacas, de modo que aunque realizásemos una perforación del mismo seguiríamos permaneciendo en el interior del corazón<sup>12</sup>. El sándwich auriculoventricular se localiza en el espacio piramidal inferior (EPI). Este espacio se caracteriza por poseer forma de pirámide cuadrangular irregular, con la punta dirigida hacia el cuerpo fibroso central (CFC), y la base hacia el epicardio<sup>13</sup>. El CFC se constituye por la unión del triángulo fibroso derecho con el tabique membranoso interventricular. La cara superior del espacio piramidal está constituida por la musculatura de las aurículas, y el suelo del seno coronario que lo delimita por su parte más medial. El suelo de este espacio está constituido por la divergencia de las masas musculares ventriculares. La arteria del nodo AV (aNAV), desde su origen en la arteria coronaria dominante, cruza el EPI en dirección al nodo AV, dando en su trayecto ramas hacia el velo septal de la válvula tricúspide.

Las zonas utilizadas para la modificación de la conducción AV, mediante el uso de catéteres de RF, se corresponden generalmente con áreas de miocardio auricular que no forman parte del sistema especializado de conducción. El sitio más habitualmente utilizado para la ablación de la denominada "vía lenta" en la taquicardia por reentrada nodal (TRNAV) se sitúa entre el orificio del seno coronario y la inserción del velo septal de la válvula tricúspide, sitio de elección en el tratamiento de la TRNAV, ya que ha demostrado ser más segura con respecto al riesgo de producir bloqueo. El sitio más comúnmente utilizado para la ablación de la denominada "vía rápida" se corresponde con las zonas próximas al tendón de Todaro, terminando en las proximidades del vértice del triángulo de Koch, en desuso por su mayor riesgo de bloqueo AV.

El istmo cavotricuspidé es una referencia anatómica fundamental en los procesos de ablación. Se trata de un área cuadrilátera irregular que se sitúa en la parte posteroinferior de la AD y es lateral e inferior con respecto al triángulo de Koch. Desde un punto de vista anatómico, está delimitado anteriormente por la inserción del velo septal de la válvula tricúspide y, posteriormente, por el orificio de la vena cava inferior; delimitado éste, a su vez, por la válvula y cresta de Eustaquio. Inferiormente, lo delimitan las ramificaciones trabeculares (músculos pectíneos) que desde la cresta terminal se dirigen hacia la válvula de Eustaquio y vestíbulo de la AD. Superiormente lo delimita el orificio del seno coronario y vestíbulo de la AD (base del triángulo de

Koch)<sup>13</sup>. Este último límite es denominado, desde un punto de vista electrofisiológico, como istmo septal.

El triángulo de Koch, en continuidad con el istmo cavotricuspidé, se sitúa en la parte baja y posterior de la AD. Fue nombrado en honor al patólogo alemán Walter Koch (1880-1962). Se encuentra delimitado posteriormente por la continuación fibrosa subendocárdica de la válvula de Eustaquio, que es conocida con el nombre de tendón de Todaro. Este tendón es uno de los bordes del triángulo descrito por Koch<sup>14</sup> en 1909. El nodo AV se encuentra en el interior del área del triángulo de Koch (Fig. 2). El triángulo se pone de manifiesto mediante tracción manual externa entre la vena cava inferior y la válvula tricúspide, lo que hace que el tendón haga prominencia en el endocardio auricular<sup>13</sup>. El límite anterior del triángulo de Koch es la línea de inserción del velo septal de la válvula tricúspide. Los límites anterior y posterior se cruzan superiormente en el septum membranoso interventricular, que es por donde penetra el haz de His en el vértice del triángulo de Koch. En la base del triángulo se localiza el orificio de desembocadura del seno coronario, y además el vestíbulo de la AD, inmediatamente anterior a este orificio (Fig. 3). Las dimensiones del triángulo de Koch han sido descritas en adultos y en niños<sup>15</sup>.

La base del triángulo de Koch forma, a su vez, parte del área conocida como istmo cavotricuspidé septal. El istmo septal es el área donde tiene lugar a veces la ablación mediante RF de las vías accesorias auriculoventriculares. El nodo AV se encuentra en el interior del área del triángulo de Koch.

Peculiaridades del triángulo de Koch en el niño: El conocimiento de las dimensiones del triángulo de Koch en la infancia es de gran importancia para aplicar de forma correcta y segura la energía por RF durante los procedimientos de ablación por ca-

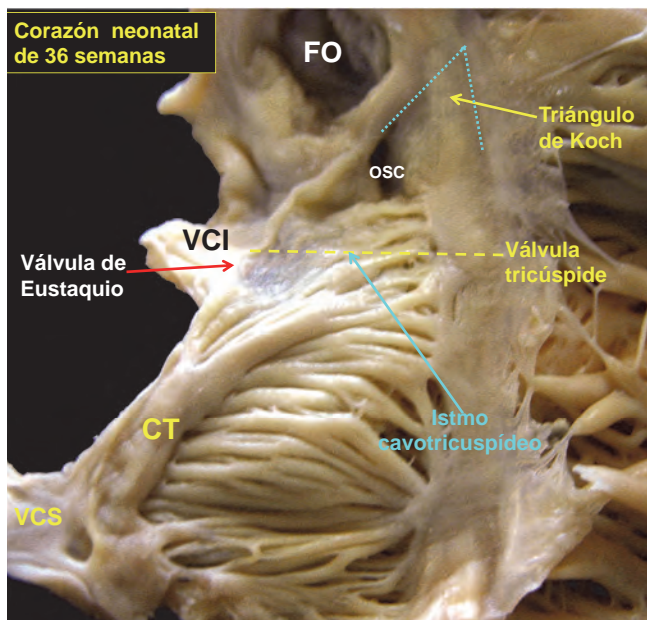


Figura 3: Visión endocárdica de un corazón normal (36 semanas) donde se observan el istmo cavo-tricuspidé y el triángulo de Koch. CT: Cresta Terminal. VCI: Vena Cava Inferior. Istmo CT: Istmo Cavotricuspidé. FO: Fosa Oval. OSC: Orificio del seno coronario.

téter. Con el crecimiento se producen cambios morfométricos. En el niño, algunos autores<sup>15</sup> han mostrado que el triángulo de Koch está directamente correlacionado con el área de superficie corporal. Sin embargo, otros<sup>16</sup> observan discrepancias entre el incremento del peso corporal y el crecimiento cardíaco y sugieren que se puede establecer una correlación más precisa del tamaño del triángulo de Koch realizando mediciones ecocardiográficas del velo septal de la válvula tricúspide. Por tanto, conociendo el diámetro de la válvula tricúspide y la proporción constante entre el cateto del triángulo de Koch (velo septal de la tricúspide) y el diámetro valvular tricúspide, es posible calcular la longitud del segmento del anillo tricúspide a lo largo del cual

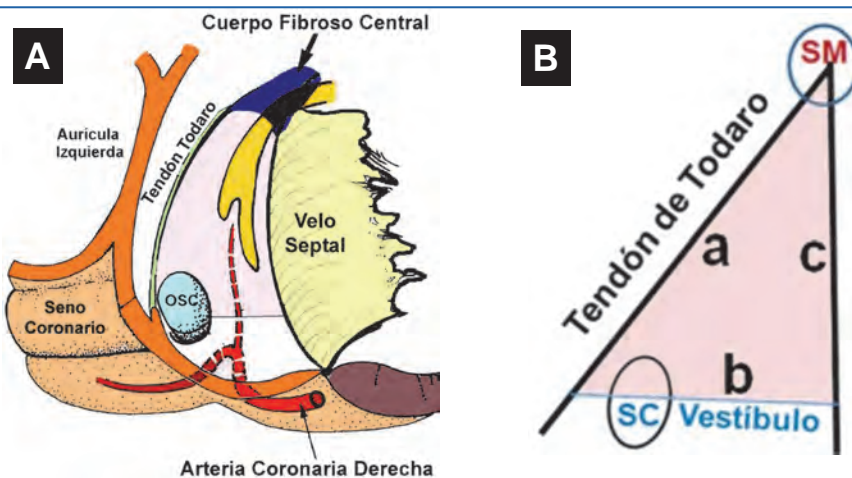


Figura 2: Triángulo de Koch. Representación esquemática.

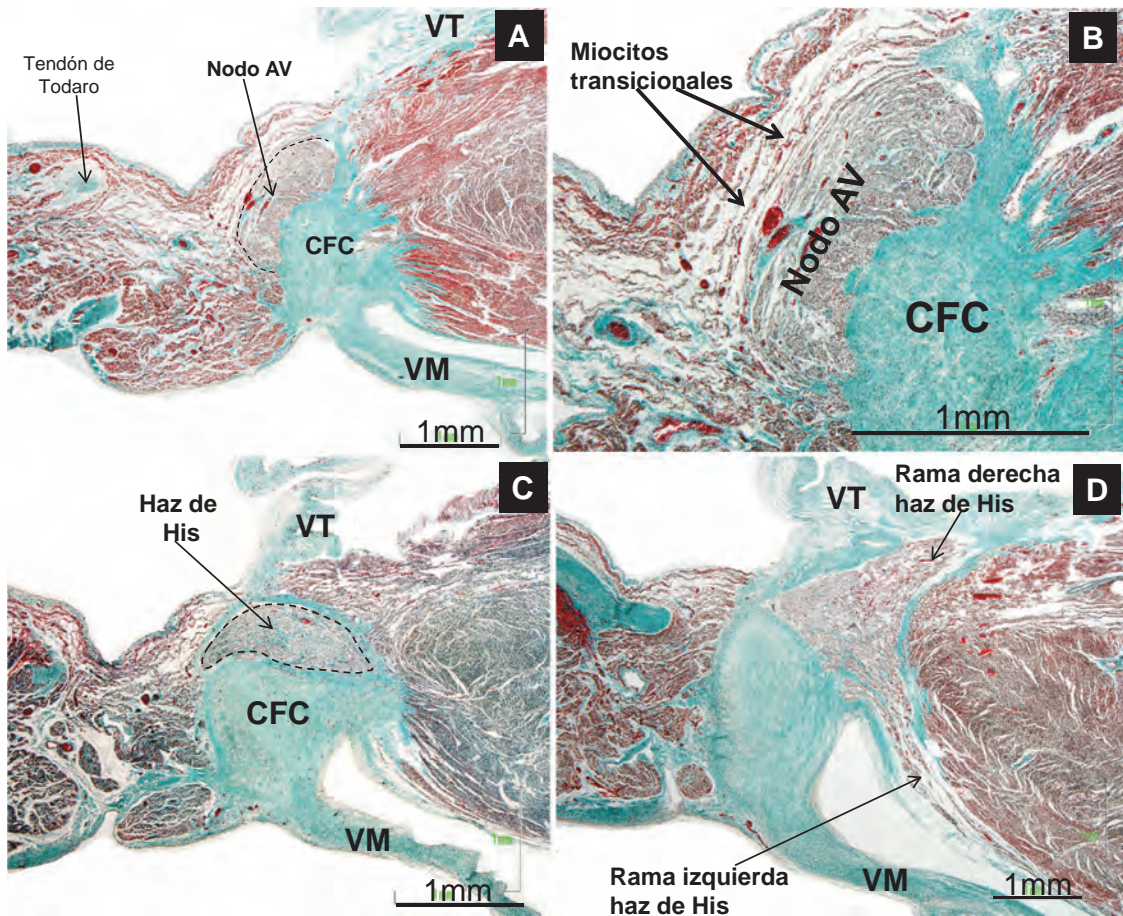


Figura 4: Secciones sagitales del triángulo de Koch (perpendiculares al velo septal de la tricúspide) teñidas con tricrómico de Masson en las que se observa en (A) el nodo AV de un neonato de 3 días, en (B) la relación del nodo AV con células o miocitos transicionales. Hacia el vértice del triángulo de Koch se encuentra el haz de His (C) rodeado de tejido conectivo (en verde) del cuerpo fibroso central (CFC) y por último en (D) se observa como el haz de His se divide en dos ramas, derecha e izquierda.

puede ser aplicada la corriente de RF, reduciendo así los riesgos de daño al nodo AV. Además, autores como Waki y cols.<sup>17</sup> han puesto de manifiesto que el nodo AV, sus extensiones inferiores, y la zona de células transicionales en relación al nodo, muestran cambios en relación con la edad

En el niño con peso < 15 kg o edad < 0.6 meses<sup>2</sup> la longitud del triángulo de Koch puede ser menor o igual a los 4-5 mm del diámetro de la lesión causada por un catéter de 4 mm para la aplicación de energía por radiofrecuencia, por lo que en estos niños se incrementa el riesgo de lesiones al sistema de conducción al tratar arritmias, debiendo limitar este tipo de tratamiento a casos en los que no sea posible otro abordaje terapéutico.

### EL NAV A NIVEL MICROSCÓPICO

El estudio del sistema de conducción cardiaco ha sido y sigue siendo controvertido, tal vez debido a los diferentes criterios utilizados para el reconocimiento de sus células, en oposición a las que se encargan

de la contracción miocárdica. Pero tinciones clásicas (tricrómico de Masson, van Gieson, rojo picrosirio) nos permiten diferenciar los diferentes tipos celulares que conforman las estructuras cardiacas.

A nivel microscópico el nodo aurículoventricular puede describirse como una estructura de forma semioval que se apoya en el CFC, con una porción compacta y un área de células transicionales<sup>11</sup> y que está situada dentro de los límites del triángulo de Koch (Fig. 4).

El NAV compacto es una estructura que, al igual que el nodo sinoauricular, no está aislada del miocardio de trabajo adyacente, a diferencia del haz penetrante y ramas del haz de His, que sí cuentan con tejido fibroso que los aíslan del miocardio. El nodo AV adulto posee una longitud media de 5,25 mm, de 2,5 mm a 3,5 mm de anchura y entre 0,7 y 1 mm de espesor, y se sitúa a una distancia de 1-2 mm del endocardio auricular derecho<sup>3</sup>. Debido a esta proximidad del nodo al endocardio, es susceptible de ser lesionado mediante ablación por

radiofrecuencia cuando la energía es aplicada desde el endocardio. Cerca de la base del triángulo de Koch la parte compacta del nodo se bifurca hacia la derecha y la izquierda en extensiones inferiores, que se dirigen hacia los orificios de la válvula mitral y tricúspide. La presencia y longitud de estas extensiones es variable.

En humanos, los miocitos transicionales son células con tamaño y características intermedias entre los miocitos del NAV y el miocardio de trabajo normal. Tanto las células transicionales como las del nodo AV compacto están inmersas en una matriz de tejido conectivo. Constituyen una especie de puente entre el miocardio de trabajo y el del NAV.

El nodo AV es irrigado por la aNAV (Fig. 5), la cual se origina de la arteria coronaria derecha en un 80-87% de los casos<sup>18</sup>. En algunos pacientes, la aNAV se dispone cerca del ostium del seno coronario y el vestíbulo de la AD, lo cual puede explicar el alto riesgo de coagulación de la arteria durante la ablación de la vía lenta en la TRNAV. Los daños en la aNAV pueden extenderse a los tejidos vascularizados por ella y llegar a producir un bloqueo AV<sup>13</sup>. La gran importancia del nodo AV para la fisiología cardíaca hace previsible que evolutivamente se hayan desarrollado mecanismos diversos para mantener su irrigación, comprobándose en recientes estudios toda una red vascular en relación al nodo AV<sup>19</sup>.

El NAV se introduce en el CFC en el ápex del triángulo de Koch, y es en ese punto cuando pasa a denominarse haz penetrante de His, que es la única parte del eje de conducción que perfora el CFC, y

entonces es cuando se encuentra completamente rodeado por tejido conectivo que lo aísla por completo del miocardio de trabajo. De manera que el NAV está en contacto con el endocardio auricular y el His pasa a estar rodeado de un tejido de aislamiento que impide el contacto directo con la actividad eléctrica aferente auricular, lo que significa que cualquier actividad auricular ha de ser encauzada previamente vía nodo AV, como si se tratara de un “embudo” que dirige la actividad eléctrica en su camino hacia los ventrículos. El haz de His posee un trayecto de una longitud variable antes de continuarse sobre el septum muscular interventricular con las ramas derecha e izquierda. Existe una cierta variabilidad en el lugar y extensión del registro del electrograma de His en la clínica<sup>20</sup>. En el 51% de los casos el haz de His se registra por encima de la inserción del velo septal de la tricúspide, en el 15% a nivel del velo septal de la tricúspide y en el 34% por debajo de la inserción del velo septal de la válvula tricúspide<sup>3</sup>. Estudios macroscópicos han mostrado tres disposiciones distintas del haz de His: en el 46.6% de los casos discurre a lo largo del borde inferior de la parte membranosa del septum interventricular; en el 32,4% se localiza dentro de la porción muscular del septum interventricular; finalmente, podemos encontrar el haz de His dispuesto sobre la parte membranosa del septum en un 21% de los casos. Estudios histológicos<sup>13</sup> han observado que en un 24% de los corazones humanos el haz de His atraviesa el CFC entre 4 y 7 mm por debajo del vértice del triángulo de Koch.

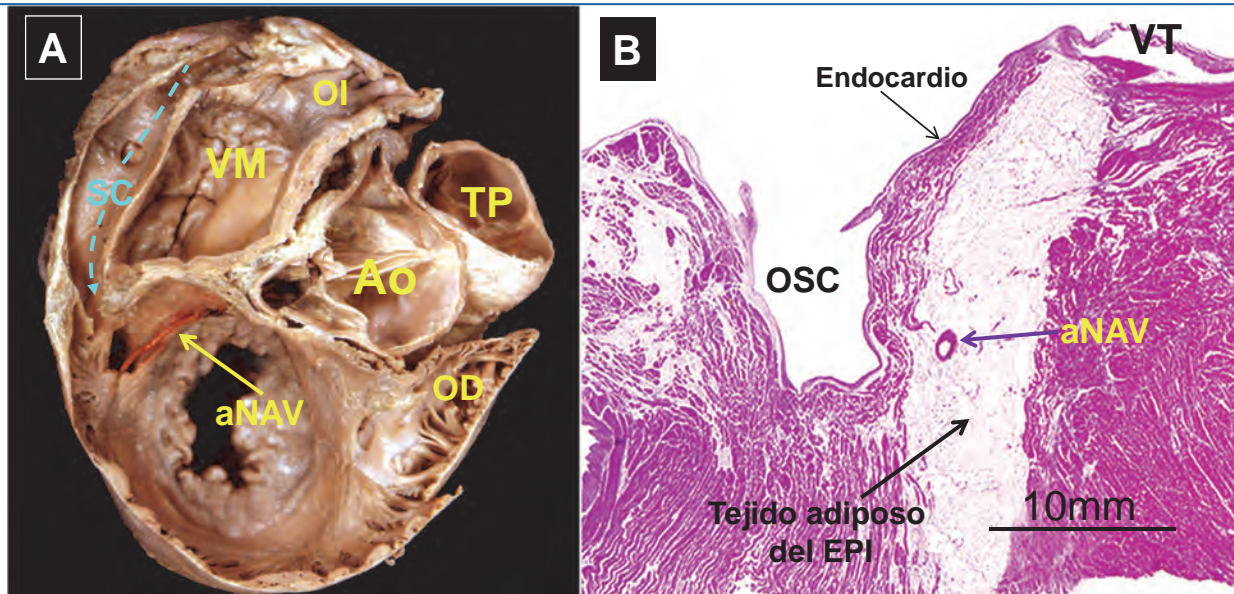


Figura 5: Corazón adulto. (A) Disección de la arteria del nodo AV (aNAV) (pintada en rojo) que se localiza en el triángulo de Koch subendocárdicamente al vestíbulo de la válvula tricúspide. SC: seno coronario. VM: válvula mitral. Ao: aorta. TP: tronco pulmonar. OD: orejuela derecha. OI: orejuela izquierda. (B) Sección sagital a nivel del espacio piramidal inferior (EPI) teñida con hematoxilina-eosina en la que se observa la arteria del nodo AV (aNAV) muy próxima al endocardio del vestíbulo de la válvula tricúspide (VT) y del orificio del seno coronario (OSC).

## CONCLUSIONES:

Es de vital importancia, especialmente para los cirujanos cardiacos, electrofisiólogos y otros cardiólogos intervencionistas, definir y reconocer con exactitud cada uno de los componentes del TEC. La función del mismo puede verse alterada si alguno de sus componentes es lesionado o indebidamente estimulado mediante la aplicación de técnicas de ablación o resincronización cardiacas<sup>3</sup>. Asistimos en los últimos años a un renovado interés por abordar de forma consensuada y unificada la anatomía en relación a la electrofisiología cardiaca<sup>21</sup>, tanto en adultos como en la edad pediátrica<sup>22</sup>.

También para el cardiólogo pediátrico clínico el conocimiento de las malformaciones del NAV que en ocasiones se asocian a determinadas cardiopatías congénitas puede ser de utilidad a la hora de comprender los trastornos de la conducción eléctrica que se asocian a la malformación estructural. De forma progresiva vamos avanzando en el conocimiento de la relación entre la estructura y la función en la unión AV<sup>23</sup>. Recientes revisiones actualizan y sintetizan el conocimiento acerca de la anatomía y electrofisiología del nodo AV<sup>24</sup>.

Finalmente, recordemos la afirmación de Douglas Zipes<sup>23</sup>: “El nodo AV es el ‘alma’ del corazón, y quien comprenda su anatomía y electrofisiología abrirá la llave para comprender la anatomía y el funcionamiento eléctrico del corazón en sí.”

## BIBLIOGRAFÍA:

- 1 Tawara S. Das Reitzleitungssystem des Säugetierherzens. Jena: Gustav Fisher 1906.
- 2 Sánchez-Quintana D, Ho SY. Anatomía de los nodos cardiacos y del sistema de conducción específico auriculoventricular. *Rev Esp Cardiol* 2003; 56(11):1085-92.
- 3 Murillo M, Cabrera JA, Pizarro G, Sánchez-Quintana D. Anatomía del tejido especializado de conducción cardiaco. Su interés en la cardiología intervencionista. *Revista Iberoamericana de Arritmología* 2011; 1(2):229-245 (ria-online.com).
- 4 Van Hare GF. Indications for Radiofrequency Ablation in the Pediatric Population. *J Cardiovasc Electrophysiol* 1997; 8:952-962.
- 5 Kirsch J, Gross G, O'Connor S et al. Transcatheter Cryoablation of Tachyarrhythmias in Children, Initial Experience from an International Registry. *J Am Coll Cardiol* 2005; 45(1):133-136.
- 6 Sánchez-Quintana D, Picazo-Angelín B, Climent Mata V, Murillo Haba M, Cabrera Rodríguez JA. Anatomía y Embriología de los tejidos de conducción cardiacos. Su importancia en relación con los sitios de arritmogénesis. En: *Actualización en Cardiología*. Cristóbal Bueno Jimenez, José Ramón López Mínguez, Eds. Cáceres, Universidad de Extremadura 2010, págs. 41-50.
- 7 Christoffels V, Burch J, Moorman A. Architectural Plan for the Heart: Early Patterning and Delineation of the Chambers and the Nodes. *Trends Cardiovasc Med* 2004; 14:301-307.
- 8 Sánchez-Quintana D, Picazo-Angelín B, Cabrera A, Murillo M, Cabrera JA. El triángulo de Koch y el nodo AV en la anomalía de Ebstein: implicaciones para la ablación con catéter. *Rev Esp Cardiol* 2010; 63:660-7.
- 9 Blank AC, Hakim S, Strengers JL, Tanke RB, van Veen TA, Vos MA, Takken T. Exercise Capacity in Children with Isolated Congenital Complete Atrioventricular Block: Does Pacing Make a Difference? *Pediatr Cardiol* 2012 Feb 14 [Epub ahead of print]
- 10 Khairy P, Balaji S. Cardiac Arrhythmias In Congenital Heart Diseases. *Indian Pacing and Electrophysiology Journal* 2009; 9(6):299-317.
- 11 Anderson RH, Ho SY, Becker AE. Anatomy of the human atrioventricular junctions revisited. *Anat Rec* 2000; 260:81-91.
- 12 Anderson RH, Brown NA. The anatomy of the heart revisited. *Anat Rec* 1996; 246:1-7.
- 13 Sánchez-Quintana D, Ho S, Cabrera J et al. Topographic Anatomy of the Inferior Pyramidal Space: Relevance to Radiofrequency Catheter Ablation. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2001; 12:210-217.
- 14 Koch W. Weitere Mitteilungen über den Sinusknoten des Herzens. *Verh Dtsch Pathol Ges* 1909; 13:85-92.
- 15 Goldberg CS, Caplan MJ, Heidelberger KP et al. The Dimensions of the Triangle of Koch in Children. *The American Journal of Cardiology* 1999; 83:117-120.
- 16 Francalanci P, Drago F, Agostino DA et al. Koch's Triangle in Pediatric Age: Correlation with Extra- and Intracardiac Parameters. *PACE* 1998; 21:1576-1579.
- 17 Waki K, Kim J, Becker A. Morphology of the Human Atrioventricular Node is Age Dependent: A Feature of Potential Clinical Significance. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2000; 11:1144-1151.
- 18 Anderson KR, Murphy JG. The atrioventricular node artery in the human heart. *Angiology* 1983; 34:711-16.
- 19 Abuin G, Nieponice A, Barceló A, Rojas-Granados A, Herrera-Saint Leu P, Arteaga-Martínez M. Anatomical Reasons for the Discrepancies in Atrioventricular Block. *Tex Heart Inst J* 2009; 36(1):8-11.
- 20 Farré J, Anderson RH, Cabrera JA, Sánchez-Quintana D, Rubio JM, Romero J, et al. Fluoroscopic cardiac anatomy for catheter ablation and tachycardia. *Pacing Clin Electrophysiol* 2002; 25:76-94.
- 21 Farré J, Anderson RH, Cabrera JA, Sánchez-Quintana D, Rubio J, Benezet-Mazuecos J, Del Castillo S, Macía E. Cardiac Anatomy for the Interventional Arrhythmologist: I. Terminology and Fluoroscopic Projections. *PACE* 2010; 33:497-507.
- 22 Asirvatham SJ. Cardiac Anatomic Considerations in Pediatric Electrophysiology. *Indian Pacing and Electrophysiology Journal* 2008; 8(Suppl. 1): S75-S91.
- 23 Efimov IR, Nikolski VP, Rothenberg F, Greener ID, Li J, Dobrzynski H, Boyett M. Structure-Function Relationship in the AV Junction. *The Anatomical Record* 2004; 280A:952-965.
- 24 Kurian T, Ambrosi C, Hucker W, Fedorov V, Efimov IR. Anatomy and Electrophysiology of the Human AV Node. *Pacing Clin Electrophysiol* 2010; 33(6):754-762.