



## Nuevos conceptos en la anatomía del sistema cardionector con aplicación en electrofisiología



### New concepts in the anatomy of the cardionector system with application in electrophysiology



Ganador Premio "Asociación Argentina de Anatomía 2015" al mejor trabajo de Ciencias Morfológicas

Abuin, Gustavo<sup>1</sup>; Barceló, Adrián<sup>2</sup>; Cichero, Fernando<sup>3</sup>; Scaglione, Jorge<sup>4</sup>; Miragaya, Nicolás<sup>5</sup>

Instituto Universitario de Ciencias de la Salud (IUCS) Fundación H.A. Barceló  
Servicio de Cirugía Cardiovascular, Hospital Fernandez  
Sector de Electrofisiología, Hospital de Niños Pedro de Elizalde  
Universidad de Buenos Aires (UBA) Buenos Aires - Argentina

E-mail de autor: Gustavo Abuin [gabuin@intramed.net](mailto:gabuin@intramed.net)

<sup>1</sup>Cirujano cardiovascular de Planta Htal. Fernández (GCBA); Jefe de Trabajos Prácticos de Anatomía, IUCS Fundación Barceló; Jefe de Trabajos Prácticos de Anatomía, Facultad de Medicina (UBA)

<sup>2</sup>Cirujano General; Profesor Titular de Anatomía, IUCS Fundación Barceló; Docente Autorizado de Anatomía, Facultad de Medicina, UBA

<sup>3</sup>Jefe de Servicio de Cirugía Cardiovascular Htal. Fernández (GCBA); Profesor Asociado de Anatomía, IUCS Fundación Barceló; Docente Adscripto de Anatomía, Facultad de Medicina, UBA

<sup>4</sup>Doctor en Medicina; Médico Cardiólogo Encargado del Sector de Electrofisiología, Htal. De Niños Pedro de Elizalde

<sup>5</sup>Ayudante Alumno de la Cátedra de Anatomía, (IUCS) Fundación Barceló

#### Resumen

La anatomía del sistema cardionector y del seno coronario, aplicada al tratamiento de las arritmias requiere que la primera sea conocida con detalle para que la segunda sea eficaz. El grupo de trabajo de esta presentación no solo tiene vastísima experiencia en la investigación anatómica macro y microscópica, sino en el tratamiento de las arritmias cardíacas. Se realizará una descripción macroscópica muy detallada del sistema cardionector y del seno coronario, principal fuente de acceso para su tratamiento.

**Objetivos:** Mostrar y describir en corazones humanos, desde el punto de vista macroscópico, el sistema de conducción, su irrigación y su relación con las cavidades cardíacas para el tratamiento de diversas afecciones que generan trastornos del ritmo.

**Material y Método:** El equipo contó para la realización de este trabajo con un archivo fotográfico de preparados y disecciones propias de más de 1000 imágenes. Todo esto complementado a través de la práctica electrofisiológica y quirúrgica en más de 10.000 procedimientos durante los últimos 20 años entre los cuatro autores.

Cabe destacar que para la clara exposición de los conceptos vertidos en este trabajo, el mismo se ha organizado de la siguiente manera: realizada la descripción anatómica, se refrenda con la fotografía, mientras que todos los conceptos electrofisiológicos se han **remarcado en verde**.

**Resultados:** Tal vez lo más notable de estas páginas es la desmitificación de la existencia del haz de His como entidad anatómica de largo considerable, dado que la rama izquierda prácticamente comienza a originarse desde el inicio del mismo. Se muestran las distintas variantes de la desembocadura del seno venoso, nódulos y de la rama derecha e izquierda. Todo esto orientado a señalar reparos y variantes anatómicas que deben ser utilizadas en el tratamiento de las arritmias.

**Palabras clave:** arritmia, bloqueos, haz de his, catéter, sinusal

#### Abstract

*The anatomy of the cardiac system and coronary sinus, applied to the treatment of arrhythmias, requires that the first be known in detail so that the second one is effective. The working group of this presentation not only has vast experience in macro and microscopic anatomical research, but in the treatment of cardiac arrhythmias. A very detailed macroscopic description of the cardiac and coronary sinus system, the main source of access for its treatment, will be made.*

**Objectives:** To show and describe in human hearts, from the macroscopic point of view, the conduction system, its irrigation and its relation with the cardiac cavities for the treatment of diverse affections that generate rhythm disorders.

**Material and Method:** The team counted with a photographic archive of preparations and dissections of more than 1000 images. This was complemented by the electrophysiological and surgical practice in more than 10,000 procedures during the last 20 years between the four authors.

It should be noted that for the clear exposition of the concepts expressed in this work, the same has been organized as follows: the anatomical description is made, it is endorsed with photography, while all the electrophysiological concepts have been **highlighted in green**.

**Results:** Perhaps the most notable of these pages is the demystification of the existence of the His bundle as an anatomical entity of considerable length, since the left branch practically begins to originate from the beginning of the same. The different variants of the mouth of the venous sinus, nodules and the right and left branch are shown. All this aimed to point out repairs and anatomical variants that should be used in the treatment of arrhythmias.

**Keywords:** Arrhythmia, blockages, his bundle, catheter, sinus

## Introducción

La anatomía del sistema cardionector y del seno coronario, aplicada al tratamiento de las arritmias requiere que la primera sea conocida con detalle para que la segunda sea eficaz.

Múltiples autores han logrado exquisitas definiciones morfológicas, utilizando la microscopía para fundamentar sus hallazgos anatómicos. Esto derivó en la anatomía microscópica –de gran utilidad teórica– pero casi de nula utilidad práctica para el electrofisiólogo o el cirujano que está en el laboratorio de hemodinamia luchando contra válvulas, pliegues y senos esquivos de ser cateterizados.

El grupo de trabajo de esta presentación no solo tiene vastísima experiencia en la investigación anatómica macro y microscópica, sino en el tratamiento de las arritmias cardíacas. Esta conjunción en nuestras actividades como anatomistas, cirujanos y electrofisiólogos durante más de 20 años hace que la redacción del presente trabajo sea fruto de la diaria experiencia.

Se realizará una descripción macroscópica muy detallada del sistema cardionector y del seno coronario, principal fuente de acceso para su tratamiento.

## Objetivos

Mostrar y describir en corazones humanos, desde el punto de vista macroscópico, el sistema de conducción y su relación con las cavidades cardíacas para el tratamiento de diversas afecciones que generan trastornos del ritmo.

Al mismo tiempo, se colocarán estas estructuras en relación con el resto del corazón, por lo que se tendrá, cuando sea posible, especial cuidado en detallar la orientación de cada elemento a describir in situ e in toto.

## Material y método

El equipo contó para la realización de este trabajo con un archivo fotográfico de preparados y disecciones propias de más de 1000 imágenes.

Las disecciones de corazones fueron hechas en fresco o con formol buffer al 10%, con todas las variantes de proceso de material: transiluminación, diafanización, inyección con colorantes, resinas y plásticos, disecciones macro y microscópicas con lentes de hasta 20x.

Todo esto complementado a través de la práctica electrofisiológica y quirúrgica en más de 10.000 procedimientos durante los últimos 20 años entre los cuatro autores.

Hemos trabajado sobre corazones humanos, desde fetos hasta gerontes, normales o patológicos, con cardiopatía congénita o cirugía previa.

Las fotografías que se presentan fueron logradas mediante técnica mixta, entre la fotografía manual clásica hasta la digital, con imágenes de nuestro archivo que van desde 1984 hasta el 2011.

Cabe destacar que para la clara exposición de los conceptos vertidos en este trabajo, el mismo se ha organizado de la siguiente manera: realizada la descripción anatómica, se refrenda con la fotografía, mientras que todos los conceptos electrofisiológicos se han remarcados en negrita.

## Resultados

### El sistema de conducción o sistema cardionector

Básicamente está compuesto por dos conglomerados de células denominados nódulos: el sinusal y el aurículo-ventricular. Estos nódulos emiten haces que los conectan entre ellos y con la masa muscular a través del denominado sistema de fibras de Purkinje.

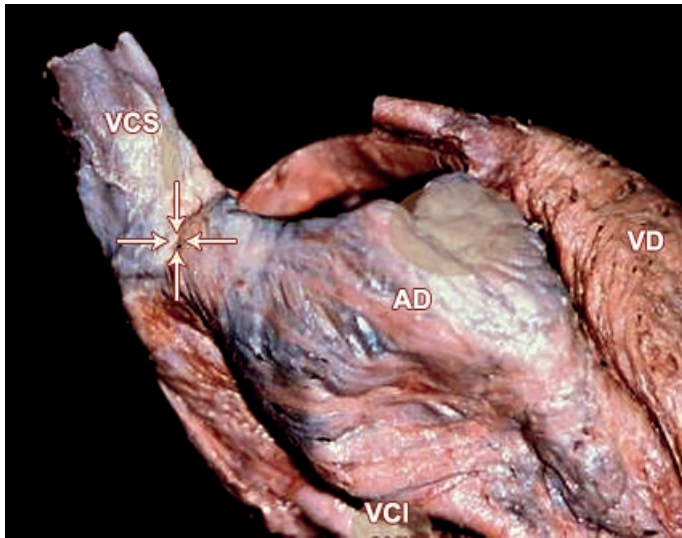
### El nódulo sinusal

Originalmente descrito por Martin Flack en el laboratorio de Sir Arthur Keith, esta formación –de unos 3mm de espesor por 10mm de largo como máximo– se halla, en el 15% de los casos, a caballo de la unión de la vena cava superior con la aurícula derecha en su cara antero-superior; en el 85% restante está hacia la derecha de la misma, sobre la denominada crista terminalis.<sup>1</sup>

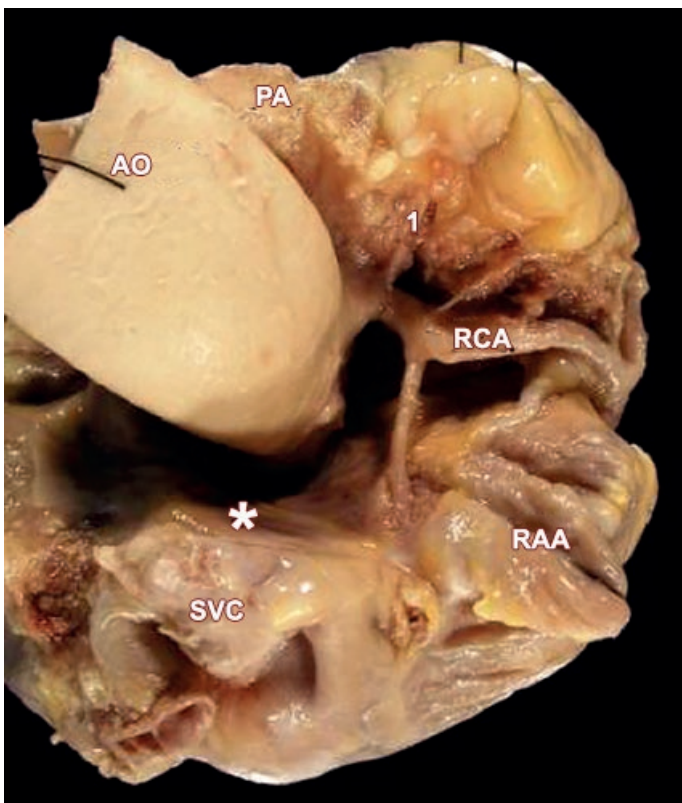
En la **Fig. 1** se aprecia la disección del nodo sinusal, que aparece como una coma invertida de color grisáceo. Cuando se realizan cirugías sobre la cava, la aurícula derecha o la cava inferior, se debe tener en cuenta la ubicación de este nódulo y una de sus prolongaciones, la crista terminalis a fin de no lesionarlo. (Técnica: disección a ojo desnudo de corazón formalizado, tinción con azul de metileno).

En la **Fig. 2** se muestra el corazón visto desde arriba, con la aorta ascendente en el centro de la imagen, y la arteria pulmonar que cubre su cara anterior. La arteria coronaria derecha da origen a la arteria del cono y a la arteria del nódulo

sinusal, que se dirige hacia la vena cava superior. El nódulo sinusal es de menor tamaño que la arteria homónima (Técnica: disección a ojo desnudo de corazón formolizado).



**Fig 1:** VCS) Vena Cava Superior. AD) Aurícula Derecha. VD) Ventrículo Derecho. VCI) Vena Cava Inferior. Las flechas señalan la disección del nodo sinusal



**Fig. 2:** 1) Arteria del cono. AO) Aorta. PA) Arteria pulmonar. RCA) Arteria coronaria derecha. SVC) Vena cava superior. RAA) Orejuela de la aurícula derecha. \*) Cara posterior del seno transverso

Sin dudas, la arteria del nódulo sinusal es constante, independientemente de su origen. Según la descripción de Robert Koch (1910)<sup>2-3-4-5-6</sup> este origen puede verificarse inclusive en las arterias bronquiales derechas, pero lo más frecuente es que lo haga en alguna de las coronarias.

*Esta variedad anatómica explica por qué, durante los procedimientos de resección pulmonar derecha, el índice de arritmias supraventriculares es sensiblemente mayor que cuando se realiza lo mismo del lado izquierdo.*

Lo curioso, y también constante, es que el diámetro de la arteria supera siempre al del nódulo sinusal mismo, y decir "siempre" en anatomía es un compromiso.

Resulta fisiológicamente impensable que un vaso nutricio tenga mayor diámetro que su órgano blanco, puesto que no podemos imaginar que la arteria radial tenga un diámetro mayor que el del antebrazo para irrigarlo.

*La función, pues, de la arteria del nódulo sinusal no es nutricia, sino la de un presorreceptor, ya que informa sobre la presión sistémica en la raíz de la aorta.*

*Dado que el nódulo sinusal es el marcapasos cardíaco, resulta interesante, desde el punto de vista fisiológico, que la naturaleza le dé un indicador sobre un parámetro importante como la presión arterial, que puede ser regulada con el aumento o disminución de la frecuencia cardíaca, entre otros mecanismos.<sup>7</sup>*

*Este sería uno de los mecanismos posibles de explicación para el comportamiento de la denominada arritmia sinusal ventrículo-fásica, en la que se observa, sobre todo en los bloqueos aurículo-ventriculares completos, que los intervalos PP que contienen a un complejo QRS son más cortos que aquellos que no lo contienen.*

*En determinadas cirugías, a veces debe realizarse una sección de la arteria; sin embargo, no en todos los pacientes esto afecta el ritmo o la frecuencia.*

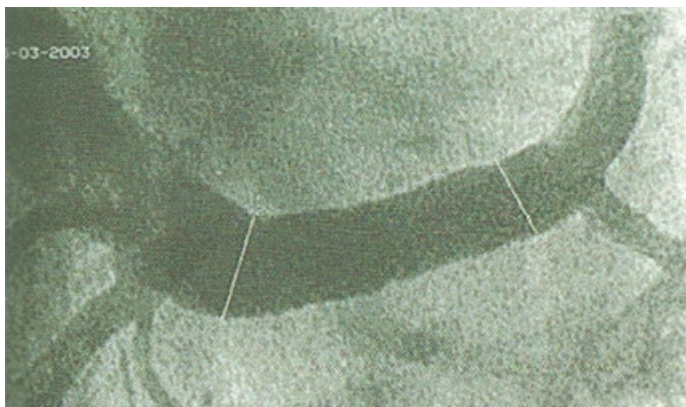
*El nódulo sinusal es epicárdico y se encuentra en ubicación lateral, posterior y, sobre todo, caudal a la unión de la vena cava superior y de la aurícula derecha.*

*Cuando se efectúa la ablación del ostium de la VCS, puede dañar partes del nódulo sinusal. Por eso, si la ablación extensa es necesaria para el aislamiento venoso, la misma se debe realizar en la pared de la aurícula derecha (en lugar del orificio) y, si es posible, en ritmo sinusal, monitoreando los cambios de frecuencia y automaticidad.*

*También cuando hay que realizar modificaciones en el mismo ante la presencia de taquicardia sinusal inapropiada que no responde a tratamiento médico.*

## El seno coronario

Es responsable del 60 a 70% del drenaje venoso cardíaco<sup>8</sup> (**Fig. 3**). Su longitud media es de 4 cm; en cuando a su diámetro mínimo, es de 5 mm, mientras que su diámetro máximo (antes de desembocar) es de 12 mm.



**Fig. 3:** Radiografía del seno coronario, en donde se visualiza su dirección, hacia arriba, detrás y lateral. Esta es la clásica posición para su cateterización

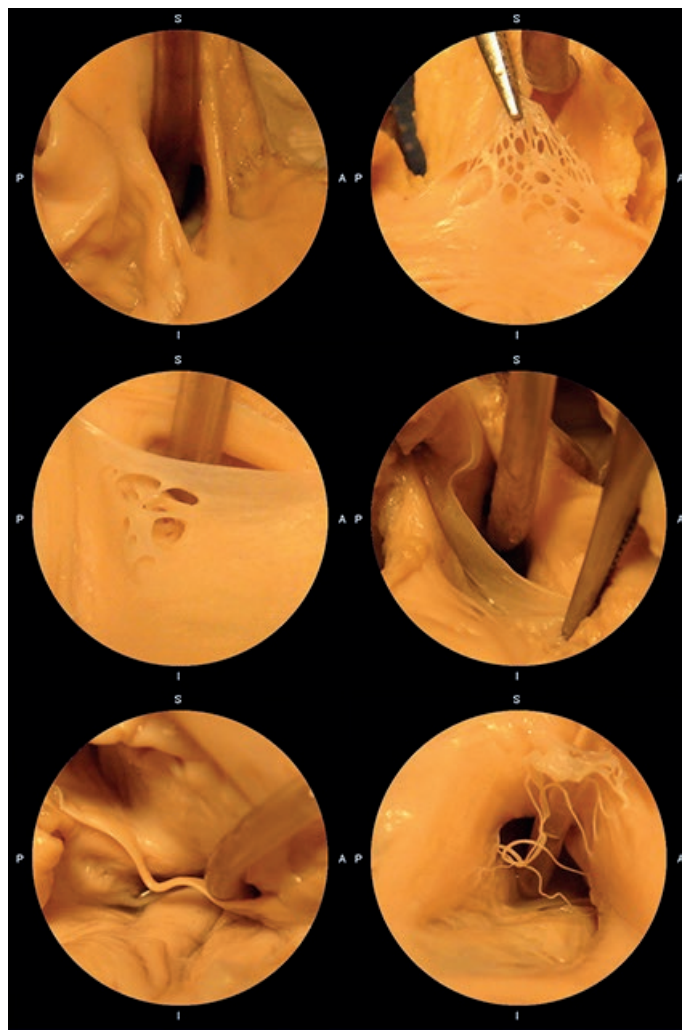
Se inicia en la desembocadura de la gran vena coronaria cuya válvula ostial, cuando existe, es conocida con el nombre de válvula de Viessennes y se extiende hasta concluir en la aurícula derecha.

Como la válvula de Viessennes no es constante, se puede utilizar como referencia la desembocadura de la vena oblicua de la aurícula izquierda o vena de Marshall. Esta, a veces obliterada y transformada en un ligamento, representa la vena cava izquierda atrofiada (en raras ocasiones, es persistente) y discurre a través del seno transversal del pericardio, donde forma un repliegue denominado vestigial.

Luego, desde la base de la orejuela izquierda, se dirige al nacimiento del seno coronario, donde desemboca por su borde superior. En muchas ocasiones es acompañada por un manojito de fibras miocárdicas altamente excitables y arritmogénicas.

*El ostium del seno coronario (Fig. 4) es una estructura cuya ubicación espacial debe ser perfectamente conocida por el electrofisiólogo<sup>9</sup>, ya que a través de él se ubicarán catéteres multipolares destinados a realizar el mapeo del surco atrioventricular izquierdo, lugar de la mayor incidencia de hallazgo de las vías accesorias (haz de Kent).*

*Estos catéteres sirven para mapear la ubicación exacta del trayecto de las vías accesorias izquierdas, así como también como referencia fundamental para la determinación de la existencia de vías accesorias derechas.*



**Fig. 4:** Seis tipos de válvula de Thebesio. El tipo 3 es el que repite en el 10% de la muestra e impide la progresión de cateteres por el seno

*El ostium, además, es uno de los límites del triángulo de Koch cuando se pretende realizar ablación de taquiarritmias por reentrada nodal. También sirve para la ubicación del istmo cavo tricuspídeo durante la ablación del aleteo auricular. Se utiliza como referencia asimismo durante la punción transeptal, destinada al tratamiento de arritmias ubicadas en cavidades izquierdas, como ejemplo las taquicardias auriculares o el aislamiento de las venas pulmonares en el tratamiento de la fibrilación auricular.*

*Ademas se utiliza para la colocación de catéteres permanentes para la resincronización del ventrículo izquierdo.*

*Existen situaciones donde la ablación debe ser realizada dentro del seno coronario tanto en la cercanía del ostium como en la emergencia auricular de las vías accesorias involucradas (taquicardia de Coummel) a veces asociadas a divertículos del seno coronario, y otras donde la ubicación de la vía accesoria es de situación epicárdica y la única forma de poder acceder es a través de esta estructura.*

Por lo anteriormente expuesto, hemos investigado la válvula de Thebesio<sup>10</sup> encontrando seis patrones diferentes. Esto nos permite afirmar que el fracaso que se produce al no poder progresar catéteres a través del seno se debe a que la válvula es de tipo cribosa y justifican el 10% de imposibilidad de canulación del seno coronario.

### Los haces internodales

Estos haces se dirigen desde el nódulo sinusal hasta el nodo aurículo-ventricular o de Aschoff-Tawara. En número de cuatro, se denominan: anterior, medio o de Wenckebach, posterior o de Thorel, interauricular o de Bachmann. De todos los mencionados, el único con identidad anatómica es el haz interauricular; la existencia morfológica de los restantes está aún sujeta a debate.

La descripción de estos haces indica que el haz internodal anterior dejaría el margen del nódulo sinusal por la banda interauricular anterior descrita por Bachmann, conectando con la aurícula izquierda.

La parte proximal del techo de dicha aurícula donde se halla localizado este haz es un sitio donde existe conducción interauricular representada por fibras de miocardio paralelo que atraviesan el techo auricular de la aurícula derecha al apéndice de la izquierda.

Aunque no sean de conducción especializada, este tejido existe en este sitio debido a la orientación de las fibras y su extensión posterior hasta la proximidad con el nodo sinusal. Esta estructura representa el mecanismo de conexión de un atrio con el otro *y se intenta su ablación como parte de desconexión de circuitos entre ambos atrios en la fibrilación auricular.*

Mientras otra prolongación del haz bajaría por el tabique interauricular para contactar con la parte superior del nódulo AV, un haz internodal medio que sale del nódulo sinusal rodea por detrás la vena cava superior hasta llegar al tabique interauricular por el que desciende hasta el nodo.

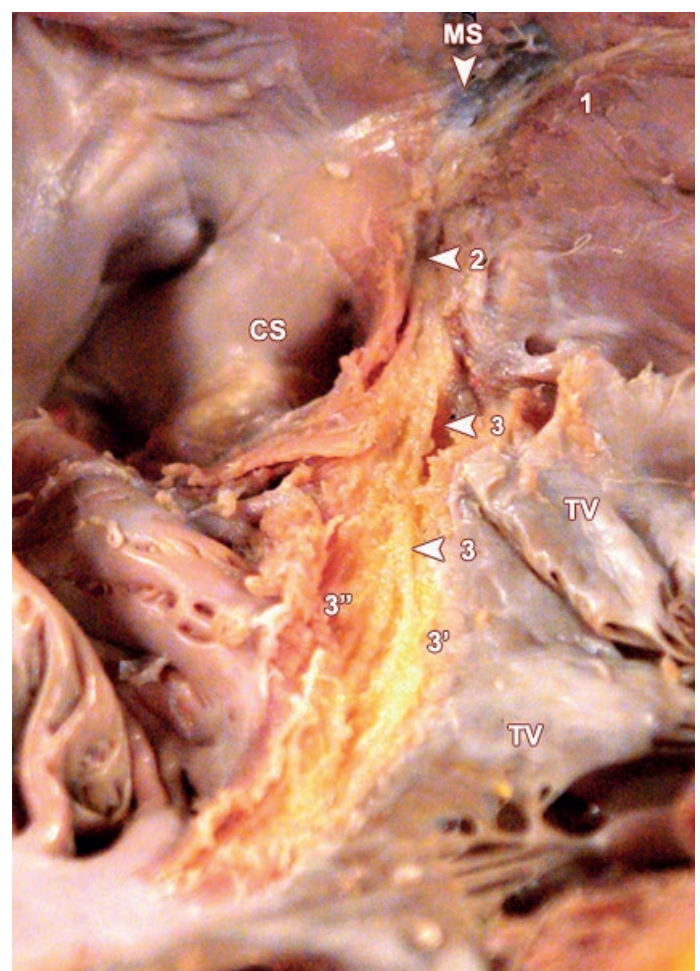
Y, por último, un haz internodal posterior que sale por detrás del nódulo sinusal discurre por la crista terminalis y se curva por el istmo cavo tricuspídeo hasta alcanzar el margen posterior del nodo.

*La aplicación quirúrgica del conocimiento de estos haces solo se utiliza para la prevención de la fibrilación auricular paroxística y consiste en el implante de marcapasos con catéter electrodo (autofijable) ubicado en la región donde se sitúa el haz de Bachmann.*

La comprobación electrofisiológica de que se está estimulando sobre este haz es cuando se observa un acortamiento de la onda P en 10 a 20 m.

En la **Fig. 5** se muestra una inusual prolongación del input posterior del nodo aurículo-ventricular, que no podemos considerar haz internodal, dado que no se ha demostrado que llegue al nódulo sinusal.<sup>8</sup>

El fascículo mencionado tiene identidad anatómica, histológica e inmunocitoquímica diferencial con respecto al resto del miocardio auricular. (Técnica: disección con lupa 10X de corazón formolizado)



**Fig 5:** 1) Rama derecha y haz de His. 2) Nodo aurículo-ventricular. 3) Prolongación posterior (input) del nodo. 3' y 3'') Bifurcación del input. TV) Válvula tricúspide. CS) Seno coronario. MS) Septum membranoso

### El nodo aurículo-ventricular o de Aschoff-Tawara

El nodo aurículo-ventricular es una estructura enteramente auricular que está situada sobre la base del tabique muscular y apoyada en la base de implantación de la valva septal de la tricúspide. El triángulo de Koch es una referencia aproximada para hallarlo.<sup>11-12</sup>

Este nodo se afina y se transforma en el haz de His en forma imperceptible desde el punto de vista anatómico. Emite dos ramas, la derecha y la izquierda.

Vale recordar que en el humano el haz de His en sí mismo es sumamente corto, dado que, casi inmediatamente después de nacer, emite los primeros ramos de la hemirrama posterior izquierda, para luego dar la rama derecha y la hemirrama anterior.

Asimismo, el haz de His se halla aislado eléctricamente del miocardio subyacente por el colágeno del trígono fibroso derecho o del septum membranoso.

*Esta relación explica la elevada tasa de bloqueo aurículo-ventricular posterior a la utilización de dispositivos de cierre cuando son usados para el cierre de comunicaciones interventriculares localizadas a este nivel.*

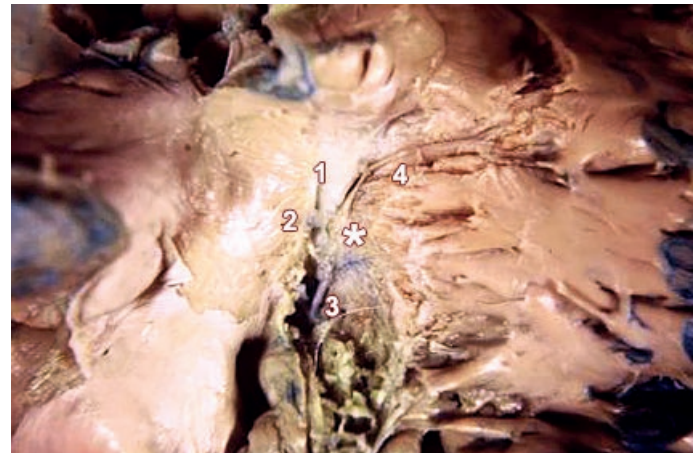
*Cuando se requiere interrumpir la conducción aurículo-ventricular en forma completa y permanente, la ablación se realiza sobre el vértice del triángulo de Koch, en la presunta zona de unión del nodo compacto y el haz de His. Se introduce el catéter de ablación dentro de la cavidad del ventrículo derecho y se va retirando hasta que se obtiene un registro del haz de His con máxima amplitud del potencial auricular, en una posición ligeramente posterior e inferior a la del máximo registro hisiano. Una vez estabilizado el catéter, se aplica radiofrecuencia; casi invariablemente se obtiene un ritmo acelerado de la unión aurículo-ventricular, para dar paso casi bruscamente al bloqueo aurículo-ventricular completo.*

En la **Fig. 6** se muestra una vista en detalle del nodo aurículo-ventricular, haz de His y rama derecha. Se observa el túnel que el haz labra al septum membranoso, aislándose en colágeno (penetrating bundle de los anglosajones).

A menudo este nodo se halla inmerso en el colágeno, por lo que la calcificación morbosa del mismo da origen a patologías de la conducción aurículo-ventricular.

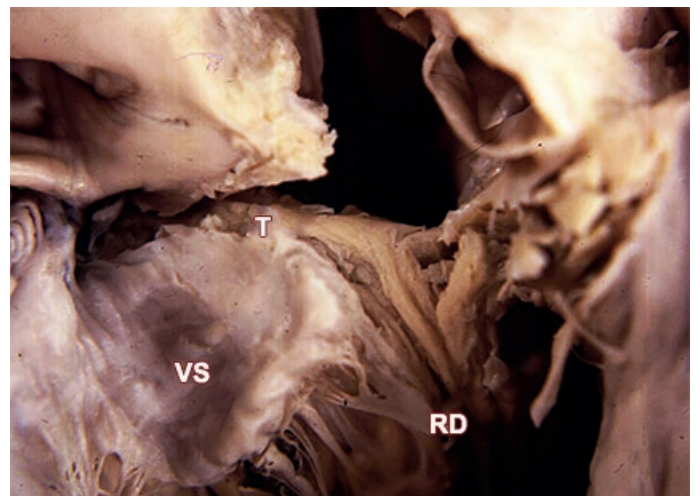
El ejemplo claro es la enfermedad de Lev. (Técnica: disección con lupa 10X de corazón formolizado).

En la **Fig. 7** el haz de His se halla en una situación fronteriza, cabalgando literalmente sobre el septum muscular. Se ha disecado el septum membranoso para visualizar la posición posterior del mismo. (Técnica: Disección con lupa 10X de corazón formolizado).



**Fig. 6:** 1) Septum membranoso. 2) Trígono fibroso derecho. 3) Arteria del nodo aurículo-ventricular. 4) Rama derecha. \*) Nodo aurículo-ventricular

En la **Fig. 8** vemos un detalle del nodo aurículo-ventricular y del haz de His aislados por colágeno. Se pueden observar los tamaños relativos, dado que se ha colocado una regla milimetrada que puede verse sobre el borde izquierdo de la fotografía superior. (Técnica: disección con lupa 10X de corazón formolizado).

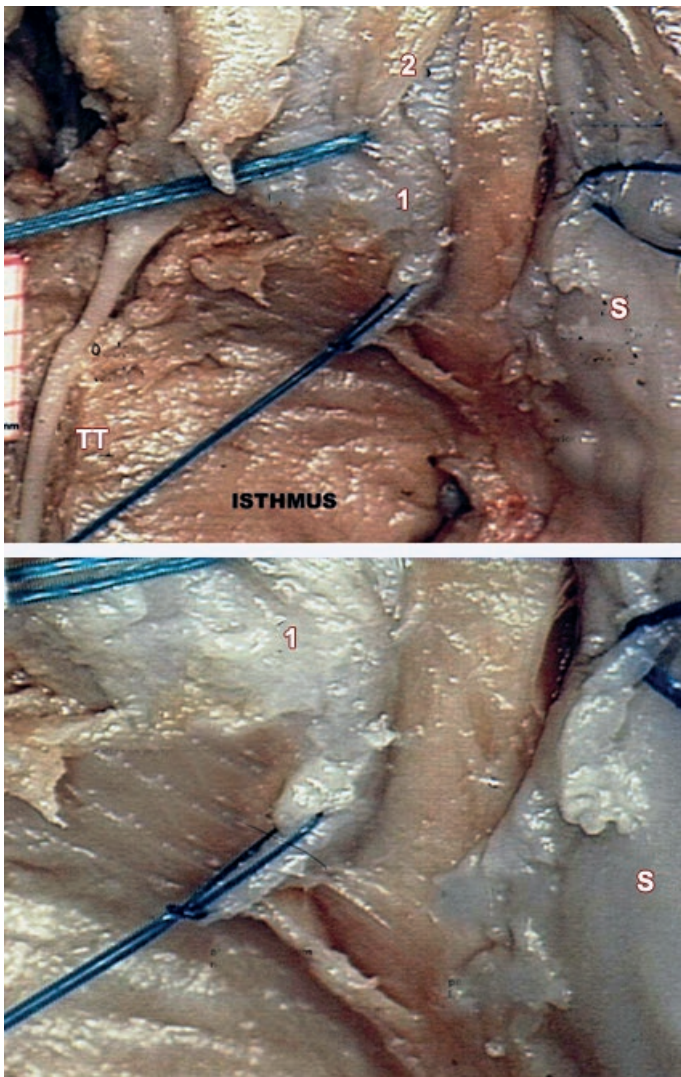


**Fig. 7:** VS) Valva septal. RD) Rama derecha. T) Tronco del haz de His

En algunas ocasiones, el haz de His no existe como entidad anatómica aislada, puesto que, en cuanto el nodo se afina, emite la rama derecha y los ramos de la hemirrama posterior izquierda.<sup>1-13</sup>

*La disposición izquierda del tronco del haz de His (que representa el 20% de casos) la hemos notado hace muchos años, sin darle mayor trascendencia que la anatómica.<sup>13</sup>*

*En vistas de los nuevos abordajes percutáneos de colocación de endoválvulas aórticas, nos ha llamado la atención que el índice de bloqueo aurículo-ventricular agudo que sufren los pacientes durante la colocación de estos dispositivos ronda el 20%.<sup>14</sup>*



**Fig. 8:** 1) Trígono fibroso derecho. 2) Septum membranoso. TT) Tendón de Todaro. S) Valva septal de la tricúspide

*Una vez más, a través del conocimiento anatómico se explican complicaciones electrofisiológicas. también explica que sea posible provocar bloqueo aurículo ventricular completo cuando se realizan ablaciones de esta región, tanto para arritmias, para taquicardias ventriculares como para provocar en forma deliberada el bloqueo.*

### La rama derecha del haz de His

La rama derecha lo abandona y forma un ángulo de 80° de concavidad inferior, para ir en busca del borde inferior de la banda septal, donde esta se une con la crista supraventricularis.

A partir de aquí cambia su recorrido y deja de ser subendocárdica para profundizarse en el miocardio de la banda septal de 1 mm a 1,5 mm aproximadamente. Dicha región es recorrida por el haz entre el músculo papilar del cono arterial (Luschka) por arriba y los pilares accesorios por debajo; una

vez pasado este desfiladero, vuelve a emerger del miocardio para recorrer lo que queda de banda septal, toma la superficie superior interna de la banda moderadora y, en general, donde esta se bifurca, comienza a subdividirse en dos prolongaciones que denominamos *parietal* y *papilar*.<sup>15</sup>

El trayecto total de la rama derecha puede estar dividido en tres sectores: dos subendocárdicos y uno intramiocárdico interpuesto entre ambos.

Al primero lo denominamos *valvular* por su íntima relación con la válvula tricúspide. Sus límites están comprendidos entre el desprendimiento del tronco del haz de His hasta el punto donde se encuentran las valvas anterior y septal de la tricúspide.

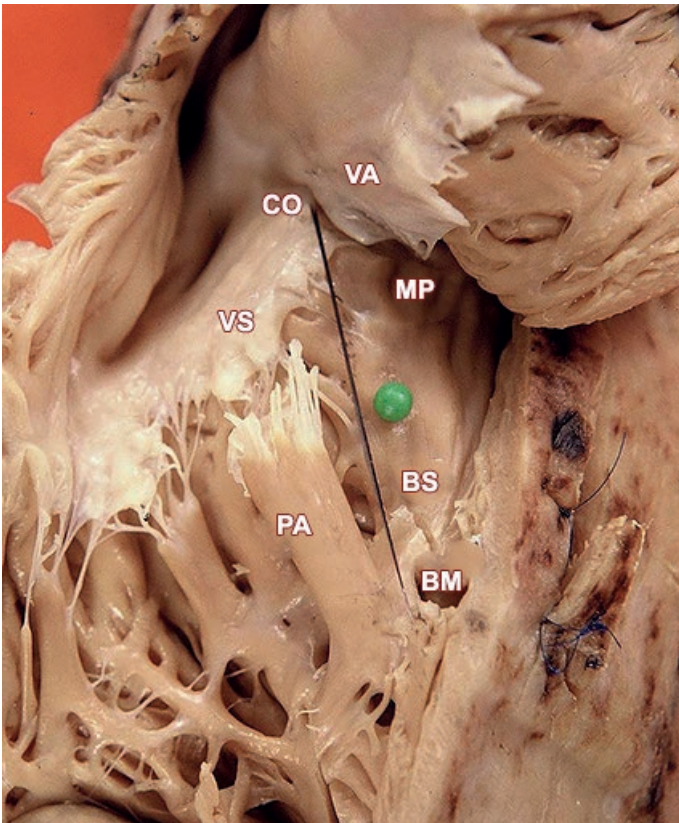
La segunda porción lleva el nombre de *miocardiopapilar*. Esta comprende todo su recorrido intramiocárdico y va desde el punto anterior hasta el doble y/o el triple de distancia (según el tipo de corazón) que exista entre este punto y el pilar del cono arterial.

La tercera porción se denomina septomoderadora y recorre lo que queda de banda septal desde el punto anterior hasta la bifurcación de la banda moderadora (cuando esta bifurcación existe) o hasta la base del músculo papilar anterior dando tres o más ramas.<sup>15</sup>

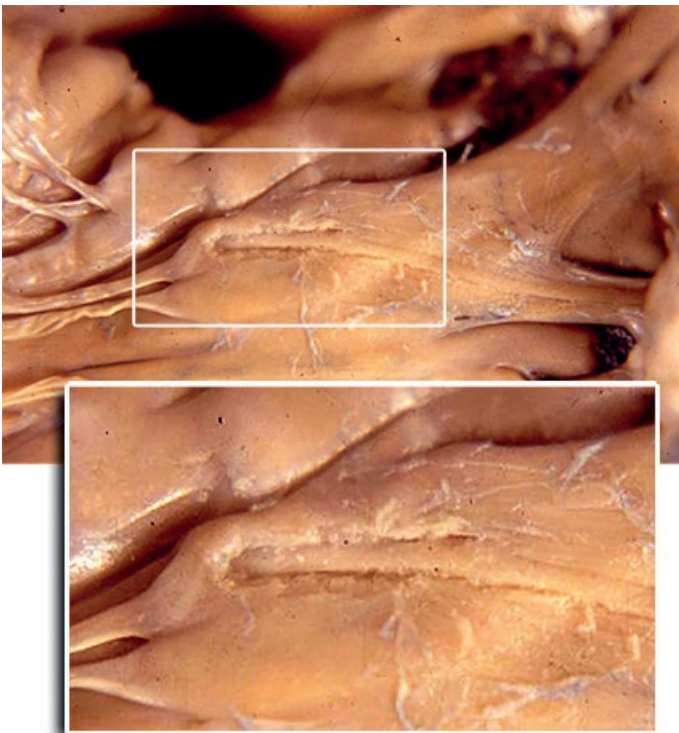
En el preparado anatómico de la **Fig. 9**, se observa el trayecto de la rama derecha. El círculo verde es el punto equidistante entre la comisura intervalvar y el lugar donde se desprende la banda moderadora. Este punto marca el lugar donde la rama derecha deja de ser intramiocárdica para hacerse nuevamente subendocárdica.<sup>19</sup> (Técnica: disección a ojo desnudo de corazón formolizado).

En la **Fig. 10** se muestra el recorrido de la rama derecha por la banda septal y moderadora. Puede observarse que, una vez que sobrepasa los pilares accesorios, se hace superficial y pasa de intramiocárdica a subendocárdica. (Técnica: disección con lupa 10X de corazón formolizado).

*En la ampliación inferior se puede observar el concepto de distinta profundidad que adopta en su recorrido la rama derecha debe ser utilizado para saber qué sector necesita mayor potencia para producir una ablación efectiva o que el sector distal se lesiona más fácilmente con el simple pasaje del catéter.*



**Fig. 9:** CO) Comisura intervalvar. VS) Valva septal. VA) Valva anterior. PA) Pilar anterior. MP) Músculo papilar del cono Lushka. BS) Banda septal. BM) Banda moderadora. La línea negra indica el trayecto de la rama derecha



**Fig. 10:** Recorrido de la rama derecha por la banda septal y moderadora. Abajo detalle ampliado

En la **Fig. 11** se observa la terminación de la rama derecha. Para abajo, se bifurca hacia el pilar anterior (tomado por una pinza) de la válvula tricúspide; para arriba, hacia la pared libre ventricular. (Técnica: disección con lupa 10X de corazón formolizado).



**Fig. 11:** Terminación de la rama derecha

*La rama derecha, dada su ubicación anatómica, es muy fácil de ser dañada, aun durante un estudio electrofisiológico simple, buscando obtener el potencial del haz de His.*

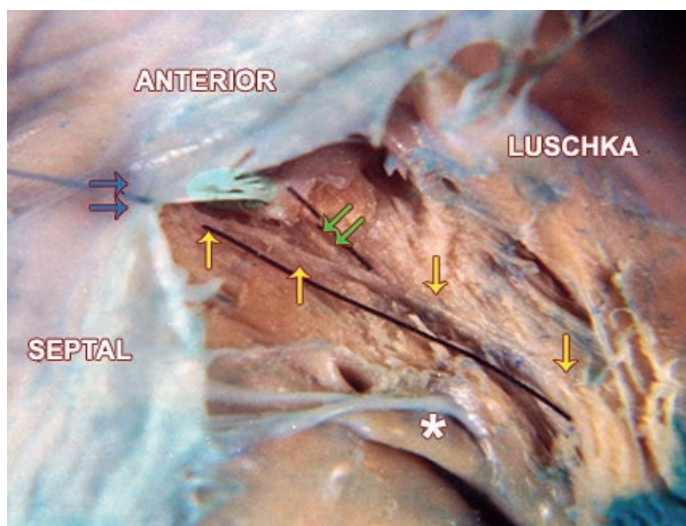
*Habitualmente el daño es reversible, pero suele ser permanente cuando, en ocasiones, se intentan ablacionar vías accesorias de ubicación para hisiana. En otras es el objetivo primario, como el tratamiento de taquicardias ventriculares con mecanismo de reentrada rama-rama.<sup>16</sup>*

#### Variaciones de la rama derecha del haz de His

El trayecto de la rama derecha, así como sus pequeñas variaciones en la tetralogía de Fallot y otras comunicaciones interventriculares, es conocido fundamentalmente por los cirujanos cardiovasculares pediátricos a través de dibujos. Es por eso que los bloqueos siguen siendo frecuentes en cirugía cardíaca, particularmente los trastornos de la conducción de la rama derecha.

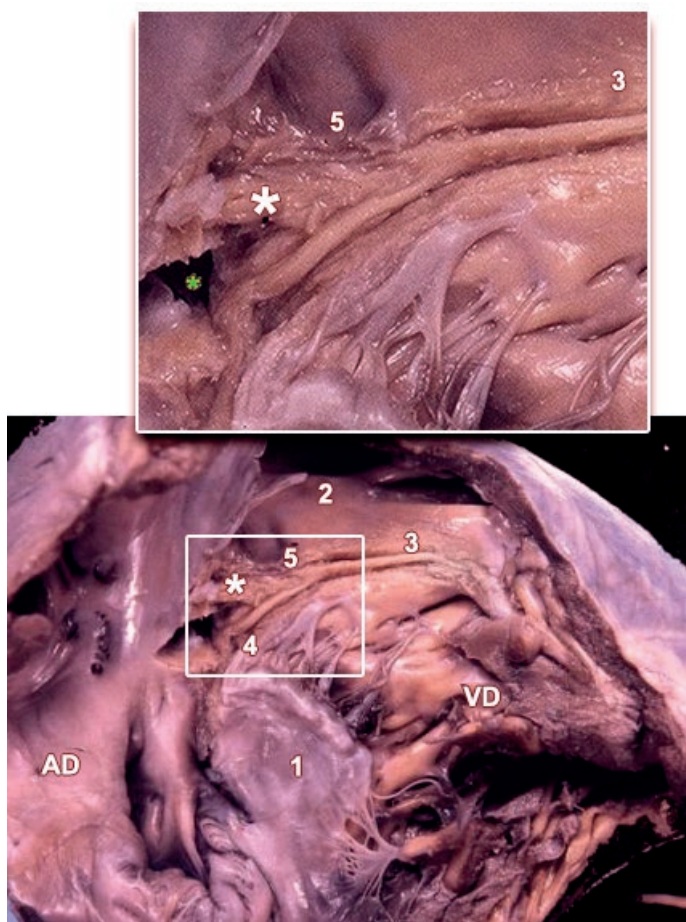
En la **Fig. 12** se observa el fascículo accesorio de la rama derecha que se dirige al infundíbulo pulmonar y pasa delante del pilar de Luschka. En esta fotografía se aprecia la rama derecha, correctamente situada entre el pilar de Luschka y los pilares septales accesorios. Se visualiza la rama accesoria bien definida desde su morfología (confirmado histológicamente (Técnica: disección con lupa 10X de corazón formolizado, tinción con azul de metileno)).





**Fig. 12:** El asterisco señala los pilares septales accesorios. Las flechas azules señalan la comisura entre la valva anterior y septal de la tricúspide. Las flechas amarillas señalan la rama derecha. Las flechas verdes señalan la rama accesoria

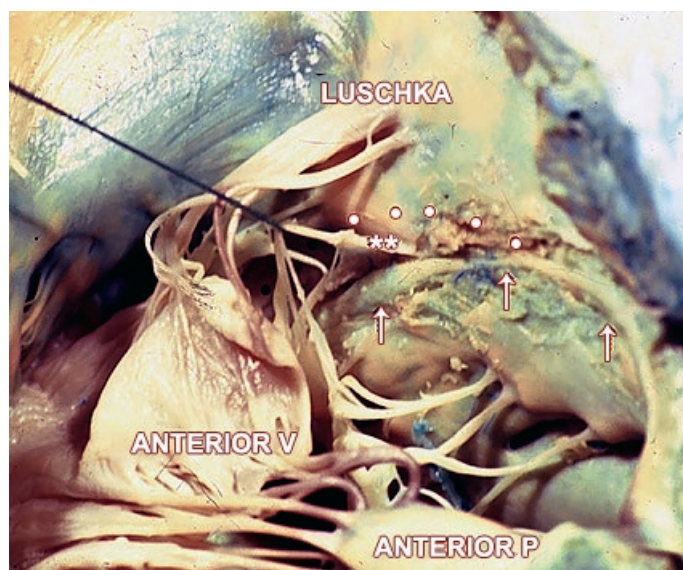
En la **Fig. 13** se observa la Rama accesorio de la rama derecha del haz de His, con variante que pasa por debajo del pilar de Luschkka. (Técnica: disección con lupa 10X de corazón formolizado).



**Fig. 13:** 1) Válvula tricúspide. 2) Tracto de salida del ventrículo derecho. 3) Rama derecha del haz de His. 4) Rama y haz de His, ya "a caballo" entre el septum membranoso y el muscular. 5) Haz que se dirige por debajo del pilar de Luschkka hacia el tracto de salida del ventrículo derecho. VD) Lado derecho del septum muscular. AD) Aurícula derecha. \*) Septum membranoso

En la **Fig. 14** se observa la Rama derecha que transcurre detrás de los papilares septales. Esta variedad tiene importancia a la hora de decidir dónde instalar un parche para el cierre de una comunicación interventricular o colocar un dispositivo Amplatzer®.

Algunos cirujanos creen que la zona posterior a los pilares accesorios es "zona segura" para el emplazamiento de suturas, ya que el sistema de conducción "jamás pasa por detrás de los dichos pilares". Este paradigma quirúrgico debe ser abandonado.



**Fig. 14:** ANTERIOR V) Valva anterior de la válvula tricúspide. ANTERIOR P) Pilar anterior. Los puntos señalan el trayecto "clásico" de la rama derecha. Las flechas señalan la rama derecha. Los asteriscos señalan los pilares septales accesorios

### La rama izquierda del haz de His

Fue descrita por varios autores en forma parcial, aunque Sunao Tawara le dio la entidad anatómica que realmente tiene o que, al menos, pensamos que tiene, si bien desconocía lo que estaba describiendo.

La rama izquierda tiene una forma semejante a la de un abanico (fan like structure de los anglosajones). En la mayoría de los casos, presenta dos ramos: un conjunto de fascículos se dirige hacia el sector anterior del septum y un grueso fascículo, hacia el posterior, y constituyen las ramas anterior y posterior, respectivamente.

La hemirrama anterior es la que –a nuestro criterio– merecería la descripción referida, porque presenta una primera porción en bloque (como la base del abanico) que luego se divide en múltiples ramificaciones de menor tamaño.

En cambio, la hemirrama posterior es un gran fascículo que, como una catarata, se origina desde el haz de His propiamente dicho. Aproximadamente en un 15% de los casos se halla una rama intermedia. Esta es más difícil de caracterizar anatómicamente, puesto que es una emergencia de la hemirrama posterior. En nuestras disecciones no hemos hallado una trifurcación de la rama izquierda.<sup>17</sup>

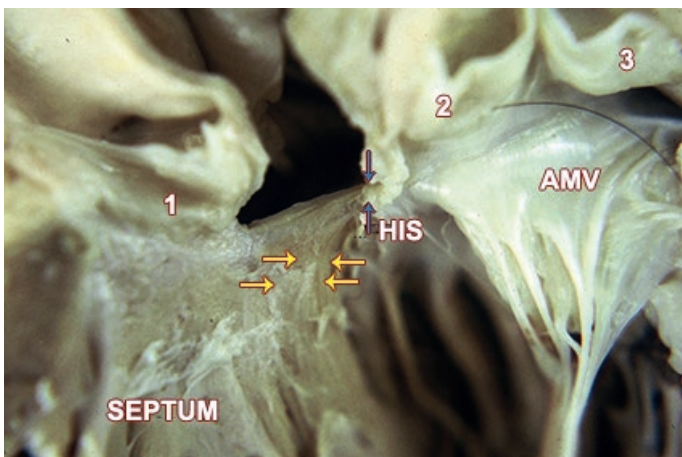
### La relación de la rama izquierda con la válvula aórtica

Basta recordar que el septum membranoso, en su parte más anterior, tiene íntima relación con el haz.

Si el cirujano tomase un punto de sutura por delante del septum membranoso, ¿bloquearía al paciente? Pues la experiencia dice que no. Porque el 80% de los haces de His se hallan totalmente sobre la faz derecha del septum interventricular, y por eso el cirujano tiene más margen para suturar el anillo valvular aórtico sin incurrir en bloqueos aurículo-ventriculares.<sup>18</sup>

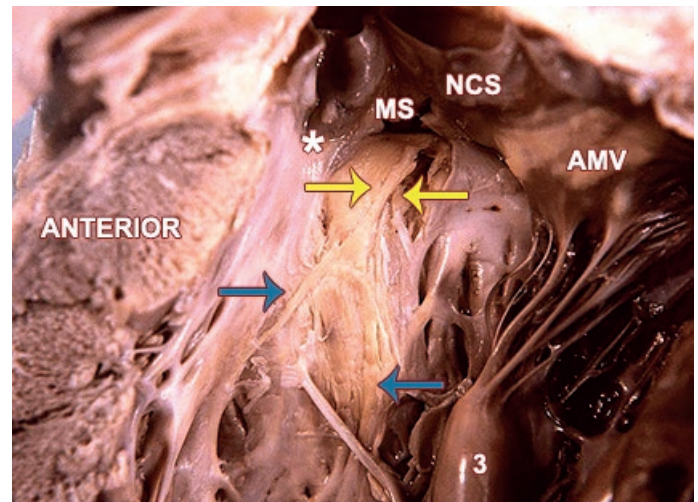
Por la ubicación de la rama izquierda, además, el hemibloqueo posterior aislado y puro es una rareza: para que se manifieste, el tamaño de miocardio necrótico debe ser tan grande o el daño estructural al haz de His tan importante que seguramente el paciente tendrá alguna de las restantes ramas involucradas.

La **Fig. 15** muestra la disposición general de la rama izquierda del haz de His. Se observa cómo hacia la derecha de la fotografía, el septum membranoso se encuentra abierto (Técnica: disección con lupa 10X de corazón formolizado).



**Fig. 15:** 1) Seno coronario derecho o anterior. 2) Seno no coronario. 3) Seno coronario izquierdo. AMV) Valva anterior de la válvula mitral. HIS) Haz de His. Las flechas azules señalan el tronco del haz. Las flechas amarillas señalan la rama izquierda

En la **Fig. 16** el corazón se visualiza desde el ventrículo izquierdo. La rama izquierda se halla, en esta ocasión, como una cinta perfecta. El septum membranoso se ha elevado un poco para poder observar el haz de His, que emite la rama izquierda. En este caso, es un haz perfectamente alineado con el septum, ni a la derecha, ni a la izquierda. (Técnica: disección con lupa 10X de corazón formolizado).



**Fig. 16:** 1) Músculo papilar lateral. 3) Músculo papilar anterior. AMV) Valva anterior de la mitral. NCS) Seno no coronario. MS) Septum membranoso. \*) Seno coronario anterior o derecho, apoyado sobre el septum. Las flechas amarillas señalan la rama izquierda. Las flechas azules señalan la hemirrama anterior y la posterior

*En la transición de esta rama con el sistema de Purkinje suele ubicarse el sustrato de un tipo de arritmia ventricular denominada taquicardia ventricular idiopática sensible al verapamilo. Esta arritmia es pasible de tratamiento por radiofrecuencia; pero no es raro que, cuando la ablación de este sustrato es efectiva, también se involucre a esta rama teniendo como resultado final de la ablación exitosa un hemibloqueo agregado en forma permanente.*

En el humano el haz de His como estructura independiente casi no existe. El haz comienza cuando el nodo a-v se afina, lo hace "a caballo" del septum interventricular, como vimos en las fotografías; pero, casi inmediatamente comienza a emitir fascículos hacia la izquierda, como las hojas de un sauce, que son la hemirrama posterior izquierda. Luego, finalizando, emite la rama derecha y la hemirrama anterior izquierda.

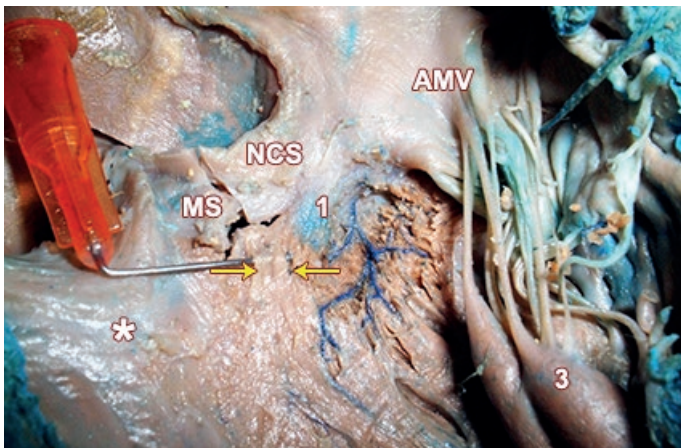
Por supuesto, variedades existen, así como la consabida rama media de la rama izquierda, pero estimamos que, como concepto electrofisiológico, existen dos corrientes eléctricas: una anterior y una posterior.

El estudio y conocimiento anatómico detallado, como así también el electrocardiográfico, llevó a los doctores Rosembaum y Elizari a describir el magistral concepto anatomofuncional de los "hemibloqueos".

Es importante detenernos en este concepto, puesto que en algunas ocasiones se podría diseccionar una "rama intermedia" del haz, pero la realidad marca que una corriente se dirige hacia delante y la otra hacia atrás (en sentido eléctrico) y anatómicamente existen dos segmentos de sistema de conducción del lado izquierdo que hacen exactamente lo mismo.

Otras interpretaciones no han logrado superar la prueba del tiempo como lo ha logrado esta definición.

En la **Fig. 17** se muestra la rama izquierda del haz, cargada sobre una aguja mosquito. Se ha extraído el músculo subaórtico para visualizar la vascularización. Puede observarse cómo el haz de His otorga continuamente ramas hacia la "rama" propiamente dicha (fan like structure de los anglosajones). Este es el sitio en donde, si se desea, se puede ampliar el anillo aórtico o reseccionar el septum con total seguridad, desde el nadir del seno coronario derecho hacia el izquierdo. La posibilidad de lesionar el sistema de conducción es casi inexistente. (Técnica: disección con lupa 10X de corazón formalizado, tinción con Butaclor).



**Fig. 17:** 1) Músculo subaórtico extraído. 3) Músculo papilar anterior de la válvula mitral. AMV) Valva anterior de la válvula mitral. NCS) Seno no coronario. MS) Septum membranoso. \*) Seno coronario anterior o derecho aórtico, alejado del sistema de conducción. Las flechas amarillas señalan la hemirrama posterior

*Buscado el sitio de estimulación definitiva ideal, se ha demostrado que realizando la misma desde la cercanía del tronco del haz de His se produce una estimulación más fisiológica, casi equiparable a la normal, en contraposición a la estimulación definitiva desde el ápex de ventrículo derecho. Actualmente existen estu-*

*dios multicéntricos tendientes a demostrar que la estimulación desde el tronco del haz de His sería el sitio de elección para el implante de marcapasos para pacientes con bloqueos cardíacos completos.*

## Discusión

Para el tratamiento de las arritmias cardíacas, es necesario un profundo conocimiento anatómico, el cual se halla detallado en esta presentación.

Tal vez lo más notable de estas páginas es la desmitificación de la existencia del haz de His como entidad anatómica de largo considerable, dado que la rama izquierda prácticamente comienza a originarse desde el inicio del mismo, circunstancia diferente a la de los unguilados y los cánidos, modelos habituales del estudio del sistema de conducción.

Hemos jerarquizado como una entidad de cuyo conocimiento anatómico se debe tener la mayor precisión puesto que no solo está en relación íntima con los elementos del sistema de conducción sino que el mismo es utilizado como vía del tratamiento o anclaje de catéteres.

Baste recordar que los autores hemos hecho hincapié en la zona del istmos desde el punto de vista morfológico y no microscópico, puesto que, al electrofisiólogo le interesa sobremanera ubicarse espacialmente.

Es por este motivo que no se han incluido fotografías del sistema de conducción desde el punto de vista histológico o inmunocitoquímico, ni nombrado a las conexinas, los neurofilamentos y otros elementos del sistema que no hacen a la anatomía del mismo.

Si bien los autores tienen extensa experiencia en marcar al sistema de conducción con anticuerpos, consideramos que excedía los límites impuestos por el título. Por este motivo, se detallan las vías internodales y los inputs del nodo AV sólo si se ven, como corresponde a la anatomía.

Las limitaciones del presente trabajo se hallan en que no hemos podido diseccionar haces de Kent o haces anómalos, puesto que en los más de 1000 corazones humanos en los que hemos trabajado no tuvimos la suerte –o no supimos identificar– tales haces durante la disección con lupa de 10 y 20X, por lo que podemos aseverar que estos circuitos eléctricos están formados por canales preferenciales de células que se activan electrofisiológicamente y que solo pueden ser identificados eléctricamente in vivo.

## Conclusiones

Existen ejemplos en donde la medicina y la investigación se unen y generan un golpe de timón en el campo que investigan. Lo generó Sunao Tawara al describir el nodo aurículo-ventricular y la rama derecha, y reconocer sus limitaciones en la descripción de la rama izquierda. De la misma manera, Keith y Flack, con el nódulo sinusal, y Rosebaum y Elizari, con la rama izquierda.

Desde ese entonces, el conocimiento anatómico del sistema de conducción aguardó el desarrollo de la tecnología para ser aplicado. Marcapasos, tratamiento de diferentes arritmias, sistemas de estimulación para resincronizar las distintas cavidades, todo esto es posible gracias al desarrollo de la tecnología desde la década del 60.

Hoy día se realizan miles de ablaciones del haz de His, de los haces anómalos, de los haces musculares del miocardio de trabajo (como el haz de Kent), ablaciones directas del nodo, ramas del haz, estimulación selectiva de cavidades, etc... Pero todo esto siempre acompañado con el conocimiento anatómico avanzado.

En esta presentación se ha mostrado, el sistema de conducción con sus variaciones anatómicas. Tratando de generar un nuevo aporte al entendimiento de la anatomía del sistema cardionector y el seno coronario para que este mismo pueda ser aplicado al tratamiento de las distintas patologías que lo afectan.

## Referencias

1. Abuin, G.; Barceló, A.; Cichero, F. *El ABC del corazón*. Buenos Aires, Carlos F. Cichero Editor, 2010.
2. Berdajs, D.; Patonay, L.; Turina, M.I. *The clinical anatomy of the sinus node artery*, en *Ann Thorac Surg* 2003; 76:732-735.
3. Anderson, K.R.; Ho, S.Y.; Anderson, R.H. *Location and vascular supply of sinus node in human heart*, en *Br Heart J* 1979; 41:28-32.
4. Arid, J.M.; Armstrong, O.; Rogez, J.M.; Robert, R.; Lardoux, M.C.; Leborgne, J. *Arterial vascularisation of the atrioventricular node*, en *Surg Radiol Anat* 2000;22(2):93-96.
5. Cabrol, C.; Christides, C. *Vascularisation des noeuds sino-auriculaire et atrio-ventriculaire*, en *Arch Mal Coeur* 1975; 12: 1237-1242.
6. James, T.N. *Anatomy of the coronary arteries*. Paul B. Hoeber, Inc, New York, 1971.
7. Ho, S.Y.; Anderson, R.H.; Sánchez-Quintana, D. *Atrial structure and fibres: morphologic bases of atrial conduction*, en *Cardiovasc Res* 2002, 54:325-336.
8. Barceló, A., De La Fuente, L.M. and Stertz, S.H., *Anatomic and Histologic Review of the Coronary Sinus*, en *Int. J. Morphol* 2004, 22(4):331-8.
9. Hellerstein, H.K.; Orbison, J.L.; *Anatomic variations of the orifice of the human coronary sinus*, en *Circulation* 1951, 3:514-523.
10. Torres, F.; Rossari Pandini, L.; Picchio, E.; Barceló, A.; Cichero, F. *Válvula sinus coronaria: ¿una dificultad para el cateterismo del seno coronario?*, en XLVI Congreso Argentino de Anatomía, Corrientes, Argentina, septiembre 2009.
11. Anderson, K.R.; Murphy, J.G. *The atrio-ventricular node artery in the human heart*, en *Angiology* 1983;34(11):711-716.
12. Cichero, F.; Abuin, G.; Guardo, S. *Variaciones anatómicas en el trayecto y relaciones de la rama derecha del Haz de His*, en Actas XXVII Congreso de la Asociación Rioplatense de Anatomía 1989, La Plata.
13. Abuin, G.; Barceló, A.; Cichero, F.; Shimji, K.; Perel, A.; Del Río, L. *By-pass a la primera septal. Justificación anatómica y coronariográfica*, en Actas XXVIII Congreso de la Asociación Rioplatense de Anatomía 1990, Rosario.
14. Godin, M. et.al. *American Journal of Cardiology* 106 issue 5;707-712 1º sept. 2010.
15. Cichero, F.; Abuin, G.; Guardo, S. *Variaciones anatómicas en el trayecto y relaciones de la rama derecha del Haz de His*, en Actas XXVII Congreso de la Asociación Rioplatense de Anatomía 1989, La Plata.
16. Marchlinski, F.E.; Leong-Sit, P. *Learning before burning: The importance of anatomy to the electrophysiologist*, en *Heart Rhythm* 2009; 6:1199-1201.
17. Abuin, G.; Nieponice, A. *New findings on the origin of the blood supply to the atrioventricular node: clinical and surgical significance*, en *Tex Heart Inst J* 1998; 25(2):113-117.
18. Cichero, F.; Abuin, G.; Barceló, A.; Gallo, G.; Guardo, S. *Variaciones anatómicas de la región septovalvulomembranosa cardíaca*, en Actas XXIX Congreso de la Asociación Rioplatense de Anatomía, ob. cit.