

Departamento de Ciencias Morfológicas (Anatomía Humana)

Facultad de Medicina

Universidad de Granada.

T E S I S   D O C T O R A L

"APORTACIONES AL ESTUDIO DE LA INERVACION INTRAPARIETAL  
CARDIACA: ELEMENTOS EXTRINSECOS E INTRINSECOS EN LOS  
VENTRICULOS" (Análisis en el hombre, gato, carnero y  
ternera).

Por

**M<sup>a</sup>. ANGELES FERNANDEZ MARTIN**

Director

Dr. D. José Soler Viñolo  
(Prof. de Investigación del C.S.I.C.)

UNIVERSIDAD DE GRANADA

ACTA DEL GRADO DE DOCTOR EN MEDICINA

Curso de 19 88 a 19 89

Folio 52<sup>ota</sup>

Número 105

Reunido en el día de la fecha el Tribunal nombrado para el Grado de Doctor de D. N<sup>o</sup> Felipe Fernández Marín, el aspirante leyó un discurso sobre el siguiente tema, que libremente había elegido: "Aperturas al estudio de la inervación intra y extraocular. Elementos exteiores e interiores de los ventriculos"

Terminada la lectura y contestadas la objeciones formuladas por los Jueces del Tribunal, este le calificó de ópto "Cum laude"

Granada 23 de Junio de 19 88

EL PRESIDENTE,

Fdo.: J. ARCADIO ROCA MORENO

El Secretario del Tribunal,

Fdo.: JOAQUÍN ESPÍN FERRÁ

EL VOCAL,

Fdo.: ANTONIO CAMPOS RUIZ

EL VOCAL,

Fdo.: J. VICENTE SANZ CASADO

EL VOCAL,

Fdo.: J. FRANCISCO JAZ VILZ

FIRMA DEL GRADUANDO,

Dpto.: Ciencias Morfológicas



UNIVERSIDAD DE GRANADA  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS  
MORFOLOGICAS

Teléf. 20 04 62

18012 - GRANADA

JOSE SOLER VIÑOLO, Doctor en Medicina y Cirugía, Profesor de Investigación del C.S. de I.C., adscrito al Departamento de Ciencias Morfológicas (Anatomía Humana) de la Facultad de Medicina de la Universidad de Granada:

**C E R T I F I C O:** Que Dña. M<sup>a</sup>. ANGELES FERNANDEZ MARTIN, Licenciada en Medicina y Cirugía, ha realizado bajo mi dirección en el Departamento de Ciencias Morfológicas (Anatomía Humana) de esta Universidad, los trabajos de investigación correspondientes a su Tesis Doctoral sobre: **"APORTACIONES AL ESTUDIO DE LA INERVACION INTRAPARIETAL CARDIACA: ELEMENTOS NERVIOSOS EXTRINSECOS E INTRINSECOS EN LOS VENTRICULOS"** (Análisis en el hombre, gato, carnero y ternera).

Este trabajo ha terminado con aprovechamiento en el día de la fecha y el que suscribe ha revisado la presente Tesis Doctoral, y la cree conforme para su presentación a ser juzgada.

Y para que conste y surta efectos oportunos ante el Tribunal que la ha de juzgar, firmo el presente certificado en Granada, a nueve de Marzo de mil novecientos ochenta y nueve.

DIRECTOR DE LA TESIS

Fdo. Prof. José Soler Viñolo

A mis padres y a José Antonio

I N D I C E

	Pags.
I.- INTRODUCCION .....	1
II.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
III.- RESUMEN HISTORICO .....	6
IV.- MATERIAL Y METODOS .....	89
V.- RESULTADOS OBTENIDOS .....	96
VI.- CONSIDERACIONES Y DISCUSION .....	158
VII.- RESUMEN Y CONCLUSIONES .....	194
VIII.- BIBLIOGRAFIA CONSULTADA .....	199

INTRODUCCION

Finalizados los estudios de Medicina en esta Facultad, una vez obtenido el grado de licenciado entré en contacto, en el Departamento de Ciencias Morfológicas (Anatomía Humana) de esta Universidad, con el profesor de Investigación Dr. D. José Soler Viñolo, a fin de continuar las enseñanzas recibidas y poder obtener el título máximo que ella nos puede otorgar y, sobre todo, para iniciarme en el camino de la Investigación.

Así pues, puestos en contacto, con el profesor de Investigación Dr. D. José Soler Viñolo, me ofreció la oportunidad de poder trabajar con él, en un campo tan apasionante y desconocido, como lo es el Sistema Nervioso Autónomo.

Ya en el citado Departamento y una vez adquirida la formación técnica debida bajo la dirección del profesor Soler, comenzamos el estudio de la distribución y localización de los diferentes tipos de elementos nerviosos que existen en los ventrículos, sus características morfológicas y el modo de terminar dichos elementos nerviosos dentro de sus estructuras.

Como en la elaboración de este trabajo han colaborado algunos miembros del Departamento, queremos expresar nuestro agradecimiento a todas las personas que han hecho posible su realización.

En primer lugar, al profesor del C.S.I.C. Dr. D. José Soler Viñolo, por su dirección, paciencia y ayuda constante. A él, se debe, en justicia, la realización de esta Tesis Doctoral.

También nuestra gratitud a los Directores de este Departamento así como al resto de los profesores que lo integran por sus ayudas y sugerencias. Al "Consejo Superior de Investigaciones Científicas", gracias a cuya ayuda económica, (Proyecto nº 40338-99 sobre: "Bases Morfológicas Nerviosas en la Dinámica Cardiovascular", del cual es investigador principal el profesor Soler Viñolo y en el que intervinieron un equipo de colaboradores entre los cuales nos encontramos), ha sido financiado este trabajo.

A la Facultad de Medicina, y al Consejo Superior de Investigaciones Científicas, que nos ha brindado medios y oportunidad de colaborar con uno de sus más valiosos investigadores.

Finalmente nuestra gratitud al personal auxiliar del Departamento de Ciencias Morfológicas, especialmente a Dña. Rosario Alferez Jiménez del Barco, a Dña. Ascensión Muñoz Gijón, por su colaboración en fotografía y preparación del material respectivamente y a Dña. María Limonchi Díaz, por su colaboración en el mecanografiado del texto.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El auge que en la actualidad han adquirido los trasplantes de órganos, hace cada vez más preciso el conocimiento exacto de las bases morfológicas nerviosas que abastecen a éstos y el papel que desempeñan cada uno de los elementos neurales en las diferentes actividades funcionales orgánicas.

Si nos referimos al corazón, aunque desde siempre se ha insistido en el estudio de los elementos nerviosos de este órgano, como veremos, y la bibliografía existente sobre el particular es muy abundante, aún faltan muchos datos por puntualizar, debido, sobre todo, a las deficiencias de las técnicas de estudio y aparatos usados en los análisis.

Estas causas motivaron que Soler y sus colaboradores (**TALLON BARRANCO, 1984; SOLER y LOPEZ SOLER, 1985; SOLER, MEGIAS, RODA y LOPEZ SOLER, 1985, SOLER, LOPEZ SOLER y RODRIGUEZ LOZANO, 1985; RODRIGUEZ LOZANO; 1987; SOLER y LOPEZ SOLER, 1988**, utilizando nuevo utillaje y técnicas más perfectas, orientaron sus investigaciones en este sentido, tomando como base los trabajos previos realizados por el citado investigador y sus colaboradores de entonces (**SOLER, 1952, 1953, 1954, 1955, 1956 a,b, 1951; AGUSTIN, 1951, DURAN, 1952; PESO, 1954; CORZO, 1955; PEREZ ARTACHO, 1957; y CUESTA JIMENEZ, 1959**), además de los de otros

investigadores que le precedieron.

Para la realización de tales trabajos se nos encomendó a cada uno de sus actuales colaboradores y bajo su dirección, el análisis de parcelas concretas del corazón humano y de ciertas especies animales, utilizando técnicas y puntos de vista diferentes, para contrastar resultados.

En dichas investigaciones, al formar nosotros parte del equipo, según hemos indicado, se nos asignó la labor de estudiar en el hombre, gato, carnero y ternera la inervación de los ventrículos cardiacos, en cortes semiseriados por congelación y mediante técnicas de impregnación argéntica, centrando nuestros análisis en los siguientes puntos:

- a) Comprobar la existencia o no de ganglios cardiacos ventriculares.
- b) Zonas y vías de llegada de los nervios cardiacos al ventrículo.
- c) Modo de distribución intraparietal de los nervios ventriculares en sus distintas capas y ganglios.
- d) Dispositivos metaterminales o terminales de las fibras nerviosas en los ganglios y estructuras cardiacas parietales.

Estos estudios fueron realizados después de obtener la adecuada formación técnica, y haber hecho una revisión de la bibliografía principal sobre el tema; extremos estos que puntualizamos en los capítulos correspondientes de material y métodos y resumen histórico del problema respectivamente.

A continuación presentamos los resultados obtenidos en nuestro análisis, que más adelante concretaremos ante este digno Tribunal, para ser juzgados como Tesis Doctoral.

RESUMEN HISTORICO SOBRE LA INERVACION VENTRICULAR

El conocimiento de ramas nerviosas y grupos ganglionares en las paredes de los ventrículos se remonta a épocas anteriores a las de la aparición de las técnicas microscópicas.

Así por ejemplo, en el siglo XVIII, SCARPA (1794) a simple vista, mediante técnicas de disección (en el hombre y otros mamíferos, como el buey y el caballo), hace una descripción bastante completa de los plexos coronarios derecho e izquierdo. Indica como se forman estos plexos; el trayecto que siguen desde su origen, satélites a las arterias coronarias, hasta terminar en el vértice del corazón. Descubre su situación subepicárdica, y además indica que, durante su trayecto, poseen pequeños engrosamientos, los cuales identifica como acúmulos ganglionares. También indica como los citados plexos, a intervalos diferentes, van dando ramas nerviosas que se introducen en el espesor del miocardio para abastecerlo de inervación.

Si analizamos los resultados obtenidos en el siglo XIX, primero a simple vista por disección, y después mediante técnicas rudimentarias de microscopía (disociación con transparentación y cortes finos combinados con técnicas primitivas de contraste) se observa como se van puntualizando ciertos datos sobre la inervación parietal ventricular.

Así **REMAK** (1838, 1839, 1844), mediante observaciones microscópicas en el hombre, ternera, oveja y cerdo confirma los resultados de Scarpa sobre la existencia de células nerviosas en alguno de los nervios ventriculares; también indica que los nervios que llegan a las capas profundas del miocardio, sobre todo en el septum atrial, llevan consigo algunas células nerviosas.

Igual le ocurre a **LEE** (1849) que, en el hombre, cobaya y buey, llega a iguales conclusiones a las indicadas por Scarpa y Remak; además, en material fresco de buey, analiza las finas ramificaciones de los nervios cardiacos.

**BIDDER** (1852, 1869), en material fresco de rana sitúa los ganglios en la parte más inferior del septum atrial en la zona de entrada de los nervios del septum ventricular; y también analiza las finas ramificaciones de los nervios cardiacos.

**CLOETTA** (1853), en cambio, tras estudios microscópicos niega la existencia de células nerviosas intramiocárdicas.

**VON KOLLIKER** (1862, 1867) al describir los resultados obtenidos en material fresco sin teñir del corazón de la rana y mediante el proceder de disociación, distingue dos tipos de fibras cardiacas: unas procedentes del vago y otras fibras ganglionares, las cuales se conducen de manera similar: los pequeños troncos y ramas con acúmulo de células ganglionares, al dividirse, se transforman en ramitas más finas, las cuales forman amplias mallas entre los haces musculares secundarios; de estos retículos o plexos y de las ramitas más finas se originan fibrillas terminales, las cuales se encuentran en gran cantidad dentro de los haces musculares, en donde aún experimentan más divisiones; estas ramitas se introducen entre las células musculares y probablemente acaban en ellas en forma de

terminaciones libres.

Para **KRAUSE (1868)**, mediante análisis en material fresco de conejo, el modo de terminar de las fibras mielínicas de los nervios cardiacos es en forma de placas motoras.

**SCHWEIGGER-SEIDEL (1871)** indica que los haces nerviosos que inervan el músculo cardiaco están interconectados, son ondulados y constan principalmente de fibras amielínicas; en el perro las fibras finas nucleadas, tras ramificaciones repetidas, forman un plexo; en la rana se ramifican entre las células musculares cardiacas y se adosan estrechamente a ellas, formando íntimo contacto con la sustancia contráctil.

**SCHILLAREWSKI (1872)**, como los anteriores investigadores citados, encuentra algunas células nerviosas en los ventrículos de los mamíferos y puntualiza además que varía el grado en que estas células se extienden más allá del surco coronario en los diferentes mamíferos.

En cambio **SKWORZOW (1874)** encuentra pocas o ninguna célula nerviosa en el epicardio ventricular del corazón de ternera.

**LANGERHANS (1873)**, tras estudios en animales de sangre fría y caliente, dice que las fibras finas intraparietales se originan de las fibras nerviosas nucleadas y se entrecruzan diagonalmente con las células musculares; el modo de terminación de estas fibras nerviosas sobre las células musculares cardiacas es en forma de un ensanchamiento triangular.

**ENGELMANN (1875)**, en el corazón de la rana, indica que sólo existen fibras nerviosas en la base de los ventrículos y el resto del tejido muscular de estos no está inervado.

**GERLACH (1876)** estudia las terminaciones nerviosas en la musculatura del corazón de la rana, empleando tinciones de picro-carmin e impregnaciones auricas; este investigador es el que, hasta esta época, hace una descripción más detallada sobre la inervación del músculo cardiaco: distingue un plexo fundamental, un retículo perimuscular y otro intramuscular; el plexo fundamental contiene pequeños ganglios y células nerviosas espaciadas; el retículo perimuscular tiene su origen en fibras del plexo fundamental, las cuales son amielínicas, miden de 1,5 a 2 micras de diámetro y adosadas a ellas se encuentran núcleos husiformes, pero en los puntos de bifurcación los núcleos son de perfil triangular; el retículo perimuscular lo forman ramas entrecruzadas que se sitúan entre la superficie de los haces musculares, siendo la morfología de los espacios de este retículo multiangulares y elongados; finalmente las fibras finas del retículo intramuscular, caminan entre las células musculares cardiacas paralelas a estas últimas e interconectadas entre sí por ramas horizontales y diagonales; estas últimas fibras tienen pequeño diámetro (0,25 micras), siguen un curso ondulado o en zigzag, muestran pequeñas varicosidades, no contactan con los núcleos de las células musculares cardiacas, sino que más bien parecen atravesar el protoplasma de dichas células musculares.

**DOGIEL**, a partir de 1877 hasta 1914, realiza una serie de estudios sobre la inervación cardiaca junto con alguno de sus colaboradores (**DOGIEL, 1877, 1882, 1890; TUMANZEW y DOGIEL, 1890; DOGIEL, 1895, 1898, 1899, 1907, 1914**); en estos trabajos estudia la inervación del corazón del hombre, muchos mamíferos comunes y, además los de la rana y la tortuga, mediante tinciones fundamentalmente de azul de metileno, orientando estos trabajos bajo distintos puntos de vista y analizando diferentes áreas cardiacas. El hecho más fundamental a destacar es que este investigador fué uno de los primeros en describir las terminaciones nerviosas aferentes o sensitivas en los mamíferos

presentando una serie de esquemas de terminaciones complejas sin encapsular, las cuales localiza fundamentalmente en los tejidos subepicárdico y en el endocardio del corazón. En lo que se refiere a la materia de nuestro estudio indica que los grupos ganglionares de los ventrículos son observados raramente, no obstante encuentra algunas células nerviosas en los ventrículos de distintos mamíferos, y estas las localiza en áreas ventriculares próximas al surco auriculoventricular y más o menos inferiores a este en relación con la especie animal analizada. Entre las células nerviosas describe varios tipos, ateniéndose a su morfología y número de ramificaciones; en cuanto a las fibras nerviosas las describe, como lo hicieron otros investigadores anteriores, formando un plexo fundamental y dos retículos: el secundario localizado en la superficie de los haces musculares, y el retículo terciario dentro del haz. No pudo encontrar las terminaciones nerviosas de aspecto de "Knopfchen" descritos por otros investigadores en el músculo cardíaco en la rana y tortuga, sin embargo observa ciertos "Verelickungen" al final de las fibras finas; también indica que las finas fibras nerviosas caminan paralelas a y entre las fibras musculares.

**FISCHER (1877)**, utilizando la técnica de cloruro de oro en el músculo cardíaco del perro, obtiene resultados similares a los indicados, aunque concreta varios puntos, a saber: distingue un plexo fundamental y un retículo nervioso intermuscular. A través de repetidas ramificaciones, los gruesos haces fibrosos de 15 a 27 micras, que se originan del plexo fundamental, se dividen en haces de grosor medio, que alcanzan un diámetro de 3 a 10 micras y en finas fibras individualizadas de 1 micra; estas caminan entre las fibras musculares, paralelas a las últimas; estas fibras nerviosas realizan numerosas conexiones con otras durante su curso, para formar el anteriormente indicado retículo nervioso intermuscular con espacios elongados. Las fibras nerviosas no penetran dentro de las fibras musculares. El considera a las muy

sutiles fibrillas intracelulares de L. Gerlach como artefactos. Las ocasionales y aparentes terminaciones nerviosas libres representan, en su opinión, la sección de fibras partidas o son el resultado de impregnaciones de oro imperfectas.

**RANVIER (1880)**, empleando también impregnaciones de oro en el corazón del perro, encuentra que las fibras nerviosas terminales forman un retículo mediante anastomosis entre sí, y que las fibrillas finas originadas de él, atraviesan el protoplasma de la célula muscular.

**VIGNAL (1881 a y b)** estudiando el aparato ganglionar del corazón de algunos vertebrados (hombre, gato, perro, y cobaya) indica que existen algunas células nerviosas en la pared ventricular y que estas a diferencia de las del atrio, que pueden ser uni y multipolares, solo son unipolares.

**OPENCHOWSKI (1883)** estudia, como anteriores investigadores, las terminaciones nerviosas del corazón, mediante impregnaciones de oro, y en animales de sangre fría y caliente. Demuestra la existencia de un extenso "flechtwerk" que sirve de nexo de unión entre el plexo fundamental de Gerlach y el retículo perimuscular; de este último retículo se origina lo que él llama "Endfasern", las cuales están en contacto inmediato con las fibras musculares y dan lugar a "Endknotchen" que son las que conectan a estas fibras con la sustancia isotrópica. Indica que todas las fibras musculares tienen su inervación propia y que estas terminaciones nerviosas no penetran en la fibra muscular ni están en contacto con su núcleo.

**KAZEM-BECK (1885, 1887, 1888)**, al estudiar la inervación del corazón en el conejo, ternera, oveja y cerdo aporta poco a las investigaciones ya citadas. Respecto a las células nerviosas ventriculares indica existe una distribución difusa en áreas

subepicárdicas y que estas son tanto unipolares como bipolares. Algo similar le ocurre a ARONSON, (1886) que también encuentra células nerviosas subepicárdicas ventriculares en diferentes mamíferos a un nivel inferior al del surco coronario.

**RAMON Y CAJAL (1890, 1891)** hace un estudio de las terminaciones nerviosas en el corazón de los batracios, reptiles y algunos mamíferos, mediante el método de Golgi. Además de los grandes plexos, describe un fino plexo terminal pericelular, compuesto de fibras amielínicas, cuyas ramas más delgadas, extremadamente varicosas, forman amplias terminaciones sobre las fibras musculares cardíacas.

**RETZIUS (1892)** en sus estudios sobre terminaciones nerviosas motoras en la rana y el ratón, mediante el método de Golgi, también indica, como anteriores investigadores, la existencia de fibras amielínicas alrededor de los haces musculares formando un plexo, del cual sus finas ramas colaterales penetran entre los haces musculares y terminan en forma de "Knotigvaricosen Endastchen", no obstante en algunas fibras musculares no se observan tales ramas terminales.

**BERKLEY (1893, 1894, 1895)** estudia el abastecimiento nervioso intrínseco de los ventrículos del corazón en diferentes vertebrados (rana, ratón, rata blanca) mediante el método de Golgi, y además hace un resumen histórico sobre la inervación motora del músculo cardíaco. Entre sus resultados indica existen células nerviosas ventriculares de tamaño medio y tipo bi y multipolar. En cuanto a plexos nerviosos corrobora los hallazgos de Retzius y describe un plexo perimuscular o perimisial; además, según sus observaciones, las ramas terminales nerviosas contactan con las fibras musculares en "simple roundred end Knobs y bulbs" y en otras diferentes formaciones. También observa terminaciones nerviosas aferentes en los mamíferos e indica que el endocardio

atrial es el área más profusamente inervada del corazón, describiendo en él abundantes terminaciones nerviosas sensitivas. En cuanto a la inervación de los vasos coronarios describe un fino plexo nervioso rodeando a estos, cuyas terminales lo hacen, en forma de bulbo y huso, en la túnica media de dichos vasos.

**AZOULAY (1894)** estudia los nervios del corazón en embriones humanos, mediante el método de Golgi; describe la existencia de los conocidos plexos e indica que las fibras nerviosas terminan en músculo cardíaco en forma de "boutons fusiformes o spheriques".

**JACQUES (1894)**, mediante los métodos de Golgi y vital de metileno, estudia los nervios del corazón en la rana y varios mamíferos. Indica que en el corazón solamente se encuentran ganglios subepicardiales y estos en su gran mayoría en el atrio, aunque también observa la existencia de algunas células nerviosas ventriculares. En cuanto a fibras nerviosas indica que el corazón tiene un plexo intramuscular constituido por haces nerviosos que se ramifican, entrecruzan y anastomosan. Las fibras que se originan de este plexo fundamental, aisladas o en grupos, se ramifican abundantemente entre los haces musculares. De entre estas fibras las más finas, tortuosas y varicosas, forman un rico retículo y terminan en "bourgeons lateraux" y "boutons terminaux" o en terminaciones libres.

Los resultados obtenidos por **HEYMANS y DEMOOR (1895)** en animales de sangre fría, aves y mamíferos sobre la inervación del corazón, mediante el método de Golgi, son muy similares a los ya indicados: distingue un plexo fundamental y unos retículos perifasciculares e intrafasciculares. El retículo perifascicular está localizado entre y sobre la superficie de los haces musculares, formando las fibras nerviosas mediante división, ramificación y anastomosis. Los haces nerviosos contienen núcleos. Las tortuosas

y finas fibras nerviosas originadas del retículo perifascicular caminan dentro de los haces musculares, paralelamente a sus fibras, y para formar el retículo intrafascicular, mediante repetidas ramificaciones y anastomosis. Las "Endfibrillen" terminan en pequeños o grandes "Renflements", los cuales están en contacto inmediato con la superficie de las fibras musculares; cada fibra muscular tiene su inervación individual.

**SMIRNOW** (1895, 1900, 1905), estudia primeramente las terminaciones sensitivas del corazón de anfibios y mamíferos, mediante técnicas experimentales; posteriormente analiza los nervios motores con sus terminaciones nerviosas; y finalmente analiza las células ganglionares de los ventrículos en el hombre y algunos vertebrados inferiores. Sobre las terminaciones sensitivas indica que el endocardio del atrio es el área más profusamente inervada del corazón; también observa retículos nerviosos en las válvulas atrioventriculares de los mamíferos. En el epicardio ventricular y endocardio describe igualmente terminaciones nerviosas sensitivas en forma de complicadas ramificaciones. Por procedimientos experimentales tras denervaciones extrínsecas, estudia las vías correspondientes a los nervios depresor y las sensitivas del sistema simpático. Sobre los nervios motores realiza una serie de investigaciones en distintos tipos de vertebrados, mediante el método de plata de Golgi y tinciones vitales de azul de metileno. Sus resultados son similares a los ya descritos. Refiriéndose a las fibras preterminales y terminales indica la existencia del plexo nervioso intramuscular que rodea a los haces musculares cardiacos; a partir de este plexo se originan fibras finas y varicosas que tras repetidas ramificaciones acaban en terminaciones libres sobre la superficie de las fibras musculares, puntualizando que, en los mamíferos, las terminaciones están confinadas en áreas más pequeñas que en los vertebrados inferiores; y cada fibra muscular tiene su propia

inervación. También en este citado trabajo (1900) hace un resumen histórico de la inervación motora del músculo cardiaco. En los análisis sobre grupos ganglionares (1905) observa que, en los ventrículos del conejo, liebre, ardilla, lobo, perro, gato, ternera y hombre, existen células nerviosas epicardiales, las cuales son fundamentalmente de tipo multipolar, aunque también las hay en escasa cantidad de tipo bi y unipolar.

**HUBER y DEWITT (1897)**, analizan las terminaciones nerviosas en el músculo cardiaco del gato mediante tinción vital de azul de metileno. Sus hallazgos son similares a los que venimos indicando: describen un fino plexo nervioso intramuscular, del cual las finas ramas colaterales, muy varicosas terminan en la superficie de las fibras musculares en forma de pequeños bulbos o de engrosamientos terminales nodulares; también indican que unas fibras nerviosas pueden inervar varias musculares próximas y que cada fibra muscular tiene su propia inervación.

**SCHMIDT (1897 a, b)**, mediante el método de Golgi, estudia la inervación del corazón en los mamíferos; sus resultados difieren poco de los de otros investigadores ya citados, a no ser que indique que las fibras nerviosas terminan en las musculares en formaciones fibrilares ensanchadas o ahorquilladas. También encuentra en el miocardio ventricular algunas células nerviosas multipolares.

Finalmente **NOC (1899)**, tras realizar un estudio de los ganglios nerviosos en el corazón del perro normal y sus modificaciones tras intoxicaciones diftéricas agudas, observa, referente a nuestra materia de estudio, la existencia de células nerviosas epicardiales ventriculares.

Por lo tanto, según hemos visto, durante aproximadamente la segunda mitad del siglo XIX se fue formando un esquema básico

sobre la inervación de los ventrículos, en el cual ya se indica la existencia de distintos tipos de plexos nerviosos en las diferentes estructuras cardiacas, formaciones terminales motoras y sensitivas. Además se describe la existencia de diferentes grupos cardiacos epicardiales cuya topografía la sitúan más o menos distalmente, en relación con las diferentes especies animales. Sobre los plexos existe cierta concordancia entre los diferentes investigadores, en lo que se refiere al patrón básico; en cambio, no ocurre así con el modo de terminar sus fibras nerviosas en las estructuras cardiacas, habiendo investigadores, los menos, que niegan la inervación del músculo cardiaco ventricular; el resto difiere en la morfología de tales terminaciones. Igual ocurre en cuanto a los grupos ganglionares o de células nerviosas aisladas en los ventrículos del corazón; también divergen no solo en cuanto a su existencia o no, sino en cuanto a la extensión de su localización ventricular.

En este siglo XIX la dinámica cardiaca, se opina está regida por elementos nerviosos, si bien empiezan a surgir algunas dudas sobre la teoría neurógena, tras el descubrimiento de ciertos tejidos musculares especializados.

En los primeros años del siglo XX, siguen persistiendo las dudas, sobre la inervación de los ventrículos por no disponerse de técnicas adecuadas para la demostración de elementos nerviosos de una manera concluyente.

Así, por ejemplo, **HOFMANN (1902, 1904)** estudia el sistema nervioso intracardiaco de la rana, mediante impregnaciones argénticas de Golgi, intentando demostrar la supremacía de las teorías miógena o neurógena sobre la función cardiaca. En cuanto a los resultados obtenidos sobre elementos nerviosos intramusculares describe: un plexo nervioso fundamental, cuyas fibras se orientan en distintas direcciones e independiente del

de los haces musculares; de este plexo fundamental se originan pequeñas ramas nerviosas de 2 o 3 fibras, las cuales siguen dirección longitudinal con respecto a la fibra muscular; estas ramas vuelven a ramificarse y penetran dentro de los haces musculares acompañando, durante gran trayecto, a las fibras musculares. Durante este trayecto la fibra nerviosa está estrechamente adosada a la fibra muscular, pero sin penetrar en ella. No observa formaciones terminales alguna, por lo cual concluye que, por procedimientos anatómicos, no se puede afirmar si los nervios terminan en las fibras musculares.

**KOLMER (1905)**, mediante el proceder de azul de metileno y tras estudios en el músculo cardiaco de la rana y del ratón, también concluye que a partir de los plexos nerviosos intracardiacos no se forman estructuras que puedan ser consideradas como terminales nerviosas. Indica que las ramas finas que se originan en los plexos, retornan suavemente al plexo de origen.

**VALEDINSKY (1905, 1908, 1910)** estudia los ganglios en los ventrículos cardiacos y otras cámaras, en distintas especies animales (conejo, perro, ternera, cerdo y en el hombre). En todos ellos encuentra células nerviosas difusas en el epicardio ventricular; de estas células la mayoría, indica, son multipolares y escasas las bi y unipolares.

Las citadas dudas sobre la teoría neurógena se acentúan más, tras los descubrimientos de **TAWARA (1906)**, **KEITH y FLACK (1906, 1907)**, **ASCHOFF (1910)**, sobre el sistema de conducción; no obstante se seguirá insistiendo, por muchos autores, en el estudio de los elementos parietales cardiacos, tanto de una manera genérica, como analizando específicamente las estructuras nerviosas cardiacas de los ventrículos, tema que nos preocupa.

Así, por ejemplo, **IMCHANITZKY (1908)** estudia la coordinación nerviosa de las aurículas y los ventrículos en el corazón de saurios "Ocellata Lacerta". Describe la existencia de tales conexiones nerviosas entre la aurícula y el ventrículo y además la existencia de un plexo nervioso muy fino, que rodea las fibras musculares. Este hecho le induce a apoyar el origen neurogénico de la coordinación de los latidos cardiacos.

**MICHAILOW (1908 a,b,c, 1912)** analiza las estructuras nerviosas aferentes y eferentes, en distintos estratos cardiacos de diferentes especies animales, utilizando impregnaciones argénticas (método de plata de Cajal) y tinciones vitales de azul de metileno; si bien hace previamente un análisis de la literatura de la última parte del siglo XIX. En cuanto a formaciones nerviosas aferentes describe precisas terminaciones complejas acapsuladas y retículos terminales, tanto en el endocardio atrial, como en el ventricular. Este autor el primero en describir las formaciones aferentes reticulares dichas indica, además, que las terminaciones encapsuladas son raras en la mayor parte de los mamíferos, a excepción del caballo. En lo que se refiere a las terminaciones nerviosas, en general, describe los plexos nerviosos fundamental, perimuscular, intramuscular y el retículo nervioso terminal. Encuentra células nerviosas en el plexo pericardial y capa externa del miocardio. Sobre la inervación de los vasos indica que acompañan a estas fibras amielínicas; estas fibras dan lugar al plexo nervioso adventicial, el cual durante su trayecto, disminuye de grosor en relación directa con el calibre de los vasos. El indicado plexo da lugar a fibras finas y varicosas, las cuales se subdividen y unen en la capa muscular formando un fino retículo. Los pequeños capilares están acompañados por una o dos fibras, las cuales no siempre están en contacto con su pared. En la rana observa, mediante el método de Cajal, diminutos anillos y formaciones reticulares en las fibras nerviosas. Clasifica y distingue

distintos tipos de células nerviosas, según el número de ramificaciones. Describe células nerviosas difusas epicardiales en los ventrículos.

**MOLLARD (1908)** obtiene resultados que concuerdan con los citados de Hofmann, en cuanto a inervación cardiaca. Indica, además, que las fibras que terminan en los ganglios pueden ser de tipo simpático y cerebrospinal. Igualmente puntualiza que los nervios que forman terminaciones pericapsulares pertenecen al sistema simpático, y las células nerviosas donde terminan originan fibras que van al músculo cardiaco; mientras que los nervios que forman terminaciones pericelulares, las cuales pertenecen al sistema parasimpático, sus neuronas dan fibras cardioinhibidoras.

**RETZER (1908)** observa que el haz atrioventricular está acompañado por nervios amielínicos, que forman un plexo sobre la superficie de este; a estos nervios le achaca una función sensitiva.

**EIGER (1909 a,b)** estudia la topografía de los ganglios nerviosos intracardiacos, en distintas especies animales, encontrando pocas o ningunas células nerviosas en el epicardio ventricular. En cambio **FAHR (1909, 1910)** si encuentra células nerviosas en el epicardio ventricular del hombre y ciertos mamíferos. Igual le ocurre a **MULLER (1911, 1924)**.

**MUJZ (1913)** en un análisis sobre las expansiones nerviosas en el corazón mediante el método de plata de Cajal, insiste en la existencia, como otros investigadores hicieron, de una red nerviosa perimuscular y otra intramuscular en todas las series de los vertebrados. A partir de la última red salen formaciones terminales, que acaban en forma de anillo o prominencia en las fibras musculares.

En cambio, **FEDELE (1914)** que estudia con el método de plata de Cajal e impregnaciones auricas el corazón de los reptiles y batracios, no encuentra terminación nerviosa alguna, sólo observa una rica red de mallas irregulares rodeando a las fibras musculares.

**GLASER (1914, 1915)**, mediante tinción vital de blanco rongalita en el cobaya y los métodos de Bielchowsky y Weigert en el hombre, estudia los elementos nerviosos intraparietales del corazón. Indica que el músculo cardiaco, en todas sus áreas, es extremadamente rico en fibras nerviosas, sobre todo amielínicas. Estas fibras forman retículos nerviosos, como los descritos por Michailow, de donde parten fibras que se ramifican y pueden dar lugar a diminutas terminaciones de aspecto variable.

**HOSHI (1924)** estudia las terminaciones nerviosas del corazón humano mediante impregnaciones argénticas. Describe la existencia de fibras nerviosas que, caminando independientemente o como satélites en los capilares, van a terminar en distintos tipos de formaciones corpusculares (Knofknospen-, gabel-, Keulen-, y buschelformigen) sobre el sarcolema, pero no en el área nuclear.

**PERMAN (1924)** realiza estudios sobre la inervación cardiaca en diversas especies animales y en el hombre, fundamentalmente desde el punto de vista embriológico. En lo que respecta a nuestra área de estudio, indica que existen pocas o ninguna célula subepicárdica en los ventrículos del corazón de ternera, oveja, cabra y cerdo. En cambio, si las encuentra en el haz atrioventricular de los artiodáctilos.

También **FUKUTAKE (1925)** estudia el desarrollo del sistema nervioso del corazón, dedicándose fundamentalmente al tiempo de llegada de los nervios extrínsecos a dicha víscera. Sobre este particular dice que hacia la 11ª semana de la vida intrauterina

(70 mm.) se observa un patrón morfológico similar al del humano adulto. En el endocardio y epicardio observa terminaciones nerviosas, pero solo de tipo simple. No encuentra placas motoras o husos musculares en relación con las fibras musculares ventriculares; además encuentra gran cantidad de nervios amielínicos en el haz atrioventricular.

**MARCUS (1925 a,b)** dice observar terminaciones nerviosas que penetran dentro de las fibras musculares cardiacas.

**BLACKHALL-MORISON (1926)** realiza un escueto trabajo sobre la inervación de los ventrículos en el corazón humano, utilizando como método de tinción la hematoxilina de Sihler. Dice observar placas motoras y bulbos, o núcleos de contacto, sobre las fibras del músculo cardiaco. Después, analizando el posible significado funcional de los plexos nerviosos, cree que la presencia o ausencia, de células ganglionares permite determinar su origen simpático o parasimpático; por ello, como observa en los plexos coronarios células ganglionares, cree que estos contienen elementos fibrilares vagales.

**BOENE (1926, 1932)** estudia, primeramente y mediante el método de Bielschowsky, la inervación del corazón en la tortuga. Encuentra que las fibras nerviosas siguen a las fibras musculares cardiacas, aunque, a veces, cruzan 2 o 3 fibras musculares en diagonal o transversalmente, para seguir después la dirección de la fibra muscular; en el músculo contraído muestra ondulaciones regulares y ocasionalmente varicosidades. Las finas ramas varicosas penetran entre las fibras musculares y terminan en el sarcoplasma, la mayor parte de las veces alrededor del núcleo en forma de anillos o asas terminales; estas formaciones están conectadas a las miofibrillas a través de un retículo periterminal extremadamente fino. También observa terminaciones nerviosas sensitivas en el epicardio y endocardio. Posteriormente

(1933) insiste en la presencia de los "sympathischer Grund plexus" y "periterminales Nrtzwerk", ya indicados con anterioridad, subrayando la importancia del plexo terminal en el músculo cardiaco, el cual considera ser comparable al plexo terminal de la musculatura lisa.

SINGER (1926), tras estudios experimentales, indica que la punción de las paredes cardiacas produce menos dolor que la tracción o ligadura de las arterias coronarias.

WOOLLARD (1926) realiza estudios normales y experimentales sobre la inervación del corazón, en el gato, contrastando los elementos nerviosos con la tinción vital de azul de metileno. De sus experiencias obtiene las siguientes conclusiones: a) Los ganglios intracardiacos estan limitados caudalmente en animales como el perro, el conejo, el gato, y el cobaya, por el surco auriculoventricular. b) El tipo de células, aunque varian en disposición de las dendritas y el modo de terminación de las fibras prengangliónicas, todas pertenecen al sistema parasimpático. La distinción entre terminaciones pericelulares y pericapsulares de las fibras pregangliónicas es tan definida, como para sugerir una diferencia en función. c) En el curso proximal de las fibras intracardiacas se pueden distinguir dos tipos de fibras onduladas: unas que son más gruesas y uniformes y que pueden ser pregangliónicas o postgangliónicas en parte de su curso; las otras son finas y varicosas. Las primeras pertenecen al parasimpático, las últimas al sistema simpático. d) Ambos tipos de fibras, cuando se siguen hasta su distribución ya en el tejido muscular o en el no muscular, se hacen entonces indistinguibles. Esto hace muy difícil la interpretación de los experimentos de degeneración. e) Algunas evidencias apuntan la posibilidad de que las aurículas y el haz auriculoventricular estan abastecidos por ambos tipos de fibras parasimpáticas y simpáticas; mientras el músculo ventricular está abastecido solo

por fibras simpáticas. f) Las fibras forman un plexo sobre las células musculares y, penetran en el protoplasma de las células musculares y caminan en las conexiones protoplasmáticas del músculo. Tales terminaciones, frecuentemente perinucleares en posición, se realizan dentro de la célula muscular. En las aurículas las fibras de ambos sistemas parecen terminar intramuscularmente. g) En adición a las terminaciones de los nervios medulados sobre las aurículas y los grandes vasos, los tejidos no musculares están inervados por un plexo muy fino de nervios, el cual en gran parte y en alguna tasa pertenece al vago. h) Las grandes ramas de las arterias coronarias están inervadas principalmente por el simpático, pero sus ramas más pequeñas están abastecidas principalmente por el vago. i) Las grandes ramas de las arterias coronarias están inervadas por ambos sistemas aunque principalmente el simpático; pero las ramas más finas las inerva fundamentalmente el vago.

**JONES (1927)** estudia, específicamente, los elementos nerviosos intramusculares del ventrículo del gato, mediante tinción vital de azul de metileno; y en el hombre por el proceder argéntico de Ranson. Encuentra que el músculo cardíaco ventricular contiene un gran plexo nervioso, cuyos haces van disminuyendo paulatinamente de grosor, a causa de sus múltiples subdivisiones, hasta transformarse en finos haces, que aún se dividen en fibras únicas. Las fibras, ya independientes, caminan junto a las células musculares y se dividen en finas neurofibrillas, que finalmente penetran dentro de la célula muscular, donde siguen un curso intraprotoplasmático hasta terminar en el polo nuclear, en forma de fina red o diminutos anillos.

**ANUFRIEW (1928)** estudia la inervación del corazón del gato, de una manera general. En lo que se refiere al área de nuestro

estudio indica no encuentra ganglio alguno en las paredes ventriculares.

**FRANCILLON (1928)** analiza, en fetos humanos, la topografía de los grupos ganglionares parietales cardiacos. Describe una serie de grupos ganglionares en las paredes atriales; y, refiriéndose a los ventrículos, concreta su existencia en las siguientes áreas: a) Un ganglio, en anillo, alrededor del origen de la arteria pulmonar; b) Otro ganglio, en semianillo, alrededor del origen de la aorta y ganglios en el plexo coronario; c) Ganglios en el surco coronario, entre las venas del corazón y los ventrículos; d) Ganglios en la vecindad del nódulo de Tawara y el haz de His.

Este investigador indica, además, que las células ganglionares raramente se encuentran aisladas, sino que estan reunidas en grupos; que ellas estan ausentes en el miocardio; y que su esfera de distribución está restringida a los atrios y está limitada, distalmente, por el surco atrioventricular.

**STOHR (1928, 1932)**, además de revisar la literatura existente sobre la inervación cardiaca en la última parte del siglo XIX, analiza los hallazgos de su época y personales sobre la inervación de los vasos y corazón. Referente a la inervación del corazón indica, como ya hiciera **WOOLLARD (1926)** que entre la musculatura cardiaca existe un fino plexo, derivado del subepicardio, compuesto de fibras que se situan junto a las células musculares para formar una serie de retículos cerrados. Indica que el retículo o la red subepicárdica está compuesta de fibras meduladas y ameduladas y a partir de ella se originan ramos que penetran en el músculo y llegan a alcanzar el subendocardio. Las prolongaciones más finas de este último plexo las denomina retículo terminal; el cual consta de fibras arrosariadas, que se encuentran en estrecha relación con las

fibras musculares. En cuanto a las células nerviosas concreta que están limitadas fundamentalmente al atrio, pero cita los hallazgos de otros investigadores de células nerviosas ventriculares-subepicárdicas.

En cuanto a la inervación de los vasos indica que las grandes arterias poseen un plexo adventicial, dispuesto paralelo al eje longitudinal de estos vasos. También describe un plexo subsidiario profundo, situado sobre la superficie de la túnica media, que consta de finas fibras varicosas. En contra de la opinión de **WOOLLARD (1926)** indica que los nervios no penetran en la capa media. En relación con la inervación de los capilares dice que estos poseen un pequeño plexo compuesto de fibras varicosas, y que las ramas finas de estos están inervadas inconstantemente. También confirma la opinión de **SCARPA (1794)** de que el plexo arterial coronario hace una contribución significativa al abastecimiento nervioso del miocardio.

**LAWRENTJEW (1929, 1946)** realiza estudios experimentales sobre la inervación del corazón, tras distintos tipos de lesiones de la inervación extrínseca, en el gato y perro, con ayuda de métodos argénticos (Bielchowsky y Gros), contrastando el material experimental con el de especímenes normales. En el músculo cardíaco existe un "Endgeflecht": Las fibras finas que se originan del citado plexo, se ramifican entre las células musculares y terminan en el protoplasma de estas últimas, en forma de "Schlingen". Mediante análisis experimentales de degeneración walleriana intenta diferenciar las fibras simpáticas de las vagales y concluye al igual que **WOOLLARD (1926)** que todas las células nerviosas cardíacas son de naturaleza eferente parasimpática. En relación con las terminaciones nerviosas sensitivas del epi y endocardio dice que estas tienen, morfología similar a las propioceptoras del músculo esquelético; y que también hay verdaderas fibras espirales alrededor de las células

miocárdicas; y que la sensibilidad del endocardio es recogida por el vago y la del epicardio por el simpático. También sostiene que, en sus partes terminales, una misma vaina de neurilema contiene un cilindroeje simpático y otro parasimpático; de este modo la acción antagonista de estas dos partes es inducida a una misma fibra muscular. En relación con los vasos coronarios indica que el plexo nervioso arterial coronario sigue a los vasos hasta sus ramificaciones terminales; y que las arterias coronarias están ricamente inervadas durante su trayecto hasta el nivel capilar.

**OKAMURA (1929)**, al estudiar las células ganglionares del corazón, encuentra dos tipos: unas grandes multipolares; y otras pequeñas en forma de huso, las cuales se encuentran en el plexo que rodea a la fibra muscular; estas últimas células son, probablemente, las intersticiales del retículo de Boeke ya citado.

**NETTLESHIP (1936)** realiza estudios experimentales sobre la inervación aferente del corazón del gato, aplicando, como técnica de contraste, el azul de metileno. Como los anteriores investigadores observa la existencia de un retículo subepicárdico, compuesto por fibras meduladas y ameduladas; a partir de este retículo se originan las ramas que penetran en la musculatura cardíaca hasta alcanzar el subendocardio. Las ramas finas de este plexo, de forma arrosariada, se encuentran en estrecha relación con las fibras musculares. En relación con las fibras aferentes no encuentra terminaciones entre las fibras musculares; en el endocardio atrial encuentra terminaciones complejas, sin encapsular, y sus aferencias caminan preferentemente por los vagos para su destino en el bulbo. En las valvas encuentra retículos nerviosos que dan lugar a terminaciones en forma de arborización simples o asociadas con el plexo. También describe grandes plexos nerviosos que acompañan a

las arterias coronarias, los cuales piensan subservir funciones sensoriales.

**PLECHKOVA (1936)** analizando la morfología antagonista del corazón en el gato indica, como Lawrentjew, que tanto las fibras simpáticas como las parasimpáticas participan en la formación del plexo terminal de la fibra muscular; y que las terminaciones de las fibras solo se descubren en raras ocasiones y, por tanto, son difíciles de determinar sus características morfológicas.

**SERO (1937)** confirma los hallazgos de Stohr de un retículo terminal.

**ABRAHAM**, en una serie de trabajos en este primer periodo (1938, 1940), estudia la inervación del corazón, mediante una modificación del método de plata de Bielchowsky, en el hombre y en el ave. Indica que las fibras que se originan a partir del plexo nervioso superficial siguen un curso ondulado entre las fibras musculares y forman un completo retículo entre el músculo cardiaco. No puede demostrar formación alguna que pueda ser considerada como terminación nerviosa; y que algunas terminaciones aparentemente aferentes eran el final de una fibra nerviosa seccionada.

**JARISCH (1939)** basándose en reflejos de descenso de la presión sanguínea y disminución de la tasa cardiaca, seguida de una elevación de la presión en el ventrículo izquierdo, que eleva la presión de la aorta ascendente, indica, en relación con las terminaciones nerviosas sensitivas, la existencia de receptores de tensión en el miocardio ventricular.

**KING (1939)** mediante métodos de tinción vital de azul de metileno, en la rata, describe un gran número de terminaciones aferentes y eferentes de las fibras nerviosas mielínicas y

amielínicas, que se originan del plexo cardiaco; entre ellas menciona la existencia de placas musculares eferentes y husos musculares aferentes. También describe la existencia de algunos ganglios en la pared ventricular, cerca de la unión atrioventricular; y de pequeños grupos de células ganglionares junto al vértice del ventrículo.

**NONIDEZ (1939)**, al estudiar la inervación del corazón, intenta identificar las fibras simpáticas y parasimpáticas postganglionares mediante análisis experimentales de degeneración walleriana y apetencia de estas por las sales de plata, con modificación del método de Cajal. Este autor pretende que las células nerviosas localizadas en el atrio y el ventrículo, en posición subepicárdica, son de tipo parasimpático; además sugiere que las fibras pregangliónicas vagales y las postgangliónicas de los ganglios cardiacos estan más fuertemente impregnadas en plata que las pregangliónicas simpáticas. Mantiene que el atrio lo inerva el parasimpático y los ventrículos el simpático. Además indica que las fibras de los baroreceptores caminan por el vago y terminan en la médula oblonga. No describe redes terminales nerviosas.

**ZITZLSPERGER (1943)** realiza un estudio sobre la disposición de las células intersticiales de Cajal, en forma de retículos, en los músculos papilares de los ventrículos del corazón.

**BOTAR (1947)** estudia los nervios del corazón del león, cuyos resultados analizaremos después, en trabajos más recientes.

Con los citados trabajos hemos expuesto los resultados fundamentales obtenidos sobre la inervación de los ventrículos cardiacos de una manera general hasta comienzos de los años cuarenta. Pero además a partir de la primera década del presente siglo con los descubrimientos citados sobre el sistema muscular

específico de conducción cardíaca, sobre todo el atrioventricular, aparece abundante bibliografía en la que estudia las relaciones de los elementos nerviosos con este sistema muscular de conducción. Y ello intentando aportar datos en favor o en contra de las teorías miógena o neurógena. Analicemos brevemente la bibliografía fundamental existente desde principios hasta mediados del presente siglo.

**WILSON (1909)**, en diferentes especies animales, estudia los nervios del haz atrioventricular, puntualizando la topografía de estos y la de los ganglios, así como sus relaciones con el sistema de conducción. Encuentra nervios dentro del haz de todos los animales analizados; estos nervios están integrados por muchos troncos nerviosos; por ello considera que la musculatura del haz es meramente un camino para que los nervios pasen dentro del miocardio ventricular. Los nervios dentro del haz son fundamentalmente de tipo amedulado; también forman un plexo sobre la superficie de este. En cuanto a su función cree son sensitivos. Sobre estos nervios describe diferencias considerables entre las distintas especies analizadas. Reconoce la existencia de una inervación preferencial en la unión atrioventricular. Dice que las fibras de Purkinje están acompañadas por fascículos nerviosos y delicadas fibras nerviosas las cuales le forman un plexo sobre su superficie. Las terminaciones nerviosas libres las considera como artefactos debido a tinciones incompletas. En cuanto a células ganglionares las encuentra en el nódulo, en los artiodáctilos, y también en el haz atrioventricular de estos animales.

**A ENGEL (1910)**, sin embargo, usando también la técnica del azul de metileno sobre el corazón de buey, le fué imposible demostrar el rico plexo pericelular descrito por Wilson en el haz de His; e indica que su inervación no difiere materialmente de la del miocardio en general. Además señala la presencia de grandes

troncos nerviosos dentro del citado haz atrioventricular, los cuales se dividen cuando este lo hace en sus subdivisiones derecha e izquierda. Estima que en el haz de la ternera existían aproximadamente el doble de fibras amielínicas que mielinizadas. También observa la existencia de células ganglionares en el fascículo de His de la ternera.

**MORISON (1912)** realiza estudios sobre la inervación de los nódulos sinoauricular y del haz atrioventricular. Encuentra muchos troncos nerviosos dentro del haz atrioventricular en varias especies; estos troncos constan fundamentalmente de fibras ameduladas. No encuentra células nerviosas en el haz atrioventricular de la oveja. Sugiere, como los anteriores investigadores, que es improbable que el impulso cardiaco sea transmitido desde el atrio a los ventrículos por los nervios del haz atrioventricular.

**CULLIS y TRIBE (1913)**, tras secciones experimentales del haz atrioventricular y administración de drogas, intenta analizar la distribución de los nervios en el corazón. Las conclusiones obtenidas por tales investigadores son las siguientes:

- a) Que los ventrículos no reciben fibras del vago, por tanto la acción normal del vago sobre el ventrículo es indirecta.
- b) Que el ventrículo está abundantemente abastecido por fibras simpáticas, las cuales no llegan a él solo por vía del haz atrioventricular.

**MEIKLEJOHN (1913, 1914)** estudia la inervación del tejido nodal en el corazón de diferentes mamíferos (cabra, ternera, cobaya, rata, gato y hombre) y la topografía de los ganglios intracardiacos del corazón de la rata. En lo referente a la porción del sistema de conducción ventricular, describe la existencia de numerosas células nerviosas en el mencionado haz

del corazón de la ternera y oveja, pero pocas y pequeñas en el cobaya. También encuentra algunas células nerviosas en el haz de His de los carnívoros y cobaya; y en la rama izquierda del haz aurículoventricular del cobaya. Encuentra abundantes nervios, casi todos amedulados, en diferentes especies, pero poca cantidad en el hombre, perro y gato. Los nervios forman un plexo sobre la superficie del haz, e indica que las ramas de este plexo penetran entre las fibras musculares.

**HOLMES (1921)** estudia, igualmente, el haz atrioventricular en los mamíferos. También describe la existencia de numerosas células nerviosas en el haz atrioventricular de la ternera y oveja, las cuales están ausentes en dicho haz del corazón humano. Como los anteriores investigadores encuentra muchos troncos nerviosos dentro del haz atrioventricular de las diferentes especies analizadas, aunque con diferencias cuantitativas. Concretándonos al hombre indica que estos troncos nerviosos son escasos.

**SCAGLIA (1927)**, al analizar los elementos nerviosos contenidos en el sistema atrioventricular del "Bos taurus" (método de plata de Cajal), observa que existen gran cantidad de fibras nerviosas dentro del haz atrioventricular. Siguiéndolas durante largo trayecto, llega a la conclusión de que estas fibras no solo inervan el tejido del haz y las células de Purkinje, sino que también se dirigen a otras partes del corazón. Entremezcladas con las fibras nerviosas del haz encuentra también células nerviosas, ya aisladas o en pequeños grupos. Las fibras del haz son casi todas ameduladas; muchos nervios dejan el haz para pasar al miocardio del septum. También encuentra terminaciones nerviosas sobre la superficie y dentro del haz de fibras musculares.

**AGDUHR y STRENSTROM (1928, 1933)** estudian los aspectos del electrocardiograma en lesiones cardíacas producidas por

tratamiento de aceite de hígado de bacalao. Demuestran que este aceite, a ciertas dosis, produce áreas focales de degeneración del miocardio. Tras experiencias en ratones las áreas focales de degeneración miocárdica implicaban a las fibras del haz atrioventricular, pero sin producir bloqueos cardiacos; también se observaron nervios aparentemente sin dañar. Tras estos hallazgos surge la cuestión de si no pueden ser las fibras nerviosas, los elementos de conducción del haz, más que el tejido muscular específico.

**KASAHARA (1927); TSUNODA y KASAHARA (1928)** realizan investigaciones sobre el aparato nervioso del sistema muscular específico cardiaco, en distintas especies animales y hombre, mediante el método de plata de Cajal. Indican que las fibras nerviosas alcanzan el músculo cardiaco verticalmente y, dentro de él, se dividen en "Endaste" de longitud variada; estas caminan paralelamente con las fibras musculares y terminan, finalmente, en "Endnetz" o en pequeñas estructuras puntiformes. En el perro encuentran células ganglionares en el fascículo de His.

**WOLHYNSKI (1928)** estudia la topografía de los nervios y ganglios en relación con el sistema de conducción en el corazón de la ternera. Para el análisis de la inervación extrínseca utiliza la técnica de disección, y procedimientos microscópicos para la inervación intrínseca. Encuentra tres áreas ganglionares detrás del nódulo auriculoventricular en la ternera. También encuentra ganglios intramusculares, en el mismo animal, en la capa superficial del fascículo límbico inferior del lado derecho del septum interatrial. Igualmente las encuentra en el fascículo de His, en donde además halla abundantes nervios, casi todos amedulados.

**LAWRENTJEW y GURWITSCH-LASOWSKAJA (1930)**, mediante impregnaciones argénticas en la rata y gato, estudian la

inervación del sistema de conducción, comparándolo con el músculo cardíaco ordinario. En el haz atrioventricular describe fibras nerviosas, unas formando un plexo sobre su superficie y otras en su interior; en el plexo superficial observan algunas fibras mielínicas en tanto que el profundo está constituido solo por fibras amielínicas. En el plexo superficial describen pequeñas células ganglionares (6-10 micras) de escasa argentofilia, por lo cual le fue necesario sobreteñir los cortes para hacerlas visibles. También describen células ganglionares en la bifurcación del mencionado haz. De las fibras nerviosas del haz algunas se apartan de él y se introducen en el espesor del miocardio contráctil.

**ARPINO (1934)** estudia el sistema de conducción, mediante microscopía de luz polarizada, en el corazón del delfín. Encuentra células ganglionares en el nódulo auriculoventricular, además de las del sinoauricular. También indica que algunas fibras nerviosas del músculo cardíaco, consideradas como amielínicas, poseen todas una muy delgada capa de mielina.

**BLAIR y DAVIES (1935)**, en diferentes especies animales y hombres, estudian el sistema de conducción cardíaco. Indican existen grupos de células nerviosas en el haz atrioventricular en corazones de bovino, pero no las hallan en el humano. También observan neuronas intranodulares en el nódulo auriculoventricular del corazón del hombre y la ternera. En todas las partes del sistema de conducción de corazones humanos y de bovinos, describen un profuso abastecimiento nervioso en el haz atrioventricular; casi todos los nervios son amedulados y forman un plexo sobre su superficie. Creen que estos nervios son funcionalmente sensitivos y la posición de las terminaciones es hipolemal.

**WAHLIN (1935, 1936)** hace un profundo estudio sobre la

inervación del sistema de conducción en la rata y del corazón humano embrionario, para ver en que estadios aparece su inervación. Indica que el acceso de los nervios dentro del corazón humano es alrededor del estadio de 11 mm., o sea, hacia la 6ª semana de vida intrauterina. Sobre la inervación en la rata le fue posible confirmar las afirmaciones de AGDHUR (1933) mencionadas, en donde puede existir un electrocardiograma normal o con prolongados intervalos P-R, pero sin disociación auriculoventricular, en animales en que se han desarrollado placas escleróticas en el curso del haz atrioventricular.

VITALI (1937) contribuye, igualmente, al estudio del sistema muscular específico del corazón; también encuentra gran cantidad de nervios, fundamentalmente amedulados, formando plexos sobre la superficie del haz; también describe un retículo muy fino de fibras nerviosas, que rodean a las células de Purkinje y penetran dentro del citoplasma, para terminar en la vecindad del núcleo. El supone que este retículo pericelular es de tipo sensitivo y que las varias estimulaciones que recibe durante las diferentes fases del ciclo cardiaco pueden ayudar a las contracciones del corazón.

NONIDEZ (1943) estudia, mediante impregnaciones argénticas (método de Cajal modificado), la estructura e inervación del sistema de conducción en perros y monos. En estos animales encuentra grupos ganglionares sobre el nódulo auriculoventricular, en la parte más inferior del septum interatrial. También reconoce un abastecimiento nervioso parasimpático, bastante rico, para este nódulo. El haz atrioventricular, dice, está acompañado por nervios fundamentalmente amedulados, y describe terminaciones nerviosas en forma de anillos, ensanchamientos, mazas y engrosamientos reticulados sobre la superficie de y entre sus fibras musculares; además sostiene que el haz atrioventricular y la parte proximal de sus márgenes están abastecidas por el

parasimpático, sin poder precisar si también están abastecidas por el simpático, ya que los nervios no se tiñen con su técnica. No encuentra terminaciones en relación con las fibras periféricas de Purkinje. También dice sobre este particular que las fibras descritas por **VITALI (1937)** son parte del retículo argirofilo presentes en todas las partes del miocardio.

**FATTORUSSO (1941, 1943)** realiza estudios sobre la inervación simpática del miocardio y del tejido específico cardíaco, fundamentalmente el miocardio "atrioventricular" de los mamíferos. Como Boeke hiciera, describe la presencia de "Sympathischer Grundplexus" y "Periterminales Netzwerk".

**COPENHAVER y TRUEX (1946); TRUEX y COPENHAVER (1947)** realizan análisis sobre las fibras de Purkinje de la banda moderadora en una serie de animales (cerdo, oveja, ternera, vaca, gato, mono, gorila y rhesus) y del ventrículo derecho en el hombre. Indican que, contrariamente a otras opiniones, las típicas fibras de Purkinje no existen en corazones humanos, pudiendo identificar estas fibras en 14 de 20 bandas analizadas. Estas bandas contienen muchas fibras nerviosas, las cuales siguen cauces vasculares en las áreas del músculo cardíaco, y después se hacen independientes, formando nodosidades o terminaciones libres en las fibras musculares. También son observadas fibras nerviosas pálidas, que acompañan a las células de Purkinje, pero sin terminar en ellas. Niegan la existencia de células nerviosas, citadas por otros investigadores, en el haz atrioventricular de la ternera y oveja.

**HIRSCH y ORME (1947)** estudian los nervios sensitivos del corazón humano. Sugieren que las fibras cardíacas sensitivas están estrechamente relacionadas con las arterias coronarias. Desde el plexo pericoronario abandonan los vasos y se ramifican en el miocardio en donde forman terminaciones amielínicas.

**STOTLER y McMAHON (1947)** analizan la inervación y estructura del sistema de conducción en el hombre, mediante el método de plata-protargol de Stotler. Observan numerosos ganglios cerca de la arteria que rodea al nódulo auriculoventricular, pero no en las proximidades del haz atrioventricular ni de sus ramas. Sugieren que los nervios que penetran en el haz atrioventricular, desde su correspondiente nódulo, terminan dentro de los elementos celulares del propio haz, sin pasar al miocardio general. Tal distribución le sugieres que los nervios, en el sistema de conducción atrioventricular, están relacionados con la regulación de la rapidez y frecuencia de la conducción muscular, más que con la transmisión real de los impulsos cardiacos. Las citadas fibras nerviosas son casi todas ameduladas. No encuentran terminaciones nerviosas en relación con las células de Purkinje, ni en tipo alguno de células musculares contráctiles cardiacas. También indican que los haces nerviosos que siguen a los vasos son de origen simpático.

**AKKERINGA (1949)**, mediante microscopia de luz, estudia el abastecimiento nervioso de las fibras de Purkinje del corazón de la vaca, caballo y asno. Observa la existencia de nervios, fundamentalmente medulados, en el haz atrioventricular; nervios que forman un plexo sobre la superficie del haz y sus ramas penetran entre las fibras musculares. También indica la existencia de un rico plexo terminal en las fibras musculares cardiacas y en los capilares. Igualmente describe un retículo de fibras nerviosas rodeando a las fibras endocárdicas de Purkinje; en este retículo indica la existencia de numerosas células intersticiales, las cuales pretende son células nerviosas; además menciona dos diferentes clases de conexiones entre el retículo de las células intersticiales y las células de Purkinje. También observa ensanchamientos neurofibrilares, los cuales cataloga como estructuras de función sensitiva.

**CONTI (1949, 1950, 1951)** estudia, mediante el método de Castro-Cajal, la topografía nerviosa ganglionar en el sistema específico del corazón humano, comparando sus resultados con los obtenidos por otros investigadores, que le precedieron, en el hombre y distintas especies animales. Además describe los dispositivos de la corriente sanguínea a lo largo de las arterias del sistema de conducción en el hombre. Tras analizar los nódulos sinusal y atrioventricular y el fascículo de His en 35 corazones humanos, indica que, en unos y otros segmentos, se encontraron algunas células ganglionares, ya aisladas, o bien agrupadas en pequeños ganglios. También indica que las modificaciones de las células nerviosas durante el crecimiento y edad fisiológica del individuo son iguales, aunque menos marcadas que las que se observan en los ganglios subepicárdicos; y que las células del nódulo de Tawara son, desde el nacimiento, más voluminosas que las de otros segmentos mencionados del sistema de conducción; y que sus modificaciones en relación con la edad son también más marcadas.

**TCHENG (1949a,c; 1950a,b,c)** inicia una serie de trabajos sobre el fascículo de His, en el cordero y gato, tras lesiones experimentales de la inervación extrínseca y con ayuda del método de impregnación argéntica de Weber. Encuentra degeneraciones terminales sensitivas, las cuales son mucho más numerosas cuando corta el vago derecho que cuando la lesión se realiza en el izquierdo. A través del nódulo auriculoventricular y dentro de su correspondiente haz, encuentra muchas fibras degeneradas y no degeneradas. Observa terminaciones muy impregnadas en células de aspecto neural. También describe las expansiones periféricas del vago, las cuales dice, pasan a través del nódulo auriculoventricular. Después de la sección del vago o extirpación del ganglio estrellado quedan intactas las fibras eferentes parasimpáticas, en tanto que las terminales de los citados nervios parasimpáticos ponen de manifiesto rápidamente sus cambios degenerativos.

Finalmente, en su último trabajo citado (1950b), indica que la sección del vago, en gatos y corderos, fue seguida por degeneración de fibras sensoriales marcadamente argirofilas y con grandes diámetros, así como también las fibras postganglionares parasimpáticas, las cuales son igualmente argentofilas. La destrucción del ganglio estrellado dió lugar a degeneración de las extremadamente finas fibras simpáticas postganglionares, las cuales son más fácilmente impregnadas por la plata. Las fibras parasimpáticas y simpáticas postganglionares fueron halladas en las paredes de las aurículas, así como también en los ventrículos, pero particularmente, en la pared del ventrículo izquierdo. Las fibras sensoriales del vago terminan principalmente en las paredes auriculares, aunque también se observan algunas en las paredes ventriculares. Las fibras nerviosas terminan en forma de anillos, asas o botones, o formaciones metaterminales. Las terminaciones nerviosas intraplasmáticas fueron halladas en las fibras del miocardio, así como también en las células de Purkinje.

Con el resumen de los trabajos expuestos se muestra, de una manera genérica, el estado en que se encontraban las investigaciones sobre inervación del corazón a finales de la mitad del siglo actual con gran auge de la teoría miogena para la conducción cardiaca, por falta de datos morfológicos y funcionales sobre la inervación de este órgano; además, los datos obtenidos por los diferentes investigadores son muchas veces contradictorios.

Ante tales circunstancias no es de extrañar que a partir de los años cuarenta y hasta el comienzo de los años cincuenta **GLOMSET** y sus colaboradores (**GLOMSET** y **GLOMSET 1940a,b**; **GLOMSET** y **BIRGE, 1945, 1948**; **GLOMSET** y **CROSS, 1952**) inician una serie de trabajos morfológicos y funcionales sobre el sistema de conducción y la inervación cardiaca. Tras terminar los análisis

sobre las diferentes partes del sistema de conducción, (GLOMSET y BIRGE, 1948) en el capítulo de comentarios generales del citado trabajo dice: "Al principio de nuestras pesquisas en la génesis de las distintas clases de bloqueo cardiaco, nosotros sabíamos que todo el problema no podría ser resuelto por nuestras investigaciones sobre las alteraciones patológicas que implican al miocardio. Estas son evidentes razones que justifican la limitación de nuestro método:

1º) Se conoce pueden registrarse trastornos profundos y aún mortales de la función muscular, sin que dejen alteraciones en las estructuras revelables por las técnicas empleadas. Es posible que tanto la disociación auriculoventricular, como el retardo de la conducción intraventricular, pueda ser acarreado por semejantes disturbios, pero la razón que se infiere es más patente.

2º) El corazón posee un muy desarrollado sistema intrínseco, mucho más notable que los plexos de Auerbach y Meisner del intestino. Los anatómicos modernos parecen estar, sin embargo, mal informados de la existencia de este sistema, y los fisiólogos parecen confusos sobre su función. Tal estado de cosas existe a despecho de que Stannius indicó, hace mucho tiempo, que una ligadura aplicada al ventrículo de la rana por debajo del lugar donde se localizan las células nerviosas, ocasionaba detención del miocardio apical; y que Carlson, diez años después, describía que, en el limulus, todo el ventrículo cardiaco o la parte del corazón que era privada de su inervación intrínseca, suspendía el latido permanentemente. Nosotros mantenemos que es fisiológicamente legítimo pensar que el latido del corazón se origine en algunos de los numerosos ganglios establecidos en las aurículas; que el sincronismo de las aurículas y los ventrículos sea una función de estas células nerviosas; y que los ventrículos, al igual que las aurículas sean activadas por

impulsos conducidos a través de los cilindroejes de las células nerviosas auriculares. Además, que la conducción cardiaca normal o anormal es más o menos influida por el sistema nervioso intrínseco del corazón y que, por esta razón, tal sistema ejerce influencia en todos los disturbios de conducción y puede jugar un papel estelar en casos semejantes de bloqueo cardiaco, como los que han sido repetidamente manifestados sin cesar por Coffen; y en el mismo bloqueo de rama temporal, como los casos observados recientemente por Gryviel y sus colaboradores.

Evidentemente el sistema nervioso intrínseco del corazón sufre alteraciones patológicas similares a las de otros tejidos; sin embargo, nosotros no sabemos de alguien que haya intentado estudiar aún la anatomía patológica de este sistema. Por ello, parece que nuestro presente concepto de conducción cardiaca, en salud y enfermedad, es comparable al concepto de la circulación de la sangre que era sostenido por los profesionales en los tiempos anteriores a Harvey.

Los hallazgos sobre la inervación cardiaca, en resumen, los podemos concretar en los siguientes: observan nervios y células nerviosas subepicárdicas sobre la totalidad del atrio izquierdo. Describen dos tipos de ganglios en el surco terminal del hombre; de estos grupos, el mayor, consta de células grandes relacionadas con el vago; en tanto que el otro grupo, formado por células más pequeñas, se encontraba a cierta distancia de los nervios extrínsecos. Describen la existencia de numerosas células nerviosas en el haz auriculoventricular de la oveja y cerdo. Acompañando al haz auriculoventricular encuentran gran cantidad de nervios con fibras fundamentalmente de tipo ameduladas. En el músculo cardiaco observaron, en general, que alguno de los haces nerviosos acompañan a los vasos, pero otros lo hacen independientemente. Estos haces nerviosos forman un plexo alrededor de los haces musculares, y otro, más fino, rodeando las

fibras musculares aisladas. Las finas fibras nerviosas que acompañan a las células musculares son moderadamente onduladas y varicosas. Y cada fibra muscular está en contacto con una fibra nerviosa. Todos estos resultados los obtienen mediante el método argéntico de Bodian.

Sobre el sistema de conducción, indican, no encuentran evidencias anatómicas en forma de un nódulo y haz atrioventricular en el perro, mono rhesus y hombre, que permita sustentar la teoría miogena; además y en relación con las teorías de la conducción cardiaca, subrayan que las lesiones experimentales que afectan al haz atrioventricular implican, además y necesariamente, a los nervios que lo acompañan. Ante tales circunstancias argumentan que la secuencia de excitación entre las cámaras cardiacas podría estar controlada por nervios. Por ello y tras otros argumentos, expresan su opinión enérgica en favor de la teoría neurógena y niegan la presencia o propósito funcional del sistema de conducción del corazón de los mamíferos.

Por tanto, una vez divulgados los citados trabajos de Glomset y colaboradores no es de extrañar que se reiniciaran con fuerza las investigaciones sobre las bases morfológicas de la conducción cardiaca; tanto en el sentido del sistema específico de conducción, como de los elementos nerviosos intrínsecos y extrínsecos cardiacos; o analizando la relación existente entre los elementos nerviosos y sistema específico.

Como las bases morfológicas del sistema específico no es materia de nuestro trabajo, y la relación entre los elementos nerviosos intrínsecos y el sistema de conducción ha sido expuesto por uno de nosotros (**TALLON BARRANCO, 1984**) anteriormente, nos vamos a abstener de resumir los resultados obtenidos sobre el particular desde el año cincuenta hasta la época actual. Sólo nos limitaremos al análisis de los resultados obtenidos sobre la

inervación de las estructuras de las paredes ventriculares del corazón, con sus elementos vasculares, o de algunos otros trabajos sobre la inervación total del corazón, pero que tengan alguna relación con el tema.

**LANDAU (1948, 1949, 1949-1950, 1950, 1951)**, mediante los métodos argénticos de Bielchowsky-Agdhur, para las fibras nerviosas, y el de Weigert-Landau, para las vainas de mielina, realizan una serie de estudios en el hombre y algunos otros mamíferos sobre la inervación del corazón en general. Según sus hallazgos los haces nerviosos intramusculares tienen forma aplanada; cruzan las fibras musculares diagonal o transversalmente, o, con menos frecuencia, caminan paralelas a ellas y, generalmente, marchan independientes de los vasos sanguíneos. Las fibras de estos gruesos nervios poseen vaina de mielina de diferente calibre; también la tienen algunas fibras aisladas que penetran entre las fibras musculares. Estos nervios son de tipo simpático y parasimpático, pero también indica hallar fibras de origen espinal. Describe estructuras muy variadas como formaciones terminales de las fibras en el miocardio (forma de botón, anillo, racimo o aparato metaterminal); además llama la atención, repetidamente, sobre el hecho de que la presencia de terminaciones corpusculares, sobre el músculo cardíaco, pueden ser consideradas como un fenómeno discutible. En sus investigaciones sobre los diferentes mamíferos llega a la misma conclusión que **BOEKE (1924)** sobre la inervación del músculo cardíaco de la tortuga. Indica, además, que las aurículas están más inervadas que los ventrículos, y que, aunque la pared del corazón contiene fibras motoras simpáticas y parasimpáticas, esto ocurre principalmente en el ventrículo izquierdo, y las fibras sensoriales se hallan fundamentalmente en la aurícula derecha; que el nódulo de Tawara muestra una rica inervación, en tanto que el fascículo de His no contiene fibra nerviosa alguna; sin embargo si hay fibras nerviosas en la proximidad de las fibras de

Purkinje. En el tejido subendocárdico encuentra también fibras nerviosas mielinizadas y terminales aparentemente de naturaleza táctil. Sobre los vasos coronarios, indica, presentan abundante inervación, con fibras aferentes y eferentes; algunas de estas fibras nerviosas se ven insinuarse hasta el endotelio de los vasos coronarios.

**TCHENG (1951 a,b)** estudia la inervación del corazón, fundamentalmente en el perro, tras lesiones experimentales de su inervación extrínseca y con ayuda de la técnica de impregnación argéntica de Weber, analizando las características generales y las sinapsis interneuronales entre los ganglios cardiacos. Indica que las fibras pregangliónicas del vago, al terminar en los ganglios cardiacos, muestran delgados filamentos metaterminales que pueden ser de naturaleza pericelular o pericapsular, pero siempre independientes unos de otros; estos aparatos metaterminales muestran variaciones cíclicas, las cuales conducen a la formación de nódulos y, poco después, de anillos separados de las fibras nerviosas, mientras que estas fibras reconstruyen su terminación. Después de la sección unilateral del vago se encuentran células ganglionares, con aparatos metaterminales completamente intactos, junto a terminales degeneradas; es posible que las primeras metaterminales intactas pertenezcan al nervio contralateral, a metaterminales de células ganglionares próximas, o bien finalmente a fibras simpáticas pregangliónicas. En algún caso estas pueden ser sinapsis heterogénicas sobre el mismo elemento nervioso. Sobre la inervación general del corazón indica que encuentra ganglios cardiacos principalmente en la base del corazón; pero también los halla de tipo intramuscular y en la profundidad del ventrículo derecho; en las aurículas y en los ventrículos encuentra fibras simpáticas y parasimpáticas, si bien en los ventrículos las fibras inhibitorias se hallaban en menor cantidad que las excitatorias; igualmente encuentra abundante número de fibras eferentes en el apex. También indica la

existencia y discute diferentes formas de terminaciones nerviosas; pero además indica que indudablemente existen terminaciones nerviosas intraprotoplasmáticas en el interior de la célula miocárdica. Encuentra fibras nerviosas sensitivas y terminaciones de igual tipo fundamentalmente en las aurículas y raramente en los ventrículos; sobre el nódulo aurículoventricular indica está inervado, no sólo por fibras inhibitorias y excitatorias, sino también por considerable número de fibras sensitivas. Por ello sugiere que este nódulo es un centro cierto de reflejos. No existe inervación en el tronco común del fascículo de His, sus ramas principales y sus ramificaciones en el septum interventricular; en cambio en las fibras de Purkinje indica la existencia de fibras nerviosas, en estrecha vecindad con ellas.

**DAVIES, FRANCIS y KING (1951, 1952)** estudian la inervación de los ventrículos cardiacos de diferentes tipos de mamíferos, mediante los procederes argénticos de Blair, Holmes y Bielchowsky. En los ventrículos sólo encuentran células nerviosas en relación con el haz atrioventricular y sus ramificaciones; no las hallaron en el miocardio o endocardio de los corazones examinados, excepto en el de la vaca, donde las encontraron en la superficie del miocardio; las células halladas en todas las especies eran unipolares, bipolares y multipolares, indicando ellos, existen razones para suponer que las unipolares y bipolares tienen función aferente y las multipolares eferente. Sólo encontraron terminaciones simples en relación con las distintas estructuras ventriculares; las terminaciones nerviosas espirales que envuelven las fibras del miocardio creen son receptores de tensión. Respecto a los vasos indica que las terminaciones simples de la adventicia de las arterias coronarias pueden ser receptores de dolor. Describe nervios en relación con el haz atrioventricular, e indican que estos no tienen que ver con el impulso de conducción desde las aurículas a los

ventrículos. Estos autores no confirman la opinión de Nonidez de que las aurículas tienen inervación del simpático y parasimpático y los ventrículos sólo del simpático; así como tampoco confirman los hallazgos de **PLECHKOVA (1936)** o de **LAWRENTJEW (1929, 1946)** de que en sus partes terminales la misma vaina del neurilema contiene un cilindroeje simpático y otro parasimpático, para así realizar el antagonismo de los dos sistemas sobre una fibra muscular.

Durante la década de los cincuenta, **SOLER** y sus colaboradores (**AGUSTIN JIMENEZ, 1951; DURAN CARA, 1952; SOLER, 1953, 1954, 1955, 1956 a,b 1961; PESO CORTES, 1954; GARCIA AGUILERA, 1955; CORZO SAMOS, 1956; PEREZ ARTACHO, 1958; y CUESTA JIMENEZ, 1960**), dirigen sus investigaciones hacia el estudio de la inervación cardiaca, fundamentalmente tras realizar distintos tipos de lesiones experimentales en la inervación extrínseca cardiaca, para seguir bien el rastro de la degeneración walleriana consecutiva en las distintas estructuras cardiacas, mediante métodos de impregnación argéntica (Gros, Bielchowsky y Soler), o para ver las alteraciones funcionales consecutivas mediante análisis electrocardiográficos y tras alteraciones de la volemia, comparando sus resultados con especímenes normales de control. Los estudios experimentales los realizan fundamentalmente en el gato y para los especímenes control se utiliza material humano, gato, carnero, y ternera. Los resultados obtenidos tras estas investigaciones son los siguientes:

**AGUSTIN JIMENEZ (1951)** encuentra la existencia de redes nerviosa y ganglios en distintas áreas cardiacas cuyos detalles topográficos concreta. Refiriéndose a la zona de nuestro estudio indica que, en el vértice cardiaco, existen fibras nerviosas degeneradas y sin degenerar, tras lesiones del simpático; pero ausencia de células ganglionares.

**DURAN CARA (1952)**, tras vagotomías dobles, estudia la proyección walleriana sobre el septum crucial cardiaco. En él encuentra abundantes fibras musculares contráctiles cardiacas, sin el menor vestigio de células de conducción, en el área en que debiera hallarse el fascículo de His. En dicha área existe abundantes fibras nerviosas que, en su mayor parte, se encuentran degeneradas; indica, además, que las fibras nerviosas del septum, a nivel de la encrucijada, siguen la dirección del conjunto fascicular principal de la región y se introducen entre fibra y fibra muscular.

**SOLER VIÑOLO (1953, 1954, 1955, 1956 a,b)** analiza comparativamente la inervación cardiaca en corazones humanos, de gato, carnero y ternera, observando, además, las relaciones existentes entre el sistema nervioso y el sistema de conducción. Analiza la topografía de los grupos ganglionares del corazón y sus relaciones con la inervación extrínseca. Posteriormente presenta una comunicación sobre los dispositivos nerviosos intraparietales extrínsecos e intrínsecos del corazón. También estudia, en series embrionarias humanas y de cobaya, algunos aspectos del desarrollo entre el sistema nervioso y de conducción cardiaca. Igualmente analiza los aspectos degenerativos de la inervación extrínseca del gato tras diferentes tipos de lesiones experimentales hasta la denervación total.

**PESO CORTES (1954)** tras resecciones simpáticas realiza un análisis microscópico sobre la degeneración walleriana en las aurículas y pedículo arterial. Refiriéndonos al pedículo arterial indica que, tras este tipo de lesiones, el porcentaje de fibras degeneradas es muy elevado tras . . . estelectomía doble; y cuando es simple, la proporción desciende aproximadamente a la mitad; y que estas fibras al principio no guardan relación topográfica con el sistema vascular, pero sí en las ramas que salen de este plexo.

**GARCIA AGUILERA (1955)** concreta sus áreas de análisis de la proyección walleriana tras vagotomía, al septum atrioventricular. Analiza las características que la degeneración presenta en dichas áreas en las vagotomías simples, derecha e izquierda, y la vagotomía doble.

**CORZO SAMOS (1956)** realiza denervaciones totales cardiacas y concreta el análisis de la degeneración walleriana en la zona de desembocadura de las cavas, pedículo arterial y septum. También describe, las características argentófilas y argentófoas de los ganglios localizados en las distintas áreas citadas.

**PEREZ ARTACHO (1958)** realiza estudios electrocardiográficos sobre las alteraciones que ocurren en la dinámica cardiaca tras distintos tipos de vagotomías; ello lo hace mediante tomas directas cardiacas en las áreas correspondientes a las zonas de los nódulos sinoauricular, atrioventricular y vértice del ventrículo izquierdo, con derivaciones mono y bipolares, contrastando los resultados con gráficas previas, obtenidas en los animales antes de provocar las lesiones nerviosas.

**CUESTA JIMENEZ (1960)**, finalmente, estudia las alteraciones que sufre la dinámica cardiaca tras diferentes tipos de lesiones nerviosas y alteraciones de la volemia. Sus análisis se basan en procedimientos electrocardiográficos y tomas cardiacas directas en las áreas citadas que lo hiciera Pérez Artacho.

**SOLER (1961)** realiza un estudio monográfico de los hallazgos obtenidos personalmente y los de sus colaboradores antes citados, cuyos resultados, referentes al área de nuestro estudio, los concretaremos posteriormente, en el capítulo de "Consideraciones y Discusión".

**LIPP (1951)** mediante la técnica de azul de metileno, estudia

en el corazón la inervación de las válvulas pulmonares. Observa que haces de fibras nerviosas pasan desde el septum interventricular para formar alrededor de las válvulas un plexo de anchas redes; desde este plexo se originan ramas que dan lugar a otro más fino, el propio de la válvula, el cual da finos haces que se dirigen a la superficie ventricular. Este último plexo penetra en la profundidad del tejido valvular y sus ramas forman finas redes bajo el endotelio del ventrículo. Los plexos de las valvas adyacentes se anastomosan entre sí, lo que indica una unidad funcional. Este investigador describe dos tipos de terminaciones nerviosas, que parecen ser, según indica, receptores sensitivos.

**MITCHELL (1953, 1955, 1956)** realiza una serie de estudios sobre la inervación del corazón, tanto extrínseca como intrínseca, y, además, discute la forma de terminación en el corazón de las fibras autónomas; en lo que concierne a nuestro estudio, describe en la musculatura cardiaca haces nerviosos delgados y gruesos, así como también un fino retículo terminal para la fibra muscular. También describe la morfología de los plexos coronarios, observando la existencia de retículos gruesos y finos en diferentes niveles de la adventicia. Sugiere que las fibras gruesas mielinizadas del plexo superficial son aferentes, en tanto que las más finas del plexo profundo, situado junto a la única media, son motoras.

**MITCHELL, BROWN y COOKSON (1953)** estudian las células nerviosas de los ventrículos en los mamíferos. Encuentran en el macacus rhesus y conejo, ganglios subepicárdicos situados en la pared del ventrículo izquierdo, más cerca del vértice que del surco auriculoventricular. Indican que la mayor parte de las células de estos ganglios son aparentemente multipolares, similares a la de los ganglios parasimpáticos. Por ello dicen es incorrecta la presunción de que el abastecimiento nervioso

ventricular es total o predominantemente ortosimpático, por lo menos en algunos animales.

**DUMONT y DROUIN (1954)**, mediante procedimientos histoquímicos para la acetil-colinesterasa, intenta obtener datos morfológicos sobre la inervación de la musculatura cardiaca. Piensan que no existen diferencias en las concentraciones de colinesterasa entre las fibras nerviosas especializadas y el miocardio en general.

**HOLMES (1956)** analiza las terminaciones receptoras nerviosas, en el corazón del perro adulto, en áreas receptoras del atrio y grandes venas previamente localizadas fisiológicamente; cree que las estructuras nerviosas halladas en dichas áreas podrían ser terminaciones nerviosas aferentes especializadas.

**BAUMANN (1957)**, mediante impregnaciones argénticas, estudia las terminaciones nerviosas en el corazón de la tortuga. Encuentra fibras gruesas, de aspecto sensitivo, principalmente en el endocardio y el epicardio; y fibras más delgadas, de aspecto neurovegetativo, pre y postganglionares, en las tres capas de la pared. Todas estas fibras terminan, por mediación de las colaterales cuyo extremo toma contacto con la célula inervada, por un aparato metaterminal de Weber. No se ve ninguna porción de red.

**ABRAHAM (1958, 1961 a,b, 1962 a,b, 1963, 1964, 1969); ABRAHAM y STAMMER (1957) y ABRAHAM y HORVATH (1959)** realizan una serie de investigaciones sobre la inervación microscópica del corazón en una serie de vertebrados, incluido el hombre, y tanto en animales de sangre fría, como de sangre caliente (anfibios, reptiles, aves, peces y mamíferos); en estos estudios utilizan como procedimientos de contraste, fundamentalmente tinción vital de azul de metileno y una modificación del método de plata de

Bielchowsky, aunque también en algunos, utilizan técnicas histoquímicas. Estos análisis los hacen de una manera general, después de hacer revisiones completas de la literatura sobre la morfología y topografía de los elementos cardiacos. En lo que se refiere a la inervación del miocardio, en sus primeros trabajos **ABRAHAM** y **STAMMER** (1957) sobre las aves, indican que entre el atrio y el ventrículo hay diferencias en la riqueza de su inervación, más abundantes en la pared atrial; señalan que los finos haces y las fibras nerviosas aisladas, que se originan de los haces nerviosos gruesos, siguen generalmente el curso de los haces musculares; pero a veces se cruzan. Estas fibras, en las paredes del atrio, acaban en terminaciones libres o en "Kugelartigen Endknopfgchen"; en la pared ventricular en forma de "Ringformigen Endigungen"; y en la musculatura de las valvas en terminaciones hypolemales "Endringen" y "Endknopfchen".

**ABRAHAM** y **HORVATH** (1959) observan que en los peces *Cyprinus carpio*, *Silurus glanis* y *Lucioperca*, el corazón contiene fibras y células nerviosas, sobre todo en su porción atrial, en el anillo atrioventricular también observan muchas fibras nerviosas, en estrecha relación con las fibras musculares. En el miocardio ventricular descubren igualmente gran cantidad de fibras nerviosas, algunas muy gruesas y con muchas neurofibrillas, y otras delgadas y con terminaciones varicosas. Las fibras nerviosas terminan en el hypolema de la fibra muscular mediante nódulos terminales.

En anfibios y reptiles, dejando aparte la inervación atrial, demuestran fibras nerviosas finas amielínicas, las cuales acompañan a los capilares o están situadas en otros tejidos miocárdicos; las de los capilares siguen un curso perivascular irregular y establecen frecuentes contactos con la pared capilar. Las fibras nerviosas que van al miocardio presentan características similares a las ya descritas.

**KISCH** (1958 a,b, 1960 a,b,c, 1962) analiza, mediante microscopía electrónica, el aspecto de los axones nerviosos en el corazón del hombre y de diferentes animales (mamíferos y anfibios), en distintas regiones cardíacas. Encuentra frecuentemente axones en el estrato subendotelial de las aurículas y ventrículos y muchos de ellos en contacto con capilares. Los axones aislados, raramente se encuentran próximos entre sí y en contacto con la pared capilar. Tales axones tienen una membrana en forma circular, elíptica u ovoide, la cual se va haciendo cada vez más delgada a lo largo de la pared capilar; estos axones poseen cuerpos cilíndricos, mitocondrias, pequeñas vesículas, retículo endoplasmático y muy finas fibrillas; en secciones transversales muestran solamente mitocondrias o fibrillas. Los axones en contacto con los capilares no tienen vaina de Schwann; en cambio, los grupos de axones si la tienen y de aspecto variable. También dice que las ramificaciones no se realizan por división de un axón, sino por separación de axones que están juntos dentro de una sola vaina. Igualmente señala la existencia de axones en contacto directo con el sarcolema de las fibras musculares de los ventrículos, en el hombre y varias especies animales, e igualmente también los encuentra en relación con el sistema de conducción. Los procesos finales de los protoaxones están próximos al sarcolema. Observa diferencias regionales en relación con la alta densidad nerviosa.

**SEINO** (1958) estudia el abastecimiento nervioso del corazón de la ardilla voladora. Encuentra un plexo de Gerlach en el pericardio, alrededor de los orígenes de la arteria pulmonar y aorta, con abundante número de pequeños y grandes ganglios. En los ventrículos, donde el epicardio es más delgado, no encuentra ni plexos de Gerlach ni ganglios. También encuentra plexos intramiocárdicos secundarios y terciarios, que tienen su origen en el plexo epicárdico. En el endocardio, dice, existe un plexo bien desarrollado donde, a veces, se descubren haces nerviosos

bastante gruesos. Sobre las terminaciones nerviosas indica lo hacen en forma de retículo terminal de Stohr, el cual nunca suministra ramas laterales a la célula muscular, sino que su control lo realizan por mero contacto. En el ventrículo no encuentra células nerviosas. Dice, además, que las terminaciones nerviosas de las fibras sensoriales se localizan sobre el miocardio y endocardio; las del endocardio son mayores y más numerosas, en tanto que las del miocardio son más simples. Estas terminaciones las clasifica según el modo de ramificarse, curso y tortuosidades. Las terminales del endocardio son de dos tipos: ramificadas y sin ramificar, con terminaciones sencillas; a estas terminales, además, las subdivide en grupos.

**BOTAR (1959 a,b 1963)** analiza la inervación del miocardio en distintos animales, en relación con la edad. Los resultados obtenidos en estos trabajos, junto con los anteriores ya citados, los resume en su libro "The Autonomic Nervous System" (1966) y se refiere, fundamentalmente, a las paredes atriales. Por la semejanza de la inervación de la musculatura del atrio con la del ventrículo, resumimos la disposición de estos elementos. En el miocardio describe un plexo grueso y otro fino, cuyos haces entrelazan el músculo cardíaco, pudiéndose observar anastomosis de las fibras más finas de los haces, para formar la red. Las fibras aisladas que se originan de los plexos nerviosos, se pueden seguir a distancia, caminando a lo largo de las fibras musculares a las que en algunos lugares cruzan; a estas fibras no las observa penetrar en la célula muscular, ni tener conexión alguna con su núcleo; tampoco encuentra terminaciones libres intercalares o terminales (puntas, anillos, eminencias o diminutos pies terminales). Supone que las fibras terminales penetran en un haz nervioso y se unen con alguna de sus fibras, y de esta manera constituyen un largo y enmallado plexo terminal. También indica que los haces y fibras aisladas del plexo nervioso están envueltas en células de Schwann. Sobre los vasos sanguíneos

dice están inervados por el mismo plexo y de manera similar.

**HAGI-PARASCHIV, NICULESCU, ONICESCU, FOTIN, TRIFU, JONDREA y RADU. (1959)** estudian en pequeños animales de laboratorio y mediante tinciones vitales y postvitales de azul de metileno e impregnaciones argénticas, el suministro nervioso de las arterias coronarias, poniendo especial atención en el abastecimiento nervioso de éstas en su origen y sus ramas terminales. Indican que las fibras nerviosas originadas del plexo perivascular que acompaña a los pequeños vasos, además de inervar a estos, también participan en la inervación del músculo cardiaco.

**PRICE, EIDE, PRINZMENTAL, CARPENTER (1959)** en sus estudios sobre la ultraestructura de las células musculares cardiacas del perro, describen la presencia de prolongaciones nerviosas individualizadas y en pequeños haces, en los espacios intercelulares del miocardio; sin embargo no pudieron demostrar contactos entre tales prolongaciones nerviosas y la superficie de la célula muscular.

**CHABAROVA (1960, 1961, 1962)** mediante las técnicas argénticas (Bielchowsky, Gros y Cajal), en corazones normales (hombres y diferentes mamíferos) y tras lesiones experimentales en animales (vagotomía y lesión de los ganglios espinales torácicos del primero al quinto) realiza un estudio de la inervación aferente del corazón. Indica que el aparato receptor, tanto del hombre como de los mamíferos, consta de extensos plexos y gran variedad de terminaciones nerviosas que ocupan todo el grosor de la pared cardiaca y forman expansiones en varias zonas del corazón. El plexo de los nervios espinales se distribuye de manera regular; en tanto que el correspondiente al nervio vago presenta conjugaciones mal localizadas. También indica que las terminaciones nerviosas aferentes son de dos clases principales, difusas y compactas, y se encuentran en todas las capas del

corazón, incluyendo el endocardio; en el miocardio existen husos neuromusculares.

Hirsch y sus colaboradores, realizan una serie de estudios, durante la década de los sesenta, sobre la inervación del corazón, en especímenes normales y tras distintos tipos de lesiones experimentales, generalmente utiliza procederes de impregnación argéntica y tinciones tricrómicas. Así:

**HIRSCH y BORGHARD-ERDLE (1961)** estudian la inervación de las arterias coronarias y el miocardio. Indican que el plexo nervioso arterial coronario sigue a los vasos hasta sus ramificaciones terminales. Describen el patrón de inervación simpática y parasimpática del corazón, puntualizando que las fibras vagales están integradas por los elementos motores y sensoriales, mientras que el simpático subsirve sólo funciones motoras.

**HIRSCH y BORGHARD-ERDLE (1962)** analizan fundamentalmente los músculos papilares anterior y posterior del ventrículo izquierdo. Observan la existencia de nervios grandes y pequeños con muchas fibras mielínicas gruesas y de fibrillas finas; los nervios los localizan alrededor de las ramas arteriales coronarias, primero, y, a medida que se introducen en el espesor del miocardio, se producen múltiples ramificaciones. Estos nervios terminan en ramas en forma de cordones sinuosos, que a su vez dan ramas secundarias que se sitúan alrededor de las bandas del músculo cardíaco. No pueden dilucidar las conexiones mioneurales puesto que no pueden precisar si las fibrillas terminales eran de naturaleza nerviosa, colágena o reticular.

**HIRSCH (1963)** estudia las conexiones fibrilares de los nervios con el plexo perimisial. Indica encuentra en el septum interventricular cardíaco muchos nervios de gran tamaño, con sus ramificaciones y otras divisiones filamentosas paraterminales,

las cuales son muy abundantes en esta zona. Dice que la abundante inervación existente en el tejido miocárdico de los músculos papilares, del miocardio especializado y regional, de los tejidos miocárdicos tomados al azar, y de las paredes laterales del ventrículo izquierdo del hombre, perro, conejo, cobaya y rana, hacen presumir que estos nervios son suficientes para proveer conexiones fibrilares en abundancia a cada una de las bandas musculares. Las conexiones estructurales entre los nervios y el plexo perimisial lo constituyen bandas sinuosas y haces y fascículos de fibras nerviosas asociadas con un soporte colágeno. Los fascículos se extienden entre y paralelos a las bandas musculares; estos se subdividen y las fibras que originan, continúan dentro de un plexo de fibrillas tortuosas, que se extienden sobre o circundan la banda muscular. Algunas de estas fibrillas son gruesas y otras finas. Parece que las miríadas de fibras proceden del vago y simpático; también supone que las conexiones mioneurales en el corazón humano, son perimisiales más bien que introducirse la fibra nerviosa dentro del protoplasma.

**HIRSCH (1963)**, finalmente, hace un estudio comparativo sobre la inervación extrínseca del corazón en los vertebrados.

Después **HIRSCH, WILLMAN, JELLINEK y COOPER (1963)** y **HIRSCH y Cols. (1964)**, tras estudios experimentales de denervaciones de diferentes tipos, hasta llegar a la denervación extrínseca total, estudian respectivamente las correlaciones cuantitativas de las catecolaminas miocárdicas con el plexo perimisial, en tejidos normales cardiacos de conejo y perro y en corazones de perros después de la denervación extrínseca; así como también sobre el aparato de inervación perimisial y receptores sensitivos en conejos y perros, tras denervación extrínseca total, vagotomía cervical bilateral y simpatectomía torácica bilateral. Indican que la denervación extrínseca total, en el corazón de los perros y conejos, es seguida rápidamente por una marcada disminución de

las catecolaminas cardiacas; y a la par se produce una rápida y extensa regresión de los elementos nerviosos simpáticos y parasimpáticos. Las fibras nerviosas y las fibrillas del miocardio que sobreviven, en número muy reducido, indican probablemente representan elementos eferentes postganglionares de naturaleza parasimpática, ya que los ganglios cardiacos extrínsecos parasimpáticos no están cortados, al ser distales al lugar de la denervación quirúrgica. Estos ganglios están ampliamente distribuidos en el epicardio de la base del corazón, en el miocardio y epicardio de la aurícula, y en el tabique interauricular. También indican que en los perros que sobreviven a una denervación total del corazón durante periodos prolongados, las catecolaminas intracardiacas vuelven a sus valores normales y existe, además, recuperación de los plexos perimisiales del miocardio.

Posteriormente **HIRSCH, KAISER y COOPER (1964, 1965 a,b)** realizan estudios experimentales de bloqueos cardiacos en perros. Para ello estudian previamente la distribución de los nervios, sus ganglios y terminales, en el miocardio septal del perro y hombre. Indican que el miocardio septal del perro y hombre, en la región crítica donde se producen los bloqueos del corazón, existen muchos nervios grandes y pequeños, asociados con sus correspondientes ganglios, fibras y fibrillas terminales. Nervios aislados o asociados penetran en el septum interauricular, en el tejido periadventicial de la aorta. Otros penetran anterior y posteriormente a través del epicardio.

Una agrupación de grandes nervios, con grandes ganglios, penetran en el miocardio interauricular, por detrás y cerca del borde más inferior de la pars membranácea, y sus ramas continúan hacia abajo, detrás del tejido miocárdico ventricular del septum.

Estos nervios tienen fibras mielinizadas, fibras amielínicas, algunas en fascículos y fibrillas. La relación de los ganglios con nervios en el epicardio y, profundamente, en el miocardio, sugiere que estos nervios son vagales. La presencia y distribución generosa de nervios asociados con ganglios indica que el tejido septal está inervado abundantemente por fibras motoras vagales postgangliónicas, por sus fibrillas terminales y sus arborizaciones terminales sensoriales. Terminales sinápticas, sin duda, también participan en la inervación del septum.

El miocardio ordinario septal, tiene, en abundancia, al plexo perimisial fibrilar y las arborizaciones terminales. El miocardio especializado del sistema de conducción tiene nervios con sus ramas que forman fascículos sinuosos de fibras, arborizaciones terminales y algunas fibrillas del plexo perimisial.

Estos investigadores citados, tras provocar lesiones septales en perros, observan que el bloqueo cardiaco producido en 6 perros estaba asociado con injurias y tejido de granulación en la porción posterior de la rama derecha del haz y su terminación; también había lesiones de los elementos nerviosos con pérdida del plexo perimisial y arborizaciones intersticiales. En los casos que no se provocaron bloqueos cardiacos (4 perros) no hubo lesión de los nervios y los ganglios asociados, aunque las primeras porciones de la rama derecha estaban destruidas. Estas observaciones le sugieren una relación causal entre la injuria del tejido nervioso, en la región crítica del septum interauricular detrás de la pars membranácea, y los desórdenes cardiacos designados como bloqueos cardiacos. Por ello dice que "el significado y propósito de la abundante inervación de la totalidad del corazón en la fisiología cardiaca y específicamente de la rica distribución de nervios con o sin ganglios en el tejido septal cerca o incluyendo al sistema de conducción merecen

una completa retasación".

También estos mismos investigadores (1965 b), tras estudios de degeneración extrínseca, concluyen que en el ventrículo cardiaco intervienen en su inervación elementos simpáticos y parasimpáticos.

Finalmente **HIRSCH (1971)** resume los resultados obtenidos sobre la inervación del corazón de los vertebrados y de los vasos coronarios.

**VIRAGH y PORTE (1961)** mediante microscopía electrónica, en el corazón de la rata, estudian los elementos nerviosos intramurales y la inervación del miocardio. Encuentran terminaciones nerviosas eferentes sobre la fibra muscular, y bulbos terminales asociados con el tejido de conducción, pero no sugieren que sea de tipo aferente e indican su similitud a los cuerpos de Hering. Describen la presencia de prolongaciones nerviosas, aisladas o en pequeños haces, en espacios intercelulares del miocardio, pero no encuentran contactos mioneurales.

**KROKHINA y PLECHKOVA (1962, 1963, 1964)** realizan estudios histoquímicos sobre la colinesterasa en los elementos nerviosos fibrilares y celulares del corazón en diferentes mamíferos (perro, gato, conejo), mediante la modificación de Gomori al método de Koelle. Encuentran que los elementos neuronales del corazón contenían una cantidad considerablemente menor de colinesterasa no específica, que a colinesterasa específica, y que algunos carecían por completo de colinesterasa no específica. La actividad más alta de colinesterasa fué encontrada en los ganglios nerviosos y en las fibras nerviosas postganglionares en el territorio de los ganglios. La colinesterasa se encuentra en todos los elementos estructurales de los fascículos y plexos

nerviosos periféricos, con excepción de las células de Schwann. También indican que mediante la prueba de la actividad colinesterásica, les permitió demostrar esta en los receptores efectores. La distribución de las estructuras efectoras se realizan decrecientemente en el siguiente orden: ventrículos, músculos papilares, aurícula izquierda, apéndices auriculares, aurícula derecha y tabique interauricular. El endocardio es un fuerte campo receptor, compuesto de fibras aferentes colinérgicas.

**PLETCHKOVA (1968)** también estudia, mediante métodos de impregnación argéntica, la morfología de la innervación intramural del corazón. Indica que los axones simpáticos y parasimpáticos caminan por un sistema cordonal.

**ANGELAKOS, FUXE y TORCHIANA (1963)** estudian, primeramente, la evaluación química e histoquímica de las catecolaminas en corazones de conejo y cobaya y después (**ANGELAKOS, GLASSMAN, MILLARD y KING, 1965**) analizan la distribución regional y localización subcelular en el corazón de la rana. Demuestran que todos los axones preterminales y terminales simpáticos son varicosos. Describen diferencias entre la innervación del atrio y los ventrículos, e indican que la densidad de innervación no es uniforme a través del miocardio. Discuten que pequeñas muestras de porciones cardiacas aisladas no pueden ser representativas de la totalidad del corazón, ni permiten estimar su innervación.

En los anfibios la catecolamina predominante en los nervios simpáticos es la adrenalina.

**MULLER y KASAHARA (1964)**, en corazones de perros, gatos, monos y cordero, mediante perfusión o inmersión de azul de metileno, estudian las terminaciones nerviosas. Indican que los principales tipos de terminaciones nerviosas halladas son

retículos terminales y terminaciones complejas sin encapsular. Los retículos terminales están formados por anastomosis de ramificaciones dendríticas de fibras mielinizadas, aparentemente eferentes. Las terminaciones nerviosas sin encapsular se originan a partir de fibras muy ramificadas, de tamaño medio o grande, con grandes variaciones en tamaño y forma. La localización de las terminaciones es la siguiente: el epicardio está abastecido fundamentalmente por terminaciones complejas sin encapsular de forma variable, siendo raro en esta estructura los retículos terminales; en el miocardio no se encontraron terminaciones sensitivas, en cambio demostraron terminales motoras en las fibras musculares miocárdicas atriales y ventriculares, en forma de finas fibras amielínicas. Las áreas mejor inervadas del corazón se encuentran en el endocardio atrial, particularmente en el área de apertura de los grandes vasos, y en el septum interatrial. En estas áreas se encuentran retículos terminales y una amplia variedad de terminaciones nerviosas complejas sin encapsular, ya aisladas o conjuntamente. En el endocardio ventricular solo existen retículos terminales. Las valvas de las válvulas mitral y tricúspide poseen ambos tipos de terminaciones, mientras que las de las válvulas pulmonar y aórtica solo tienen retículos terminales. Las terminaciones complejas sin encapsular (baroreceptores) son morfológica y funcionalmente homólogas a las terminaciones nerviosas sin encapsular complejas (receptores de tensión) de otras áreas del organismo. Se desconoce aún la función y estructura detallada de los retículos.

**WILLIAMS** (1964 a,b,c) estudia mediante métodos histoquímicos, la inervación de las válvulas cardiacas mitral y tricúspide, en distintos animales (cobaya, gato, conejo y erizo). Indica que la válvula auriculoventricular del cobaya contiene fibras nerviosas de dos tipos diferentes: finas y arrosariadas, que forman un rico retículo en la cúspide; y escasas fibras muy mielinizadas, de alrededor de 8 micras de diámetro, las cuales

las observa en la válvula mitral y las puede seguir dentro de las cuerdas tendinosas. Los rasgos morfológicos de estos dos elementos nerviosos sugieren que el rico plexo de fibras finas está relacionado con la medida de las características de la corriente de sangre cuando pasa por la cúspide de valvular; mientras que las fibras mielínicas gruesas podrían transmitir impulsos relacionados con el "timing" o propiocepción. En la válvula mitral del gato también se pueden seguir gruesos cordones nerviosos hasta dentro de la cuerda tendinosa. El plexo nervioso del vértice de la valva es menos denso que los de las válvulas del cobaya. Iguales hallazgos encontró en el conejo, pero el erizo, al igual que el cobaya, posee plexos extremadamente ricos.

**COOPER (1965)** al describir la inervación terminal del corazón, en el libro "Nervous control of the heart", sugiere que el plexo perimuscular solo puede ser de naturaleza aferente.

**DAHLSTROM, FUXE, MYA-TU y ZETTERSTROM (1965)** analizan la inervación adrenérgica del corazón del perro mediante la técnica de Falck. Observan muchos nervios adrenérgicos en el nódulo sinoatrial y auriculoventricular; describen la distribución de las terminaciones adrenérgicas intracardiacas como "patchy" e indican que las células nodales de conducción parecen no estar inervadas. Demuestran un plexo fundamental en estrecha relación con las fibras musculares cardiacas, que lo consideran adrenérgico; también dicen que todos los axones preterminales y terminales simpáticos son varicosos. En relación con las arterias coronarias describen un plexo adrenérgico, el cual yace junto a la parte más externa de la media. También describen la inervación de las arteriolas y venulas del músculo cardiaco.

**LATSIS (1965)** mediante el uso de técnicas argénticas, describe el hallazgo de terminaciones nerviosas libres en las válvulas cardiacas humanas.

**RANDALL (1965, 1976)** estudia la anatomía de la inervación cardíaca y el control nervioso del corazón. En estos estudios indica que la porción terminal de los nervios extrínsecos es probable sea el plexo nervioso intracaruiaco, además, llega a la conclusión de que de todas las porciones del abastecimiento nervioso del corazón la menos conocida es su inervación terminal.

**WENSING (1965)** en su trabajo sobre evidencias para la conducción neurogénica en el corazón de los mamíferos (cerdo, perro y gato), mediante los métodos de Koelle, Champy-Coujard y Bielchowsky y Gros, llega a las siguientes conclusiones:

- a) Los procesos de generación y conducción de los impulsos en el corazón de los mamíferos son neurogénicos, no miogénicos.
- b) El denso retículo de AIC en el nódulo sinoatrial induce la generación del impulso que dirige la contracción. Este es causado, probablemente, por productos neurosecretores de los AIC. El carácter varicoso de las extensiones de estas células apunta fuertemente en esta dirección.
- c) La conducción de los impulsos, en el atrio derecho, hacia el nódulo auriculoventricular se realiza a través de fibras nerviosas, que conectan los nódulos sinusal y el auriculoventricular.
- d) El retardo del impulso en el nodo auriculoventricular es causado por el componente nervioso plexiforme en este nódulo; la capa central, con su intensa formación de redes, debe jugar un papel importante en este retardo. El retículo de AIC entre la pared de este plexo puede ser el responsable para el ritmo de Tawara de este nódulo. Ya que el retículo es menos denso que el del nódulo

sinoatrial, el ritmo Tawara revelaría una frecuencia más baja en el nódulo auriculoventricular.

e) Después del nódulo auriculoventricular la conducción se realiza a través de fibras nerviosas postgangliónicas, que caminan a lo largo del haz de His y sus ramas.

f) La transmisión de los impulsos para las fibras musculares se realiza a través de las AIC, que están omnipresentes entre las fibras del miocardio.

**BOZNER, BARTA y MRENA (1966)** en sus estudios sobre la ultraestructura de los elementos nerviosos del miocardio en la rata, conejo y perro, describen la presencia de fibras nerviosas aisladas y de pequeños haces en el espacio intercelular del miocardio. Sin embargo, no fueron capaces de demostrar verdaderos contactos mioneurales.

**COOPER, NAPOLITANO, FITZGERALD, MOORE, DAGETT, WILLMAN, SONNENBLICK y HANLON (1966)**, al estudiar las bases estructurales para la función de las válvulas cardiacas, mediante métodos histoquímicos y microscopía electrónica en mamíferos, encuentran en las válvulas auriculoventriculares nervios adrenérgicos, los cuales indican son motores. Que en la válvula mitral del perro fibras arrosariadas de tipo monoaminérgicas, inervan sus fibras musculares; mediante microscopía electrónica encuentran en las válvulas auriculoventriculares del perro células musculares y fibras nerviosas. Ante tales hechos suponen que las válvulas han de jugar un papel activo, más que pasivo, en el cierre de los orificios auriculoventriculares en el asentamiento de la sistole ventricular.

**EHINGER, FALCK y SPORRONG (1966)** mediante la técnica de Falck, estudian la inervación noradrenérgica del corazón y los

vasos coronarios. Encuentran que el atrio, en el gato, posee mayor inervación que los ventrículos; y en los ventrículos observa un plexo adrenérgico en las varias especies analizadas.

**EL-SAYED, HEGAB y FERRANS (1966)** realizan un estudio histoquímico sobre las esterases del corazón de las ratas. Encuentran esterasa no específica y colinesterasa en las fibras del sistema auriculoventricular de conducción, en las fibras musculares corrientes del atrio y ventrículo, en las neuronas cardíacas y en algunas de las fibras nerviosas del corazón. La concentración más alta de ambos tipos de enzimas la encontraron en el sistema de conducción y en los elementos nerviosos.

**LEONTJEWА (1966)** orienta sus investigaciones hacia el estudio de la inervación adrenérgica de los capilares. Concretándose a los del miocardio ventricular indica la existencia predominante de pequeñas arteriolas con pocos nervios adrenérgicos; y que los capilares están completamente desprovistos de inervación simpática.

**RYBAK, RUSKA y RUSKA (1966)** mediante microscopía electrónica, estudian los elementos nerviosos en el ventrículo del corazón de la rana. Como otros investigadores, ya citados, encuentran fibras nerviosas individualizadas o en pequeños haces, en los espacios intercelulares del miocardio. No pudieron encontrar zonas de contacto entre las prolongaciones nerviosas y las células musculares cardíacas.

**TARATUTO (1966)** estudia la inervación terminal en el corazón humano, en 15 corazones de adulto, mediante el método de plata de Cajal. Analiza las características de la rica red de reticulina del miocardio, la cual es considerada por otros autores, según hemos indicado, como un plexo perimisial, o sea, el aparato terminal de la inervación motora. Este autor indica la

importancia de utilizar técnicas específicas, para poder interpretar correctamente los factores histológicos.

**THAEMERT (1966, 1969)** mediante procederes ultraestructurales, estudió las relaciones de continuidad de las células musculares cardíacas y los elementos nerviosos en corazones de rana y ratón, respectivamente. En el vértice del ventrículo del corazón de una rana, describe contactos entre prolongaciones nerviosas vesiculadas y las células musculares cardíacas, encontrando muchas uniones en dicha zona. Indica diferencias entre las especies sobre la disposición de las uniones musculares.

En el corazón del ratón encuentra haces amielínicos nerviosos, parcialmente revestidos de células de Schwann, los cuales se hallan frecuentemente en los espacios perivasculares de capilares y arteriolas. Encontró uniones neuromusculares en el miocardio del atrio derecho, en el septum interventricular y en el exterior de las paredes ventriculares; en cambio, no las halló en el miocardio del vértice. Sobre las uniones neuromusculares manifiesta que no se conoce con certeza la proximidad que debe existir entre la prolongación nerviosa y la superficie de la célula efectora, para una neurotransmisión efectiva.

**HADEK y TALSO (1967)** estudian los nervios amielínicos en el corazón de la rata y conejo, mediante microscopía electrónica, concretándose al músculo papilar y al miocardio ventricular. Encuentra escasez de elementos nerviosos, al contrario de la rica inervación que indican existe algunos investigadores que utilizan procederes argénticos y microscopía de luz. Observa la presencia de fibras nerviosas amielínicas y terminaciones aparentes de las fibras amielínicas a una distancia significativa, en relación con las células cardíacas, pero no contactos íntimos.

**HIRANO y OGAWA (1967)** mediante técnicas ultraestructurales, estudian la localización de la actividad colinesterásica en las terminaciones nerviosas del corazón del cobaya. En relación con el sistema de conducción dicen que existe escasez de contactos neuromusculares en los nódulos sinoauricular y atrioventricular. Describen la presencia de haces nerviosos intercelulares con prolongaciones nerviosas vesiculadas.

Demuestran intensa actividad colinesterásica en las hendiduras sinápticas existentes entre las prolongaciones nerviosas vesiculadas y la superficie de las células musculares específicas, en el espacio subendocárdico del septum interventricular del corazón del cobaya. Las prolongaciones nerviosas contienen sólo vesículas granulares.

**LICATA (1967)** estudiando los posibles mecanismos reflexogénicos que regulan la función de las válvulas cardiacas, describe muchos nervios adrenérgicos en las válvulas semilunares.

**SONNENBLICK, NAPOLITANO, DAGGETT, y COOPER (1967)** analizan las bases neuromusculares intrínsecas para el movimiento de la válvula mitral del perro. Para ello utilizan estudios ultraestructurales, fisiológicos y farmacológicos. Indican que las fibras musculares cardiacas de la válvula mitral del perro están inervadas por fibras monoaminérgicas arrosariadas. Que la respuesta del músculo valvular a la acetilcolina es la típica de la musculatura atrial. Sugieren que la musculatura valvular regula el tamaño y posición de las valvas durante el cierre e impide el aglobamiento de estas. Que está bajo control neural la dinámica del músculo valvular.

**UGLOVA (1967)** también estudia la inervación de las válvulas auriculoventriculares del corazón humano. Encuentra que ambas

válvulas, tricúspide y bicúspide, se hallan abundantemente inervadas; y que los elementos nerviosos que penetran en sus valvas forman un plexo, el cual está estrechamente ligado morfológica y funcionalmente con el de las restantes valvas. La naturaleza de este plexo depende de la capa valvular sobre el cual yace.

**EHINGER, FALCK, PERSSON y SPORRONG (1968)** estudian el contenido adrenérgico y colinesterásico de las neuronas del corazón en ratones y gatos, mediante la técnica de fluorescencia de Falck-Hillarp y la colinesterásica de Koelle. En todas las partes del corazón encontraron fibras con contenido de adrenalina y acetil-colina, aunque más abundantes en la aurícula. Indican que a los nódulos sinoauricular y atrioventricular los abastecen densos plexos nerviosos. Existe un plexo entre las típicas fibras del endocardio y las válvulas en el atrio. En las valvas se pueden encontrar fibras que contienen adrenalina y fibras con contenido colinesterásico, siguiendo un curso estrechamente paralelo. No se encontraron células ganglionares adrenérgicas en el corazón de estos animales. En el vago de los conejos sólo se encontró contenido de preterminales adrenérgicas.

**JOHNSTON (1968)** estudia las terminaciones nerviosas del endocardio humano, en corazones 8 horas después del fallecimiento del individuo, mediante perfusión e inmersión en azul de metileno. Encuentra dos tipos mayoritarios de terminaciones nerviosas: complejas acapsuladas y retículos terminales. Se describen las complejas terminaciones acapsuladas y las ramificaciones de arborizaciones grandemente variables y pequeñas terminaciones, originadas de las fibras mielínicas. Aquellas estructuras fueron encontradas sólo en la aurícula y particularmente junto a la unión auriculoventricular. La conclusión de la semejanza de las complejas terminaciones acapsuladas con la extensión de receptores parecidos de otros

tejidos, sugieren que aquellos sirven de baroreceptores en el corazón. Los retículos terminales están compuestos de reiterantes ramificaciones y anastomosis de finas fibras espumosas. Las finas y arrosariadas fibras se originan de fibras mielinizadas, pero el número y origen de las fibras progenitoras no se conoce. En este estudio, fueron encontrados retículos terminales en la aurícula, sobre las valvas auriculoventriculares y en el endocardio ventricular. La función del retículo terminal es desconocida. Mientras que la mayor parte de las evidencias sugieren que es sensitiva, no se puede descartar la función motora.

**KARANOV (1968)** estudia la inervación sensitiva de las venas cardíacas en el hombre, en estado normal, y en animales, tras lesiones experimentales de la inervación extrínseca cardíaca. Demuestra la existencia de un rico aparato nervioso en las paredes de las venas cardíacas, constituido por plexos de fibras nerviosas, neuronas individualizadas, nódulos nerviosos y fibras nerviosas mielínicas y amielínicas con sus estructuras terminales. Las terminaciones sensoriales son de estructura variable; predominan los receptores intersticiales no encapsulados de tipo concentrado difuso, así como terminaciones musculares halladas en la capa miocárdica del seno coronario y en la capa media de las venas cardíacas. La estructura del aparato receptor no es uniforme en los colectores venosos del corazón; este fenómeno fué atribuido por el autor a las diferencias en las condiciones hemodinámicas. Los receptores estaban concentrados principalmente en las paredes del seno coronario y junto a la división de las venas cardíacas. Encontró, mediante experimentación, que las terminaciones sensoriales se derivan de prolongaciones de las neuronas aferentes de origen vagal y espinal (Th1-Th6). En cuanto al modo de penetración de las dendritas de las neuronas aferentes dentro de la pared de las venas cardíacas, el autor subrayó que algunas fibras receptoras de origen espinal (Th4-Th6) se unían al vago, en el tórax, y

acompañaban a sus ramas cardiacas hasta inervar el substrato.

**LIPP y RODIN (1968)** analizan los plexos nerviosos adrenérgicos de las válvulas cardiacas, mediante el proceder de Falck, en cobayas y ratas. En ambas especies existen abundantes plexos nerviosos, que parecen continuación de la inervación del endocardio, los cuales se extienden a lo largo de las cuerdas tendinosas y llegan a los músculos papilares. Estos plexos están compuestos por uno general, formado por ramas gruesas y anastomosis de haces de fibras nerviosas, y otro plexo finísimo, con entrecruzamiento característico, el cual consta de pequeñísimas ramas de fibras nerviosas. Muchas fibras nerviosas poseen varicosidades.

**NOVI (1968)** mediante microscopía electrónica, estudia la inervación de los músculos papilares del ventrículo izquierdo de la rata. Indica que los haces nerviosos siguen el curso de los vasos hasta las arteriolas pequeñas. A este nivel se hacen cada vez más delgados, observándose salir de ellos axones individualizados que penetran en la célula miocárdica.

Distingue 3 clases de axones amedulados: tipo I, que contienen principalmente neurofilamentos y son considerados como la porción proximal de las fibras nerviosas implicadas en la conducción de los impulsos; axones tipo II, los cuales se caracterizan por contener vesículas granulares y agranulares; y los axones de tipo III, o terminaciones nerviosas, que representan el extremo anatómico final de los axones individualizados. Detecta verdaderas uniones mioneurales. Con gran frecuencia los axones tipo III terminan en el espacio intercelular haciendo poco contacto. Solo fueron observadas relaciones de poco contacto entre los axones y las paredes de los vasos.

**YAMAUCHI y BURNSTOCK (1968)** estudian la inervación del corazón de la trucha mediante microscopía electrónica, concretándose su análisis a las regiones: unión sinauricular, aurícula y ventrículo. Sobre la inervación del ventrículo dicen que cerca del vértice fué muy escasa, y que la de la aurícula parecía ser intermedia entre esta y la unión sinauricular. Las células del músculo ventricular eran mayores y con tasas de miofibrillas más altas que las de la aurícula y el tejido sinoatrial. Las vesículas intraaxónicas son en su mayor parte agranulares; sin embargo, aproximadamente el 9,5% de los 1472 perfiles de axones examinados, tenían un número de vesículas granulares pequeño (500-800A) y grande (mayor de 800A). Ello les sugiere que, al contrario de la opinión general, algunos nervios de los que abastecen el corazón de los peces tienen catecolaminas.

**KROKHINA (1969)** mediante microscopía de fluorescencia, estudia el componente adrenérgico de la inervación eefectora del corazón en el conejo, gato y cachorrillos de perros. Dice que el plexo terminal del miocardio contráctil del atrio y los ventrículos está íntimamente conectado estructuralmente con fibras nerviosas adrenérgicas que inervan los vasos coronarios. La inervación adrenérgica de los vasos coronarios y del miocardio es una estructura única, que intermedia la inervación. Se detecta las regiones preterminales de las fibras nerviosas adrenérgicas en las raíces de los grandes vasos arteriales, aorta y pulmonar. El desarrollo de los componentes adrenérgicos de la inervación del corazón se complementa más temprano que la de los colinérgicos. Sobre las grandes arterias dice que los nervios adrenérgicos penetran en el espesor de la muscular media.

**WINCKLER (1969)** al estudiar los nervios adrenérgicos del corazón, describe diferencias, en los animales pequeños, entre la inervación del atrio y los ventrículos; y que esta inervación no

es uniforme a lo largo del miocardio.

**BHARGAVA y PRAKASH (1970)** estudian la inervación del corazón del conejo mediante métodos histoquímicos. Sus conclusiones son similares a las indicadas por otros investigadores. Dicen que en el atrio existen más fibras de tipo colinérgicas; en tanto que en los ventrículos sólo existen en número moderado.

**CHIBA y YAMAUCHI (1970)** estudian mediante microscopía electrónica, la estructura de las terminaciones nerviosas del miocardio humano. Indican la existencia de fibras nerviosas aisladas o en pequeños haces en el ventrículo y en el atrio. Estas fibras nerviosas se caracterizan por un profuso número de mitocondrias, gruesas vesículas granulares, rosetas de glicógeno y cuerpos lisosómicos; algunas de estas fibras terminan sobre una célula muscular. La riqueza mitocondrial de los gruesos axones hace pensar que sean porciones terminales de aferentes cardiacos. Cerca de la mitad de los axones encontrados en el ventrículo y 2/3 de los de la aurícula no son vesiculados y, usualmente, son menores de 0,5 micras de diámetro. Las varicosidades contienen numerosas vesículas, en su mayor parte de 0,5 a 1,5 micras de diámetro, y se cree son porciones terminales de los eferentes cardiacos. La relación entre el número de perfiles de axones que contienen pequeñas vesículas granulares y los que contienen vesículas agranulares sin pequeñas vesículas granulares, es de dos a uno en el miocardio ventricular y de 1 a 7,1 en el miocardio atrial.

**MIKHAIL (1970)** mediante los métodos de hematoxilina-eosina, Van Gieson, Mallory, Azan, cloruro de oro y colinesterasa de Holmes y Bodian, estudian el abastecimiento nervioso intrínseco de los ventrículos del corazón de la rata, ratón y conejo de indias. Los dos ventrículos están suministrados por un rico plexo de fibras nerviosas; observa gruesos nervios en espiral y

describe 3 tipos de terminaciones sensoriales y motoras. También encuentra colecciones de células ganglionares entre las fibras musculares.

**NIJIMA (1970)** en el sapo, realiza estudios experimentales sobre la inervación aferente del corazón. Encuentra 2 tipos de fibras aferentes: mielínicas y amielínicas. El diámetro de las fibras aferentes mielínicas es de 3-8 micras. Las áreas de los campos receptores de los mecanorreceptores que pertenecían a estos 2 tipos de fibras eran parecidos a una bota y se distribuían en las paredes auriculares y ventriculares del corazón; también se encontró que en el seno venoso, en general, tendían a adaptarse lentamente. En la pared ventricular los receptores se localizan principalmente en el endocardio o capa muscular subendocárdica.

**SMITH (1971)** estudia, primeramente, la inervación de las válvulas auriculoventriculares y semilunares en varios mamíferos. Indica que, aunque la válvula tricúspide posee mayor inervación que la mitral, ambas poseen una inervación profusa la cual deriva del retículo perimuscular de la musculatura atrial y del plexo subendocárdico atrial. Por el contrario, las válvulas semilunares contienen unas redes extremadamente esparcidas y limitadas al 1/3 basal de la valva. No fueron identificadas terminaciones complejas, en relación con los plexos, en ninguna de las dos valvas auriculo-ventriculares y semilunares; pero si fueron encontradas, ocasionalmente, fibras nerviosas aisladas terminando abruptamente en puntos concretos de las válvulas auriculoventriculares del gato y conejo.

Posteriormente **SMITH (1971)** estudia, por una parte, la inervación intrínseca del corazón de las aves y, por otra, la localización de los ganglios intrínsecos cardíacos y plexos nerviosos en el corazón del recién nacido humano. En el corazón

de las aves se encuentran muchos pequeños ganglios asociados con la aurícula y el ventrículo. Las células ventriculares se encuentran intercaladas en los plexos ventricular, subepicardio y coronarios. Se observó la presencia de varias redes: subepicárdica, subendocárdica, valvular y aórtico-pulmonar; pero no confirmaron la existencia de terminaciones nerviosas. Indica, además, que la inervación coronaria es profusa y los nervios miocárdicos son escasos.

En el humano recién nacido describe Smith la topografía de los principales ganglios intrínsecos del corazón, los cuales los describe ordenados en grupos principales. Aunque la mayor parte de los ganglios están relacionados con las aurículas, también identifica grupos de neuronas en los ventrículos. Los ganglios varían considerablemente de tamaño y la mayoría de ellos, sobre todo los grandes, se encuentran en la cara superior del corazón cerca de la vena cava y de las arterias aorta y pulmonar. Todos ellos poseen cápsulas bien definidas y la mayor parte de las neuronas que contienen son de tipo multipolar, aunque también se han detectado formas pseudounipolares y bipolares. No ha podido identificar las terminaciones nerviosas gruesas y complejas que describen otros autores, aunque indica pueden existir terminaciones libres. También encuentra retículos en el subepicardio y en el subendocardio, asociados con las arterias coronarias.

**WOODS (1970 a,b)** estudia, primeramente, el patrón de inervación del corazón de la rana, con métodos argénticos e histoquímicos, comparando los resultados obtenidos entre ambos procedimientos. Indica que la inervación muscular la forma una serie de densas redes de haces nerviosos divididos en 4 grupos, según su tamaño y distribución. Los métodos de plata muestran menos fibras que los histoquímicos, pero ambos muestran el mismo patrón de distribución fibrilar. También examinan, mediante tinciones

argénticas y métodos histoquímicos, las fibras ganglionares en la raíz dorsal del vago y los ganglios simpáticos en los troncos vago-simpáticos y en el corazón. Como conclusiones obtiene: que las células ganglionares vagales son probablemente de tipo sensorial, que las células ganglionares simpáticas quedan confinadas en la cadena simpática, y que todas las células situadas en los troncos vago-simpáticos y en el corazón son de tipo motoras parasimpáticas. La sección de los troncos vago-simpáticos provocó la pérdida de todas las fibras nerviosas fluorescentes en el corazón, pero no se produjeron cambios algunos en las fibras con contenido acetil-colinesterásico en el músculo; también concluye que los métodos de fluorescencia y de colinesterasa muestran respectivamente a las fibras simpáticas y las parasimpáticas postganglionares. No encuentra pruebas que apoyen las afirmaciones de que algunos extensos plexos de fibras en el músculo sean de tipo nervioso.

Posteriormente (1970 b) estudia **WOODS**, mediante microscopía electrónica, las fibras nerviosas autónomas y sus vesículas, también en el corazón de la rana. Indica que las fibras postganglionares parasimpáticas son típicamente colinérgicas y tienen sólo unas pocas vesículas nucleadas entre numerosas vesículas agranulares pequeñas. Que las fibras postganglionares parasimpáticas son típicamente colinérgicas y tienen sólo unas pocas vesículas nucleadas entre numerosas vesículas agranulares pequeñas. Que las fibras postganglionares simpáticas tienen adrenalina y se encuentran en dos tipos de vesículas: una grande (90 nanomicras) y con un núcleo osmiofilo; y otras más pequeñas (40 nanomicras) y carecen de núcleo a no ser que la adrenalina esté teñida con el método de sodio dicromático acrílico aldehídico. No parecen existir ningunas diferencias a parte de la presencia o ausencia de las catecolaminas almacenadas.

**FERREIRA** y **ROSSI** (1971) estudian las denervaciones

provocadas por las cardiopatías en la enfermedad de Chagas. Observan que, en pacientes crónicos que murieron por la enfermedad, existen lesiones degenerativas en las fibras nerviosas autónomas y en estructuras celulares en las válvulas del corazón. También estos autores (1974) estudian la inervación de las válvulas humanas auriculoventriculares, mediante el método de tetróxido de osmio-ioduro de Zinc, ayudados por microdisecciones y esteromicroscopía. Mediante tales métodos les fue posible demostrar estructuras nerviosas autonómicas y celulares no descritas en válvulas cardiacas humanas.

**KHAISMAN y FEDOROVA (1972)** analizan las estructuras neurales adrenérgicas y colinérgicas, obteniendo los siguientes resultados: el epicardio ventricular posee una vigorosa inervación, compuesta por un plexo de numerosas fibras C amielínicas delgadas, y relativamente pocas fibras A delta mielinizadas, de origen espinal aferente. Mediante métodos histoquímicos (método de tiocolina de Koelle y Gomori y el método de catecolamina de Falck-Hillarp), combinados con métodos neurológicos clásicos y lesiones experimentales (vagotomías y deaferenciación espinal) les es posible encontrar el origen y significado funcional de las fibras C del plexo nervioso epicardial. La mayoría de estas fibras contienen acetilcolinesterasa activa y pueden ser consideradas como conductores colinérgicos de origen parasimpático (vagal). El resto de las fibras C del plexo epicárdico muestra una reacción catecolamínica, que evidencia su naturaleza adrenérgica (simpática).

**ALEKSEYEV y CHERNUKH (1973)** mediante microscopía electrónica estudian la inervación de los capilares sanguíneos en la rata. Confirman la presencia de axones autónomos varicosos cerca de los capilares miocárdicos hasta el vértice ventricular. También describen terminales axónicas, cerca de los pericitos, en los

citados capilares.

**HIBBS y ELLISON (1973)** estudian, mediante microscopía electrónica, la estructura de las válvulas auriculoventriculares del cobaya. En lo que se refiere a la inervación de dichas válvulas indican que las fibras nerviosas amielínicas son numerosas, tanto en la válvula mitral como en la tricúspide; pero sólo encuentran fibras mielinizadas en la válvula mitral. Que se encontraron terminales adrenérgicas típicas, adyacentes a terminales colinérgicas. También encontraron terminales llenas de mitocondrias (sensitivas); y un tercer tipo de terminales motoras.

**LANZA, FUSAROLI y BRATINA (1973)** mediante los métodos Falck-Hillarp y Gomori, estudian la inervación adrenérgica y colinérgica de las paredes auriculoventriculares de la rata, así como también el sistema conductor de los músculos papilares y válvulas semilunares. Indican que la inervación adrenérgica y colinérgica parece estar más desarrollada en el atrio derecho que en el izquierdo. En las paredes ventriculares no está tan desarrollada como en los atrios, siendo la pared ventricular derecha más rica que la izquierda. Los músculos papilares y las cúspides del músculo auriculoventricular, poseen gran número de fibras nerviosas, aunque la inervación de las válvulas semilunares es más bien pobre.

**QAYYUM (1973)** estudia la inervación del corazón del gato de Indias, mediante impregnaciones argénticas. Indica posee un rico abastecimiento nervioso, compuesto de ganglios y fibras. No observa células nerviosas dentro de los nódulos sinoauricular y atrioventricular, ni en el haz de His y sus ramas, aunque sí en la vecindad de las células sinoatriales y atrioventriculares. Observa que el tejido especializado de conducción posee gran número de fibras nerviosas amielínicas. Ello lo considera como

evidencia de que el tejido especializado funciona bajo control nervioso.

**YAMAUCHI, (1974); YAMAUCHI, FUJIMAKI y YOKOTA (1975); YAMAUCHI, YOKOTA y FUJIMAKI (1975)** mediante microscopía electrónica, estudian las conexiones sinápticas de dos tipos de interneuronas en los ganglios cardiacos. Dicen que la sinaptología de pequeñas células, con contenido granular, les sugiere la misión de interneuronas adrenérgicas en los ganglios cardiacos parasimpáticos. Las uniones sinápticas de las células se realizan desde el axón a la célula con contenido granular, las vesículas intraaxonales están agrupadas en el axolema de unión; pero las vesículas densamente nucleadas de la célula postsináptica no se sitúan sobre las membranas densas de esas sinapsis, por el contrario, la zona sináptica, polarizada en dirección opuesta, muestra ausencia de vesículas axonales en estrecha proximidad con el axolema postsináptico, pero existe una marcada congregación de vesículas densamente nucleadas hacia las especializaciones presinápticas de las células con contenido granular.

Las zonas sinápticas son multifocales más que bifocales, y la distancia mínima que separa cada zona sináptica es de aproximadamente 0,3 micras. Estos hallazgos pueden indicar que la excitación colinérgica de alguna o de todas las células con contenido granular, cause una inhibición recíproca de una o más terminales colinérgicas.

**ELLISON (1974)** por el proceder de fluorescencia, estudia los nervios cardiacos adrenérgicos del gato, en 16 regiones del corazón. Indica que los nódulos sinoatriales, auriculoventricular y tabique interauricular son las porciones más ricamente inervadas del corazón. Encuentra pocas diferencias entre la densidad de inervación de las secciones de las porciones atrial y

ventricular del miocardio. La mayoría de los nervios adrenérgicos que abastecen a los ventrículos derivan de los grandes haces del surco atrioventricular y se distribuyen a través del plexo subepicárdico. Cada una de las arterias coronarias tiene una inervación más bien escasa en el segmento inicial elástico, pero los vasa-vasorum están bien inervados. Los troncos principales de las arterias coronarias están rodeados de plexos compuestos únicamente de axones pretermirales; las terminaciones adrenérgicas vasomotoras son numerosas en las superficies externas de las medias musculares de las ramas miocárdicas principales menos importantes. Los plexos densos de nervios adrenérgicos los observa en las dos válvulas atrioventriculares, la válvula pulmonar está bien inervada y contiene un mayor número de nervios adrenérgicos que la válvula aórtica. Observa plexos perivasculares y terminaciones adrenérgicas libres en el pericardio. También observa grupos pequeños de células intensamente fluorescentes agregados en torno a los pequeños vasos sanguíneos en el tabique interatrial. La mayoría de estas células estaban en las zonas del nódulo atrioventricular.

**VAN DER ZYPEN (1974)** estudia preferentemente la musculatura auricular en el corazón de la rata. Sobre los ventrículos indica que existen diferencias en la inervación con el atrio; y que la densidad de inervación no es uniforme a través del miocardio.

**GABELA (1976)** en el capítulo de ganglios y plexos del corazón en su libro "Structure of the autonomic nervous system", hace un análisis de los resultados obtenidos por distintos investigadores, hasta la fecha, sobre la inervación cardiaca. Este análisis expuesto de manera muy esquemática, dice lo siguiente: la inervación del corazón se realiza por fibras que se originan desde o pasan a través del plexo cardiaco. Ambos tipos de fibras colinérgicas y adrenérgicas alcanzan el corazón; las primeras (fibras postgangliónicas parasimpáticas) se originan a

partir de células ganglionares del plexo cardiaco; las últimas (fibras postganglionares simpáticas) se originan de células ganglionares de la cadena paravertebral. En la mayor parte de las especies pequeños ganglios constituidos principalmente de neuronas colinérgicas, se encuentran consiguientemente muy cerca o dentro de las paredes atriales, particularmente cerca de los nódulos sinoatrial y auriculoventricular. Neuronas adrenérgicas no se encuentran dentro de las paredes atriales, sino que están usualmente presentes células cromafines intensamente fluorescentes. Las fibras adrenérgicas son abundantes en el atrio, particularmente en los nódulos sinoatrial y auriculoventricular; las fibras nerviosas están relacionadas con los vasos sanguíneos y el propio miocardio. En un número de especies de mamíferos las fibras adrenérgicas son menos conspicuas en los ventrículos, con excepción del gato donde las fibras adrenérgicas pueden ser más numerosas en los ventrículos que en el atrio. Las fibras colinérgicas son también más numerosas en las paredes atriales, particularmente en las proximidades de los nódulos sinoatrial y auriculoventricular, que en otras partes del corazón. Las terminaciones nerviosas forman uniones neuromusculares, con unos espacios de 78/111 nm, con las células musculares del atrio, septum interventricular, y las paredes ventriculares más externas, en el ratón; las uniones neuromusculares parecen estar ausentes del apex del corazón. En el hombre las terminaciones nerviosas coteniendo pequeñas vesículas granulares (adrenérgicas) predominan en el miocardio ventricular; mientras que en el miocardio atrial predominan vesículas terminales de contenido agranular.

**SOKOLOV y GORIAN (1976)** estudian las relaciones vasculonerviosas en las válvulas del corazón, en material humano y de toro, mediante procedimientos argénticos. Demuestran la existencia de ciertas relaciones entre las válvulas cardiacas, fibras musculares estriadas, vasos sanguíneos y elementos nerviosos. La

estructura nerviosa de las válvulas están representadas por haces nerviosos de diferentes grosores; ellos están compuestos de fibras mielinizadas, más gruesas, y otras no mielinizadas, más delgadas. Hacia el margen libre de las cúspides los haces nerviosos se hacen más delgados y los troncos nerviosos emiten varias fibras nerviosas delgadas, que se disponen a lo largo de unos vasos semejantes a capilares, y en ciertos sitios aumentan alrededor de estos vasos. En ciertas porciones de las cúspides los haces nerviosos, que frecuentemente tienen una trayectoria en zig-zag, atraviesan los vasos sanguíneos en distintos sentidos. En el hombre la masa principal de vasos sanguíneos y elementos nerviosos se disponen cerca de las cúspides de las válvulas, acompañando a los haces de fibras musculares que penetran desde el lado de la base. En las válvulas cardiacas del toro se encuentran un número de vasos sanguíneos y elementos nerviosos en las grandes zonas de los capilares que no están en conexión con las fibras musculares.

**FORBES, RENNELS y NELSON (1977)** mediante microscopía electrónica y técnicas histológicas, estudian la inervación de la microcirculación miocárdica, fundamentalmente la relación de las terminales axónicas con las estructuras de los capilares y venas postcapilares del corazón del ratón. Indican que en el atrio y en los ventrículos del corazón del ratón, los axones terminales eferentes están asociados con numerosos capilares y vénulas postcapilares. Estos axones poseen características ultraestructurales que son típicas de las fibras autonómicas periféricas de otros tejidos. Muchos se encuentran cerca de los pericitos, en una relación estrecha que recuerda a aquella entre los axones terminales y las células del músculo liso de los grandes vasos. Los resultados de estos estudios están en consonancia con la opinión de que ella puede ser una inervación funcional de los capilares y vénulas postcapilares del corazón del ratón.

DCLOZEL, GEROVA, SLADEK y VASKU (1978, 1980) estudian, por métodos histoquímicos, la inervación de las arterias coronarias y del miocardio del perro. Primeramente en estado normal (1978) y después (1980) tras denervaciones experimentales tales como neurotomía local perivascular de la coronaria izquierda y extirpación bilateral del ganglio estrellado. Indican que la distribución de las terminales monoaminérgicas en la pared arterial depende del diámetro de la arteria. En las grandes arterias las terminales se distribuyen regularmente alrededor de su circunferencia total, estando situadas las fibras entre la lámina elástica y la adventicia. No pudieron ser detectadas las terminales dentro de la media. En las pequeñas arterias el plexo fundamental simpático se congrega en dos cordones paralelos a la arteria. En las arteriolas sólo dos gruesas fibras acompañan al vago.

El miocardio está inervado mediante un plexo fundamental simpático tridimensional, distribuido entre las células miocárdicas e independiente de los vasos. No se encontraron diferencias en densidad de inervación entre el corazón derecho y el izquierdo. El sistema de medida por conteo, por otra parte ha revelado que la densidad de inervación de la aurícula izquierda es aproximadamente dos veces más densa que la del ventrículo izquierdo. Las terminales que inervan el miocardio son marcadamente más finas que las fibras que inervan las arterias. Plexos bidimensionales inervan el epicardio, endocardio y válvulas. La evaluación del patrón de degeneración neural permite la sugerencia de que existen, al menos, tres tipos de neuronas dentro del corazón: 1) neuronas que inervan ambos vasos coronarios en el ventrículo y en el atrio; 2) neuronas que inervan el miocardio ventricular; 3) neuronas que inervan el miocardio atrial. Las fibras postgangliónicas del ganglio estrellado inervan los vasos de todo el corazón. Su contribución a la inervación del miocardio ventricular representa alrededor

del 30%.

PAPKA (1978 a,b; 1981) estudia, primero (1978 a), los tipos de terminales nerviosas en el miocardio del conejo recién nacido; y después (1978 b, 1981) el desarrollo de la inervación del miocardio ventricular del conejo desde el día 22 de gestación hasta 35 días postparto. Como técnicas de estudio utiliza microscopía electrónica y procedimientos histoquímicos. Observa 4 tipos de perfiles axonales en el miocardio en vías de desarrollo en el conejo: los axones adrenérgicos, que contenían principalmente vesículas pequeñas de núcleo denso, que presumiblemente pueden almacenar la 5 hidroxidopamina; los axones colinérgicos, que contenían pequeñas vesículas sinápticas y transparentes y que eran acetilcolinesterasa positiva; axones que contenían grandes vesículas repletas de un material moderadamente electrodenso y que se parecían a los axones colinérgicos; y perfiles repletos de mitocondrias, vesículas de distintos tamaños, cuerpos parecidos a lisosomas y microtúbulos, que se parecían a terminaciones sensoriales. En animales tratados con alfa-metilnorepinefrina las fibras adrenérgicas fluorescentes se pusieron por primera vez en evidencia, en los ventrículos, hacia el día 24 de la gestación. En términos ultraestructurales las terminaciones adrenérgicas y colinérgicas estaban en estrecha relación con las células del músculo cardiaco. Durante pocas semanas la densidad de la inervación aumentó y alcanzó el patrón adulto hacia el día 35 postparto. En muchos casos las fibras adrenérgicas y colinérgicas se evidenciaban en el mismo haz nervioso y estaban en estrecha aposición, sin ninguna intervención del citoplasma de las células de Schwann. Esta relación podría permitir más interacciones periféricas entre estas fibras y el miocardio.

Finalmente SULLIVAN (1982) orienta sus investigaciones hacia el estudio de la inervación adrenérgica del lado izquierdo del

corazón del cobaya, mediante técnicas histológicas, histoquímico-fluorescentes y microscopía electrónica. Encuentra que la mayoría de los nervios penetran por la base del corazón. Haces perivasculares de fibras amielínicas simpáticas postgangliónicas atraviesan el surco atrioventricular izquierdo. Desde este plexo perivascular los axones acompañan a la arteria, via plexo periarterial, para las profundas capas de la pared cardiaca. El árbol vascular es extremadamente complejo: en la aurícula izquierda se observó una abundante relativa inervación noradrenérgica en el tejido conectivo intersticial que rodea al músculo cardiaco. En el ventrículo izquierdo la mayor parte de las inervaciones noradrenérgicas estaban localizadas en la túnica adventicial de todas las ramas de las arterias coronarias mayores, antes de penetrar en el músculo cardiaco. Estas gruesas ramas de las arterias coronarias estaban predominantemente inervadas por fibras postganglionares simpáticas. Aparentemente es desde este plexo nervioso perivascular desde donde recibe la musculatura ventricular izquierda la mayoría de su inervación adrenérgica.

Hacia esta época, primeros años de la década de los 80, un equipo de investigación dirigido por el profesor SOLER y en el departamento de Ciencias Morfológicas de esta Universidad de Granada, reinicia investigaciones sobre la inervación cardiaca. La finalidad que pretende es buscar las bases morfológicas nerviosas para la dinámica cardiaca. Estos trabajos se orientan bajo los puntos de vista macroscópicos, microscópicos (microscopía de luz y electrónica) de desarrollo y tras distintos tipos de lesiones experimentales de la inervación extrínseca, para seguir el rastro de la degeneración walleriana consecutiva y los trastornos funcionales que acarrearán.

Los resultados obtenidos, hasta ahora, se concretan en las Tesis Doctorales de TALLON BARRANCO (1984, 1986) y RODRIGUEZ

LOZANO (1986, 1987), que estudian respectivamente los elementos nerviosos del sistema de conducción atrioventricular y sus ramas y la inervación intraparietal de las aurículas. Además también se han presentado una serie de comunicaciones a congresos tales como "Organización neuroganglionar del plexo extracardiaco autónomo humano" (GARCIA, SOLER, MERIDA, RODRIGO y BARRANCO (1985); "Topografía y aspectos morfológicos y estructurales de los ganglios autónomos de la raíz del pedículo arterial cardíaco" (SOLER, LOPEZ SOLER y RODRIGUEZ LOZANO; 1985); "Proyecciones wallerianas vago-simpáticas en los ganglios autónomos de la raíz del pedículo arterial cardíaco" (SOLER, LOPEZ SOLER, 1985); "Aspectos ultraestructurales de las neuronas de los ganglios autónomos de la raíz del pedículo arterial cardíaco" (SOLER, MEGIAS, RODA, LOPEZ SOLER (1985).

La labor continúa en la actualidad por el mencionado equipo y otros nuevos miembros entre los cuales nos incluimos, que a partir de finales del 84 nos incorporamos a el.

También en otros centros de investigación han seguido realizándose investigaciones sobre el tema, aunque el número de comunicaciones ha disminuido en intensidad en relación con los decenios anteriores.

En relación con la materia de nuestro estudio la bibliografía que hemos podido encontrar a partir del año 84 es la siguiente:

DE BIASI, VITERELLO-ZUCARELLO y BLUM (1984) realizan estudios histoquímicos y ultraestructurales sobre las valvas auriculoventriculares en corazones porcinos y humanos. Observaron minuciosos plexos nerviosos en cada hojilla valvular y en alguna cuerda tendinosa, en todos los casos examinados, sin diferencias significativas de especies en el patrón de inervación. La

presencia de una inervación sensitiva fué deducida de la demostración, en todos los casos realizados, por acetilcolinesterasa de gruesas fibras nerviosas mielinizadas y de terminaciones con aspecto de tilde o de pincel. Además, los resultados de los métodos combinados histoquímicos y ultraestructurales mostraron la existencia de fibras nerviosas eferentes colinérgicas y adrenérgicas. Varicosidades nerviosas con vesículas claras o densamente nucleadas se observaron frecuentemente próximas a los vasos sanguíneos y a los haces musculares lisos cardiacos. las cuales, por ello, pueden ser consideradas como los blancos de abastecimiento nervioso eferente. El complejo patrón de inervación demostrado, les sugiere la existencia de un control nervioso de la función valvular a través de la regulación de los elementos contráctiles.

**GU, POLAK, ALLEN, HUANG, SHEPPARD, TATEMOTO y BLOOM (1984)** mediante estudios histoquímicos y con ayuda de un peptido bioactivo recientemente descubierto, el neuropeptido Y (NPY), estudian la inervación del corazón en el ratón y la rata. Encuentran que los nervios NPY inmunoreactivos eran muy densos alrededor del tejido nodal. También rodeaban las arterias coronarias y las arteriolas; y fueron hallados en estrecha asociación con el músculo cardiaco. La distribución de los nervios con contenido NPY, paralelos a las fibras noradrenérgicas, fue demostrada mediante el uso de anticuerpos para las enzimas que transforman las catecolaminas tirosina hidroxilasa y dopamina beta-hidroxilasa. Además se observó NPY en una proporción de neuronas intrínsecas situadas mayormente en el atrio y en estrecha proximidad al tejido nodal.

**FARLEY y CHAN (1986)** mediante microscopía de luz y electrónica, estudian la estructura y ultraestructura del ganglio marcapasos del escorpión, obteniendo los siguientes resultados: tiene una longitud de 50 mm., un diámetro de 50

micro.m. y se extiende a lo largo de la línea media dorsal del corazón. Los cuerpos celulares mayores (30-40 micro.m. de diámetro) se sitúan en agrupaciones a lo largo de la longitud del ganglio. El ganglio parece estar inervado por fibras de los ganglios subesofágicos y tres primeros abdominales. El ganglio cardiaco está rodeado por un neurilema y una vaina membranosa; la última deriva aparentemente de células de tejido conjuntivo vistas en el lado externo del ganglio. Otras fibras nerviosas de las áreas neuropilas están rodeadas por una membrana y citoplasma de células gliales. Frecuentemente existen varias capas de membranas gliales que forman una laxa mielina. Los nervios cardiacos también están rodeados por un neurilema y los axones por glia. Los nervios motores contienen vesículas de 60 a 100 nm y gránulos opacos de 120 a 180 nm de diámetro. En los ganglios cardiacos algunos cuerpos celulares nerviosos tienen complejas invaginaciones de prolongaciones gliales, que forman un trofoespongio periférico. En un área de neuropilas las prolongaciones de las células nerviosas se encuentran frecuentemente en estrecha aposición; la configuración típica septolaminal de lagunas de unión es común, con distancia de las vesículas de 1-4nm. En tejidos teñidos con fosfato de lantano durante la fijación, encontraron vesículas sin conexiones, sin teñir (1-2nm de diámetro), entre nervio y nervio y prolongación celular nerviosa-glial. También fueron observadas vesículas anulares o de doble membrana, en varios estadios de formación en algunas fibras nerviosas de ganglios teñidos con fosfato de lantano. Eran abundantes las terminaciones nerviosas con vesículas electroluminosas, de 40-60 nm de diámetro, en los ganglios cardiacos; lo cual sugiere que estas contienen el transmisor excitador de las neuronas intrínsecas a los ganglios. Menos abundantes son las fibras con membrana limitante de granulos opacos, de forma circular u oblonga, y tan gruesas como 330 nm en su dimensión mayor. También fueron observadas algunas terminaciones nerviosas en ambas vesículas y granulos.

SMIH, CHUANG, TSAI y LIU (1986) intentan localizar las neuronas postganglionares simpáticas que inervan el corazón del gato. Para ello inyectan, experimentalmente, peroxidasa de rábano en las capas subepicárdicas de 4 regiones diferentes: vértice del corazón, región del nódulo sinoatrial, pared ventral del ventrículo derecho y pared dorsal del ventrículo izquierdo. Los animales fueron sacrificados de 73 a 92 horas tras la experiencia, tras fijados por perfusión, fueron extraídos los ganglios simpáticos paravertebrales desde el cervical superior hasta el décimo torácico. Obtienen los siguientes resultados: después de la inyección de la peroxidasa de rábano en el vértice del corazón, región del nódulo sinoatrial y la pared ventral del ventrículo derecho, se observó que las neuronas simpáticas marcadas con la peroxidasa de rábano estaban localizadas, predominantemente, en el ganglio estrellado izquierdo. Fueron encontradas pocas células marcadas en los ganglios torácicos 4, 6, 8 y 9. Después de la inyección de peroxidasa de rábano en la pared dorsal del ventrículo izquierdo fueron observadas células marcadas con peroxidasa en el ganglio estrellado izquierdo.

FRANTISEK KRISTEK (1987) mediante microscopía electrónica, analiza las terminales nerviosas autónomas en relación con las estructuras contráctiles de las arterias coronarias del perro, seleccionando tres porciones: rama interventricular posterior, y sus ramos primero y segundo. Indica que no se encontraron fibras nerviosas en la túnica media de cualquiera de los tres segmentos consecutivos. En la túnica adventicia fueron hallados axones con varicosidades, a una distancia de la túnica media de 0,5-15 micro.m. (alrededor del 50% 0,5-4,5 micro.m) en el ramo interventricular anterior; de 0,4-12micro.m (alrededor de un 50% 0,5-3,4 micro.m) en la primera rama y de 0,3-6,0 micro.m (alrededor de un 50% 0,3-2,3 micro.m) en la rama de segundo orden. Las varicosidades contenían pequeñas vesículas densamente nucleadas (35-60 micro.m) y grandes vesículas nucleadas (70-90

micro.m excepcionalmente a 120nm); el otro tipo contenía pequeñas vesículas claras (35-60nm) y pocas vesículas grandes densamente nucleadas (70-90nm). La distancia notablemente grande entre las terminales nerviosas y las células del músculo liso encaja bien con la pequeña tasa de control simpático del conducto de la arteria coronaria. Fué revelada estrecha aposición de terminales nerviosas a fibroblastos (30-200nm) en las tres porciones coronarias consecutivas. Además, los axones terminales frecuentemente se pierden sobre el lugar abluminal y la cara del fibroblasto.

Finalmente **METZ, AIDONIDIS, TRAUTNER y BRACHMANN (1987)** estudian la inervación del corazón, tras oclusión de las arterias coronarias en el perro, mediante el uso de métodos inmunohistoquímicos, combinados con morfométricos y electrofisiológicos. Después de tres días desde la oclusión hallaron una casi completa desaparición de la inmunoreactividad sinaptofisina, NPY y CGRP, en las regiones infartadas en los experimentos de ligaduras. Después de la oclusión intravascular, sin embargo, sólo fueron observadas diferencias secundarias en la densidad de inervación, al compararlas con los controles. La alta incidencia de arritmias ventriculares, después de la estimulación simpática, indica o confirma la mejor preservación de los nervios en la oclusión intravascular. Los resultados sugieren diferentes patomecanismos de la degeneración de los nervios en varios modelos de infarto, lo cual parece ser importante para la patogénesis de las arritmias.

Esta es pues la situación del problema sobre la inervación de los ventrículos, algunos de cuyos datos intentaremos puntualizar en el presente trabajo.

MATERIAL Y METODOS

En la realización del presente trabajo se han utilizado corazones humanos (adultos y fetos) y de distintas especies animales (gato, ternera y carnero). Parte de él fue preparado por nosotros para el presente estudio; el resto procede de material experimental de archivo de este Departamento elaborado para investigaciones anteriores también sobre inervación cardíaca (DURAN, 1952; AGUILERA, 1953; CORZO, 1955; SOLER, 1953, 1954 a,b; 1956 a,b, 1961; TALLON, 1984; y RODRIGUEZ LOZANO, 1986.

Este último material nos ha servido para contrastar nuestros resultados y, además, como material de estudio, debido a que los procedimientos ópticos en la actualidad son mejores que los utilizados en aquella época. A continuación exponemos una relación de los animales y número de corazones empleados en el presente estudio.

#### MATERIAL.-

El material utilizado para la realización del presente estudio ha sido corazones normales procedentes de los animales que a continuación citaremos. También hemos utilizado como material corazones de gato en los cuales se habían realizado

experiencias previas de distintos tipos de denervación experimental del corazón:

- a) Adulto Humano (4 casos).
- b) Feto Humano (6 casos).
- c) Ternera (3 casos).
- d) Carnero (4 casos).
- e) Gato adulto normal (6 casos).
- f) Gato recién nacido (3 casos).
- g) Gato con denervaciones experimentales (30 casos).

#### PREPARACION DEL MATERIAL.-

En la preparación del material seguimos los pasos que a continuación exponemos.

#### Fijación del corazón:

En todos los casos empleamos las soluciones fijadoras que a continuación citamos:

- Formaldehido (del 35% en peso) neutralizado con carbonato de magnesio a saturación, 20 cc. + Agua destilada, 80 cc.

En algunos casos, se utiliza la siguiente fórmula fijadora de fórmol-clorato, según Soler, (1950, 1951, 1952).

- Formaldehido (del 35% en peso) neutralizado con carbonato de magnesio a saturación, 20 cc.
- Agua destilada, 80 cc.
- Clorato potásico, 3 grs.

En los casos normales la fijación del corazón se hizo mediante dos procedimientos: en los corazones de ternera, carnero y adulto humano, la fijación se realizó por perfusión vía arterias coronarias, una vez extraído del cuerpo del espécimen; y en el material procedente de feto humano se fijó "in situ" mediante perfusión vía vasos umbilicales.

En cuanto a los gatos la fijación del corazón se efectuó mediante perfusión "in vivo" e "in situ", mediante las soluciones fijadoras que hemos citado anteriormente, utilizando las vías aórtica torácica o abdominal (Previamente se había anestesiado el animal con hidrato de cloral al 5%, vía intraperitoneal).

En la ternera y carnero el periodo de tiempo transcurrido entre la muerte del animal y la fijación del corazón fue de una a dos horas; y en los corazones de feto y adultos humanos se siguieron las disposiciones legales vigentes en la actualidad para realizar la autopsia, extraer la pieza y fijarla.

En todos los casos la fijación de la pieza o bloques de ella, continuó por inmersión y durante un tiempo mínimo de alrededor de 15 días. Es conveniente aclarar que el fijador debe ser renovado con frecuencia hasta la fijación total de la pieza, quedando ésta inmersa en un líquido totalmente transparente.

#### Esquematización de la pieza:

Se realizaron dibujos de las piezas en conjunto y, en ellos, se señalaron las áreas de los distintos bloques que posteriormente serían tomadas para estudio. Estos bloques se numeraron para dejar constancia de su localización y características. De las áreas que se sistematizaron, han sido empleadas para el presente trabajo, las correspondientes a las paredes ventriculares y septum interventricular.

### Cortes microtómicos:

Se efectuaron mediante microtomo de congelación. La orientación de los cortes, con respecto al eje mayor del corazón, fué dirigida en los sentidos horizontal, sagital y tangencial, en bloques similares de distintos corazones, para contrastar resultados. Los cortes se han dado de un grosor de 10-15 micras, ya que grosores excesivos o, por el contrario, demasiado finos no son convenientes para los procedimientos argénticos a emplear, pues el corte fino impide seguir trayectos nerviosos extensos; por el contrario, el corte demasiado grueso dificulta el análisis de estructuras y el empleo de grandes aumentos microscópicos.

(Es importante destacar que la pieza debe tener un grado óptimo de congelación para la sección microtómica, ya que el exceso de congelación dá lugar a una fragmentación del corte; en cambio si la congelación es insuficiente o el filo de la cuchilla es inadecuado, el resultado será que los tejidos aparecerán deshilachados y las fibras conjuntivas se teñiran a la misma vez que el elemento nervioso; esto último puede conducir a interpretaciones erróneas entre los tejidos nerviosos y conjuntivo). Una vez obtenidos los cortes son depositados en cajas de Petri, donde se lavan con abundante agua destilada estando ya en condiciones para su tinción.

### MÉTODOS DE TINCION.-

#### Método de Gros:

- 1º) Impregnación en solución de nitrito de plata al 20%, que previamente ha sido filtrado. En esta fase el recipiente con los cortes se somete a calor, y en continuo

movimiento para evitar precipitados, durante un tiempo aproximado de 20 minutos y a una temperatura cercana a los 40°, hasta que los cortes hayan tomado una coloración dorada, semejante al color del tabaco pálido.

2º) Reducción directa en fórmol neutro al 20%. Los cortes se pasan por varios recipientes, agitándolos para evitar precipitados, hasta que el líquido quede transparente.

3º) Segunda impregnación argéntica en solución de plata amoniacal (solución acuosa al 20% de nitrato de plata precipitada y redissuelto el precipitado con amoníaco, filtrando después la solución antes de usarla; por lo general se añaden después unas gotas de amoníaco a la solución mencionada). Esta tinción debe ser controlada al microscópio.

4º) Fijación de los cortes en una solución de hiposulfito sódico al 5% durante un periodo corto de tiempo (alrededor de 3 minutos).

5º) Lavado abundante en agua destilada.

6º) Deshidratación en alcoholes de graduación ascendente (70°, 80°, 96° y absoluto).

7º) Transparentación y montaje al portaobjetos en xilol-carbol a partes iguales.

8º) Protección con bálsamo del Canada y cubreobjetos. Pasando acto seguido a la numeración y clasificación de portaobjetos.

Método rápido neurofibrilar.

- 1º) Lavado abundante en agua destilada.
- 2º) Pase por alcohol (96º) amoniacal a partes iguales, durante un tiempo de 5 a 10 minutos, hasta que el corte pierda parte de su opalinidad y al moverlo aparezca turbidez alrededor.
- 3º) Lavado abundante en agua destilada.
- 4º) Impregnación previa en solución de nitrato de plata al 10% en caliente, a una temperatura que empiece a emitir vapores, durante un tiempo de 3 a 4 minutos, hasta que las preparaciones hayan tomado un ligero tinte dorado.
- 5º) Reducción en solución de formol al 10% (en agua destilada). Conviene variarles una o dos veces de recipiente si el líquido muestra turbidez.
- 6º) Lavado abundante en agua destilada.
- 7º) Segunda impregnación argéntica, durante un tiempo de medio a un minuto, en el compuesto argéntico amoniacal hecho según las normas siguientes:
  - mézclense 5 partes de solución saturada de carbonato de litio con una solución acuosa de nitrato de plata al 10%. Disuélvase el precipitado formado totalmente con amoniaco. Añádase a la mezcla una parte de solución acuosa de hidróxido sódico al 5% recién hecha. Si el líquido tomara tinte oscuro, aclárese totalmente con amoniaco. Por cada parte de resultante, añadir tres de agua destilada.

- 8º) Lavado rápido con abundante agua destilada.
- 9º) Segunda reducción en formol al 10% (si las preparaciones tomasen un tinte muy oscuro, bájese la concentración del formol o téngase más tiempo en el lavado en agua destilada).
- 10º) Fijación en solución de hiposulfito sódico al 5% durante corto tiempo.
- 11º) Lavado abundante en agua corriente.
- 12º) Deshidratación por alcoholes de graduación ascendente (75º, 80º, 96º y absoluto); aclarantes (xilol-creotosa o xilol-carbol) y montaje al bálsamo.

#### APARATO DE MICROSCOPIA Y MICROFOTOGRAFIA.-

El estudio microscópico y microfotográfico ha sido realizado con un microscopio "Leitz", modelo Orthoplan, con cámara automática de microfotografía tipo Orthomat, de lentes variables (2:1, 2.5:1., 3.2:1), y tubo vario de (1.0, 1.25, 1.6., 2.0, 2.5 y 3.2).

Las lentes empleadas han sido: ocular GW 10XM y los objetivos Pl Fl 4/014, y 10/030; Pl 25/050 y 40/065; y Pl Apo Oel 100/132.

RESULTADOS  
OBTENIDOS

Antes de iniciar la descripción de los resultados obtenidos conviene tener en cuenta, entre otras, las siguientes consideraciones:

Cuando en este Departamento se reiniciaron las investigaciones sobre la inervación del corazón por SOLER y sus colaboradores, entre los cuales nos encontramos, la finalidad pretendida era la de hacer un estudio, lo más exhaustivo posible, de los elementos extrínsecos e intrínsecos del corazón humano y sus relaciones con el sistema muscular específico de conducción, musculatura contráctil y otras estructuras cardiacas (vasos, tejidos epiteliales e intersticiales, etc.).

El indicado estudio, si bien era posible hacerlo parcialmente en el hombre, sobre todo en lo que se refiere a los aspectos morfológicos nerviosos y sus relaciones con ciertas estructuras cardiacas vecinas, comprobamos era imposible hacerlo de una manera total, debido, por una parte, a que el material a emplear no reúne las condiciones adecuadas (material de cadáveres con cambios estructurales postmortem); y, por otra parte, debido a que ciertas estructuras, como el sistema de conducción, es imposible demostrarlo bien en esta especie, con las técnicas argentícas usadas, para poner de manifiesto las estructuras

nerviosas. Tampoco mediante dichas técnicas se pueden diferenciar al sistema a que pertenecen los distintos componentes nerviosos entre sí, ya que los intentos llevados a cabo por **NONIDÉZ (1939-1943)** y **TCHENG (1951)**, entre otros, basándose en el calibre de las fibras y sus apetencias por las sales de plata, no han podido ser confirmados por otros investigadores.

Ante tales circunstancias tuvimos que recurrir a corazones de distintas especies, como el gato, ternera y carnero, además del humano.

El material de gato lo hemos utilizado porque en él es posible fijar el corazón "in vivo" y, además, aplicar técnicas experimentales de degeneración nerviosa, que son las más efectivas para diferenciar los elementos vagales de los simpáticos y, dentro de estos, las fibras de tipo aferente de las eferentes. Por otra parte, en el gato, al ser su corazón pequeño, es muy fácil realizar tinciones en secciones de múltiples pequeños bloques, hasta llegar a la totalidad del corazón, orientadas en distintos sentidos; de esta manera se pueden analizar mejor las estructuras nerviosas de un área determinada y de la totalidad cardiaca, viendo sus características precisas en cada una de sus zonas.

El material de ungulados (toro y carnero) es útil porque en estas especies se diferencian bien, con técnicas argénticas y en las mismas secciones, los elementos nerviosos y sistema de conducción, y, por tanto, se pueden estudiar las íntimas relaciones entre estos elementos.

Por los motivos antes citados, como los análisis en el corazón de gato son más completos y, además, son los que nos han de servir de base a posteriores estudios experimentales, iniciamos con él la descripción de los resultados obtenidos sobre

la inervación del corazón. A continuación del gato describiremos los resultados obtenidos en los materiales de humano, ternera y carnero. De esta manera podremos confrontar las analogías y diferencias resultantes entre las distintas especies e intentaremos, si es posible, aplicar al hombre los resultados obtenidos en los otros animales estudiados.

Ahora bien, para poder realizar un análisis completo de la inervación de una zona determinada en cualquier especie animal, se ha de tener presente, en primer lugar, las áreas por donde llega la inervación entrínseca al corazón. Como clásicamente se conoce y ya indicaran, entre otros, **RODRIGUEZ LOZANO (1986)** al estudiar la inervación de las aurículas, y, sobre todo, **MORALES GONZALEZ (1989)** al estudiar en fases embrionarias el desarrollo de la inervación del corazón humano, son 4 las zonas fundamentales por donde, en los primeros estadios, este recibe su inervación: por el pedículo arterial o meso arterial; pedículos o mesos venosos laterales (antiguos conductos de Cuvier): derecho o futura cava superior; e izquierdo, primero vena oblicua y después seno venoso coronario) y por el meso venoso medial (área auricular subero-posterior medial o del surco periseptal y desembocadura de las venas pulmonares). Estas áreas de entrada, o pedículos cardíacos primitivos, quedan enmascarados en el adulto debido, en parte, a las transformaciones morfológicas que sufre el corazón; y, por otra, a causa de la complejidad morfológica que van adoptando los elementos nerviosos de tales pedículos durante su evolución, hasta formar los plexos cardíacos.

Estas primitivas áreas, como hemos dicho, se enmascaran, y las fibras de una zona se mezclan aparentemente con las de otra, aunque en realidad sus puntos de abordaje al corazón continúan siendo los mismos, cediendo fibras unas zonas a otras para hacer que las aurículas y ventrículos funcionen como un todo. Pues bien, a partir de los citados pedículos se realiza la

distribución de las fibras cardiacas.

En los ventrículos las fibras nerviosas, para mejor abordar sus estructuras, se disponen de modo diferente a las de las aurículas; aquí forman tres plexos principales: subepicárdico, subendocárdico e intermuscular; este último está situado en el intersticio de tejido laxo existente entre las capas musculares superficial y profunda. A partir de estos tres plexos citados se distribuyen las fibras nerviosas cardiacas entre sus distintas estructuras.

Ante tales circunstancias y con el fin de realizar una exposición más sistematizada, dividiremos los resultados obtenidos en las distintas especies, en varios apartados. En tales apartados se expondrá la topografía y características de los elementos nerviosos en los pedículos o zonas de abordaje principales de los nervios al ventrículo; de los plexos nerviosos subepicárdico, intermuscular y subendocárdico; y, finalmente, de los dispositivos nerviosos o plexos perivasculares. Dentro de cada apartado analizaremos sus características regionales y estructura de los elementos que los componen. Finalmente analizaremos las conexiones existentes entre los diferentes plexos, tanto entre sí como con sus dispositivos nerviosos terminales.

## CORAZON DE GATO

### Esquema general de la inervación de los ventrículos:

Los pedículos fundamentales, a través de los cuales los ventrículos reciben aportaciones nerviosas, son fundamentalmente dos: el origen de los grandes vasos (LAMINAS I, II, Figuras 1-8) y la zona de desembocadura del seno venoso coronario (LAMINAS V-VIII, Figuras 16-27); áreas que se encuentran en las zonas superiores ventriculares anterior y posterior aproximada y respectivamente. Estas áreas no son totalmente exclusivas, pues algunos pequeños nerviecillos pueden pasar directamente desde las paredes auriculares inferiores a las zonas ventriculares superiores.

A partir de dichas zonas pediculares principales los elementos nerviosos que los integran (fibras y acúmulos neuronales) se esparcen, en abanico, por las diferentes áreas cardiacas, de la siguiente forma: los elementos nerviosos del pedículo anterior, que pertenecen al plexo arterial, siguen, al principio y fundamentalmente, la dirección de las arterias coronarias y sus ramas, distribuyéndose por toda la superficie ventricular a partir de las áreas de los surcos, donde se encuentran los troncos principales de dichas arterias (LAMINA VII, Figuras 24-27; LAMINAS XII y XIII, Figuras 41-46), dando

lugar al llamado plexo subepicárdico o principal; posteriormente atraviesan la musculatura superficial, en su mayoría por las áreas de los surcos (LAMINA XIX, Figuras 66-69; LAMINA XXIII, Figuras 82-84) y el resto por las caras ventriculares, hasta llegar al intersticio que separa la capa muscular superficial de la profunda, formando parte del plexo intermuscular; de esta manera y, como veremos, se puede realizar bien el abastecimiento nervioso de la capa muscular superficial y de las áreas superficiales en la musculatura profunda.

Los elementos nerviosos que pertenecen al pedículo posterior, se originan de los mesos venosos laterales y medial y penetran fundamentalmente en profundidad, a través de los intersticios musculares (LAMINAS VIII-X, Figuras 28-37), siguiendo, más o menos, la vía del seno venoso coronario en su desembocadura al corazón. A partir de esta zona su distribución principal va a ser cardiaca profunda, pues a partir de la zona de unión de los septum interauricular e interventricular van a seguir un trayecto descendente, adoptando la siguiente disposición: parte de sus fibras tienden a hacerse subendocardiacas y siguen el trayecto de los elementos del sistema de conducción para su distribución final (LAMINA XI, Figuras 38-40); el resto penetra en la región intermedia del septum, por el intersticio que separa la zona teórica entre la musculatura perteneciente a uno y otro ventrículo (LAMINAS XVI y XVII, Figuras 54-61). Además, a este dispositivo nervioso septal se le unen fibras que se originan en los ganglios intracardiacos más superiores del septum interauricular, y, en un plano más anterior, se le unen también fibras superiores, más profundas, con origen en el plexo del pedículo arterial.

Como hemos indicado, ambos pedículos, en sus zonas de origen, están constituidos, no sólo por fibras nerviosas, sino también por grandes y pequeños acúmulos celulares (LAMINAS I y

II, Figuras 1-8; LAMINA VI, Figuras 20-23). Pues bien, parte de estos acúmulos ganglionares migran a zonas cardiacas más distales, siguiendo el trayecto de las ramas o plexos nerviosos que se originan en los distintos pedículos, formando parte, no solamente de plexos subepicárdicos, sino también de los plexos intermuscular o medial (LAMINA XV, Figuras 50-53), dependientes del pedículo arterial; e igualmente del plexo profundo o subendocárdico, en zonas limítrofes a los nódulos atrioventricular y porción principal del haz de His (LAMINA VII, Figuras 28-29; LAMINA X, Figuras 34-37), fundamentalmente.

La distribución más o menos distal y en dirección al vértice cardiaco de los acúmulos ganglionares no es homogénea en los distintos animales de las series estudiadas; por otra parte, conforme los ganglios se van haciendo más distales, van disminuyendo en el número de neuronas; por tal motivo para poder precisar bien la distancia que estas neuronas alcanzan en su migración, es preciso un análisis muy meticoloso y de cortes seriados. No obstante, hay que advertir que también se observan diferencias entre especímenes de una misma especie, pues cuando una célula nerviosa realiza un proceso de emigración, nunca se ajusta a un límite concreto en los diferentes individuos.

Este es pues, a grandes rasgos, el esquema general de la inervación de los ventrículos. Ello no quiere decir que tal esquema se adapte completamente a la realidad, pues lo mismo que hemos dicho existen fibras que desde el pedículo arterial, que en su mayoría realizan una distribución superficial e intermuscular, van a distribuirse también por áreas ventriculares profundas, igualmente hay fibras de los pedículos venosos que, además de su distribución fundamental profunda, algunas lo hacen con los dispositivos nerviosos parietales superficiales del pedículo arterial, sobre todo, partiendo sus áreas de distribución de las zonas posteriores.

Analicemos ahora detenidamente cada uno de los diferentes plexos ventriculares citados y, dentro de ellos, las características que presentan en sus distintas áreas cardiacas, variaciones morfológicas, predominio de componentes fibrilares o celulares nerviosos y cambios estructurales.

### PLEXO VENTRICULAR SUPERFICIAL

Este plexo también se denomina subepicárdico o fundamental. Está constituido por elementos nerviosos fibrilares y grupos neuronales, que llegan al corazón, fundamentalmente, por las áreas del pedículo arterial, a través de los plexos coronarios; y de los plexos de los mesos venosos a través de los plexos nerviosos subsidiarios que se localizan en la parte posteroinferior auricular medial. Estos últimos plexos derivan de los primitivos plexos de los mesos venosos laterales y medial, que abordan al corazón por las áreas auriculares supero-posteriores (desembocadura de las venas pulmonares, surco interauricular, desembocadura de la cava superior y desembocadura del seno venoso coronario). También hay pequeñas aportaciones laterales que parten de los elementos nerviosos superficiales de las paredes auriculares.

Como los elementos de estos plexos presentan variaciones cuantitativas y cualitativas en las distintas zonas ventriculares, vamos a analizar estas, haciendo hincapié, sobre todo, en el estudio de las áreas en que los elementos nerviosos llegan al ventrículo, en donde las variaciones morfológicas son mayores y su estructuración diferencial es más marcada.

### Áreas del pedículo y cono arterial.

Los elementos nerviosos que existen en este área tienen su origen en el plexo cardiaco anterior, que, como entre nosotros indicó SOLER (1961), SOLER y LOPEZ SOLER (1988) y MORALES GONZALEZ (1989) está formado por la mayor parte de las fibras de los ramos vagales cardiacos superiores derechos e izquierdos y de ramitas superiores del nervio recurrente izquierdo. A estas ramas previamente se le han mezclado fibras simpáticas. Así el conjunto de estas ramas, junto con multitud de acúmulos ganglionares de distinta morfología y tamaño, forman el citado plexo anterior o arterial, en áreas un poco más superiores al origen de los grandes vasos, entre el cayado de la aorta, ductus arterioso, arteria pulmonar y la zona derecha de las vísceras mediastínicas (fundamentalmente la tráquea). Pues bien, ramificaciones inferiores de este plexo, que conllevan acúmulos ganglionares, se sitúan, fundamentalmente, en el espacio situado entre el origen de los grandes vasos y en los márgenes laterales y anteriores a estos.

En dichas zonas forman un retículo, situado sobre la periferia de la capa muscular cardiaca del embudo o cono arterial y cubiertas por el pericardio visceral, entre el abundante magma de tejidos laxo y graso.

Los ganglios de estas zonas como ya indicara SOLER y LOPEZ SOLER (1988) tienen diferente tamaño, morfología y estructura; y estas características de tamaño, forma y estructura guardan estrecha relación con su topografía. Así: los ganglios mayores están situados en zona superiores o periféricas, tienen morfología redondeada y existen diferentes tipos de células; los situados entre los dos grandes vasos, más próximos a las estructuras cardiacas, también contienen gran número de neuronas, pero su morfología suele ser laminar o alargada (LAMINA II,

Figuras 5 y 6), para adaptarse al intersticio existente entre las arterias aorta y pulmonar en su origen. Y los situados en las zonas anteriores y laterales más inferiores del cono arterial son de tamaño reducido y varia el tipo de sus neuronas (LAMINA 1, Figuras 3 y 4; LAMINA 2, Figuras 7 y 8); estas últimas células nerviosas suelen tener, por lo general, menos apetencia por las sales de plata y escaso número de prolongaciones. Estos grupos ganglionares, junto a pequeños haces nerviosos mielínicos, amielínicos y mixtos, forman un dispositivo plexiforme que se abre en abanico sobre la capa muscular del cono arterial.

También existen pequeños haces nerviosos y grupos ganglionares en la raíz de la aorta, junto al origen de las arterias coronarias, en forma de plexos; plexos, estos últimos derivados a continuación también del plexo cardiaco anterior, que son los llamados plexos coronarios, cuya distribución la hacen siguiendo el curso de las arterias de este nombre, pero no todos sus elementos adosados a ellas. A partir de estos plexos coronarios, como hemos dicho y puntualizaremos, toman origen, en su mayor parte, los plexos fundamental o subepicárdico y el intermuscular.

Los diferentes grupos ganglionares indicados del pedículo arterial están interconectados entre sí, siendo, por tanto, parte de un todo indivisible, aunque por motivos didácticos lo hallamos dividido en distintos estratos. También este plexo arterial se conecta en el área de la base del corazón, con los plexos cardiopulmonares posteriores, dependientes de los mesos venosos.

Pues bien, además de los plexos indicados en esta zona del cono arterial existe otra nueva dependencia situada entre las capas musculares superficial y profunda (LAMINA 3, Figuras 9, 10, 11); dependencia que hemos denominado plexo intermuscular, y que, por tanto, está en conexión con el plexo superficial del cono. A

partir de las neuronas de este último plexo se originan haces fibrilares amielínicos, a los cuales se les unen algunas fibrillas mielinizadas (LAMINAS 3-4, Figuras 12-5), cuya distribución se realiza por entre los elementos musculares de esta área cardíaca o cono arterial. Las escasas fibras mielinizadas que caminan junto a las amielínicas, son más visibles, puesto que se impregnan más por las sales de plata, y, por sus características, consideramos pertenecen a la inervación que aporta el neuroeje al sistema nervioso autónomo del corazón; pero no podemos precisar, por el momento, puesto que ya son fibras preterminales, si pertenecen al vago o al simpático, o si son aferentes o eferentes.

Como esta zona la describieron con detalle SOLER y LOPEZ SOLER (1988), no vamos a insistir mucho en la cuestión; solamente confirmamos sus resultados y, además, describiremos, aunque sea de modo somero, su estructuración, ya que al ser esta zona básica para nuestro estudio, por ser área pedicular del ventrículo, nos ha de servir de base para comprender mejor la morfología, estructura y distribución de los elementos nerviosos de las restantes áreas ventriculares.

Los grupos ganglionares de las diferentes zonas analizadas, tienen una estructura distinta y los elementos fibrilares que a ellos llegan también son diferentes. A saber:

Por lo general, los grandes grupos ganglionares (LAMINA 1, Figuras 1-2) o los más pequeños situados en superficie y entre la grasa de la zona, están constituidos, en su periferia y, sobre todo, por las zonas de aferencia de los nervios al ganglio, por neuronas multipolares de gran tamaño y muy apetentes por las sales de plata.

Las fibras nerviosas, en dichas zonas de aferencia

ganglionar, suelen ser, en su mayoría, fibras mielinizadas (LAMINA 2, Figuras 5-6) de diferente calibre (grande o mediano) y tipo cerebro-espinal. La mayoría de estas fibras, al llegar a los ganglios, se abren en abanico, revistiendo a estos por su periferia, o se dirigen hacia las zonas donde se encuentran dichas neuronas y se distribuyen entre ellas con fines sinápticos. Estas fibras cerebro-espinales, en un principio, son también muy apetentes por las sales de plata, pero cuando se ramifican van perdiendo cada vez más sus apetencias argentícas; no obstante casi siempre, sobre todo antes de ramificarse, se definen mucho mejor que las originadas en las prolongaciones de las células argentófilas. Otras fibras de tipo cerebro-espinal atraviesan los ganglios sin hacer conexión con sus neuronas y salen por su pedículo eferente; pedículo en el que predominan las fibras amielínicas, originadas de sus neuronas. De estas últimas fibras mielinizadas cerebroespinales algunas van a otros ganglios limítrofes, para distribuirse por entre sus neuronas argentófilas; pero otras siguen su curso por entre las estructuras cardiacas de zonas en que topográficamente no hay ganglios, por lo que suponemos deben pertenecer a las descritas para el sistema aferente.

Si analizamos los distintos tipos de neuronas de los ganglios, las grandes neuronas multipolares, más argentófilas, tienen una gran estructuración citoplasmática neurofibrilar; estructuración neurofibrilar que se le sigue observando en sus prolongaciones. Esto hace que las prolongaciones de las citadas células sean más argentoafines y que, en determinadas circunstancias, sobre todo en las ramificaciones preterminales, se puedan confundir con las fibras del sistema cerebroespinal; no obstante, mediante un examen detenido se pueden diferenciar unas de otras, ya que las fibras cerebroespinales tienen una estructuración más compacta, sus perfiles no suelen ser completamente rectos y la impregnación es más profunda; en tanto

que las prolongaciones de las células argentoafines su estructuración es más laxa y la argentofilia es menos pronunciada. Las prolongaciones de estas células argentoafines se suelen distribuir por entre las células argentóforas del mismo ganglio o de ganglios vecinos; y sus fibrillas preterminales y terminales (LAMINA 2, Figura 8), aunque bien marcadas, no tienen la intensidad de tinción de las fibras argentoafines del sistema cerebroespinal, que terminaba alrededor de las células argentófilas (LAMINA 2, Figura 6).

En cuanto a las células argentóforas sus ramificaciones son más escasas y más difíciles de observar, sobre todo cuando caminan independientemente. En los pedículos eferentes (LAMINA 2, Figura 8) o entre los nervios que se van a repartir entre las estructuras cardíacas (LAMINAS 3-4, Figuras 11-15), estas neurofibrillas aparecen, en su conjunto, como finas guedejas de pelo ondulado. A partir de estos haces se van desprendiendo, poco a poco, pequeños hacecillos o fibras aisladas, que caminan independientemente hasta su distribución final por entre las estructuras cardíacas.

La estructuración, anteriormente indicada, se da en todos los grupos ganglionares del pedículo, si bien, como dijimos, el predominio de neuronas argentófilas corresponde a los ganglios más superficiales y el de argentóforas a los ganglios más profundos.

En los ganglios intramusculares (LAMINA 3, Figuras 9-11) la estructuración observada es diferente: están constituidos fundamentalmente por neuronas argentóforas; y en cuanto a las fibras nerviosas, si bien en la superficie externa de los ganglios se observan algunas argentófilas de tipo cerebroespinal, estas pasan de largo a través de ellos; las únicas conexiones que reciben sus neuronas son las más marcadas de las neuronas

argentófilas de otros ganglios (LAMINA 3, Figura 11). Las fibras eferentes de estos ganglios intramusculares terminan entre las estructuras musculares vecinas del cono arterial. Esto no les ocurre a las de las neuronas argentóforas de los restantes ganglios superficiales; pues las prolongaciones de estas células forman fascículos que se distribuyen por las estructuras cardiacas de zonas más distales.

Esta es una visión general de la estructuración de estos sistemas, cuyos elementos nerviosos suelen caminar, en principio y aunque próximos, independientes de los vasos y después se alejan más de ellos.

Además de los elementos nerviosos estudiados existen otros, en esta zona, que desde un principio se hacen satélites de los vasos (LAMINA 4, Figura 15) y les ceden ramificaciones para formar plexos perivasculares. Tales nervios, así como los ganglios relacionados con los vasos de esta zona, han sido estudiados detenidamente por SOLER y LOPEZ SOLER (1988), por lo cual no insistimos en la cuestión.

Por lo tanto y resumiendo, la mayoría de los elementos neurales de este área del pedículo arterial son de tránsito, y si están situados en esta zona es por ser área pedicular. Entre ellos los hay independientes de los vasos y perivasculares.

El abastecimiento nervioso de la zona del cono arterial se va a realizar a través de pequeños ganglios yuxta e intramusculares, dependientes también del citado plexo yuxtaconal.

En las figuras que hemos indicado en el texto, presentamos la demostración de la mayor parte de los hechos indicados anteriormente. Así:

La Figura nº 1 corresponde a la sección de un ganglio en la zona alta del pedículo arterial. Este ganglio es de gran tamaño y forma esférica, y está constituido por neuronas argentóforas y argentófilas. Por el área del pedículo aferente de este ganglio (área inferior derecha) se le observan penetrar los haces nerviosos correspondientes, constituidos por fibras argentófilas de tipo cerebroespinal y otras argentóforas.

La Figura nº 2 corresponde a la ampliación de un área del mismo ganglio de la figura anterior. En ella se observa como las fibras argentófilas de tipo cerebroespinal, una vez penetradas en el ganglio, se abren en abanico y van a distribuirse por entre las neuronas de tipo argentófilo. Las fibras que mostramos en esta figura son de tipo preterminal.

Las figuras nº 3 y 4 corresponden a la sección de un pequeño ganglio yuxtavascular de la zona del pedículo (pequeña rama de la arteria coronaria). Este ganglio está constituido fundamentalmente por neuronas argentóforas. Entre estas neuronas, a mayores aumentos (Figura nº 4), podemos observar algunas fibrillas nerviosas preterminales de tipo argentófilo; pero estas fibras corresponden a las prolongaciones de células de igual cualidad de otros ganglios y se diferencian de las de la vida de relación porque sus preterminales, aunque apertentes por las sales de plata, son de menor calibre y de textura más homogénea y sin engrosamientos.

La figura nº 5 muestra grandes troncos nerviosos y pequeños ganglios laminares o alargados situados en el intersticio comprendido entre el origen de las dos grandes arterias pulmonar y aorta. Tanto los nervios como los ganglios son muy afines por las sales de plata. Los nervios están constituidos, en su mayoría, por fibras cerebroespinales mielinizadas y los ganglios por neuronas de tipo argentófilo.

La Figura nº 6 muestra una ampliación del ganglio de la figura anterior. En ella se observa como entre sus neuronas, de tipo argentófilo, se van a distribuir las fibrillas preterminales de las fibras mielinizadas de los nervios de la vida de relación, antes dichas.

La Figura nº 7 muestra algunas fibras mielinizadas, situadas en la misma zona del pedículo arterial de la figura anterior (Figura 5). Atravesando perpendicularmente a estas fibras mielinizadas, se ve otro hacesillo mixto, entre cuyas fibras lleva incluido, en uno de sus extremos (lado derecho de la microfotografía), un pequeño grupo de neuronas de tipo argentófono.

La Figura nº 8 muestra el citado pequeño grupo ganglionar y como, adosada a la periferia de estas, se encuentran finas neurofibrillas argentófilas, pero procedentes de neuronas también argentófilas; más hacia la periferia se ven haces de fibras argentófonas, formando un pequeño manojito, que se dirigen hacia el haz mixto perpendicular antes citado.

Las Figuras nº 9, 10 y 11 corresponden a neuronas argentófonas del plexo intramuscular situado entre la musculatura superficial y profunda de la zona del cono arterial. Sobre la periferia de esta zona y más en superficie, se observan fibras mielinizadas correspondientes a nervios extrínsecos (estas fibras son muy apetentes por las sales de plata y se encuentran en estado de fragmentación, ya que corresponden a animales sometidos a lesiones nerviosas experimentales de degeneración). Como se puede comprobar en las microfotografías las fibras mielinizadas pasan de largo sobre los grupos ganglionares sin mantener conexiones con sus neuronas. Las neuronas se conexionan solo con finas fibras de tipo argentófilo no degeneradas, pertenecientes a neuronas argentófilas.

La Figura nº 12, que corresponde a una ampliación de la Figura nº 11, muestra un pequeño haz de fibras amielínicas (fundamentalmente argentóforas y algunas argentófilas) originadas en las neuronas del plexo intramuscular citado. Este haz va a distribuirse por entre las estructuras musculares de la zona del cono arterial.

Las Figuras nº 13 y 14 muestran algunos pequeños nervios, fundamentalmente de tipo amielínico y escasas fibras mielinizadas, situados en el espesor de la musculatura del origen de los grandes vasos arteriales del cono.

Finalmente la Figura nº 15 muestra un pequeño hacesillo, de tipo perivascular, situado también entre la musculatura de la zona; haz que está constituido fundamentalmente por fibras amielínicas. Alrededor del vaso se observa un pequeño retículo de fibras amielínicas, fundamentalmente, que le cede el hacesillo perivascular citado.

Áreas de los surcos aurículo-ventricular anterolaterales e interventricular anterior, (LAMINA V, Figuras 16-19; LAMINA VII, Figuras 24-27).

Las zonas de los surcos aurículo-ventriculares anteriores (LAMINA V, Figuras 16-19), reciben el abastecimiento nervioso fundamentalmente de los plexos ganglionados del pedículo arterial, a través de los plexos coronarios. Estos plexos, como indicaran SOLER y LOPEZ SOLER (1988), en su origen, están constituidos por retículos de abundantes cordones de fibras nerviosas, que llevan intercalados formaciones ganglionares.

Entre estos cordones y acúmulos ganglionares podemos distinguir unos que son satélites y están adosados a los vasos; y

otros cordones que, aunque al principio caminan próximos a los vasos coronarios, conforme descienden se van separando de ellos. Estos dos tipos de ramas nerviosas, en conjunto, dan lugar a la porción principal del plexo fundamental o subepicárdico del corazón, y cuando parte de las fibras de este último plexo perfora la musculatura superficial, bien a nivel de los surcos o a través de las paredes laterales cardíacas, formarán parte del plexo intermuscular. Analicemos detenidamente cada uno de estos elementos.

Como los plexos coronarios, en su origen, han sido estudiados con detalle, en el citado trabajo de **SOLER y LOPEZ SOLER (1988)**, no vamos a insistir mucho en la cuestión; no obstante, al ser este plexo eslabón fundamental de nuestro estudio, indicaremos los rasgos fundamentales de como se inician tales dispositivos, a fin de poder precisar como realizan posteriormente la inervación ventricular.

El plexo coronario, según ya hemos indicado, deriva del plexo del pedículo arterial. A partir de su origen este plexo sigue un trayecto descendente, junto a los troncos principales de las arterias coronarias, y cuando estas se dividen en sus ramas colaterales principales, las ramas de los plexos nerviosos igualmente se desdoblan, como aquellas lo hacen, siguiendo el abastecimiento nervioso un curso similar al sanguíneo, sobre todo en sus principales arborizaciones. Así:

El plexo nervioso que acompaña a la arteria coronaria izquierda, pronto se divide en dos ramas principales: una que sigue el trayecto de la rama interventricular anterior, cuyo lecho fundamental es el surco de igual nombre; la otra sigue el trayecto de la rama circunfleja de dicha arteria, cuyo lecho fundamental es el surco auriculo-ventricular izquierdo.

Las ramas nerviosas que acompañan a la arteria coronaria derecha, en su origen, también se dividen, conforme esta lo hace, en sus ramas marginal, situada en posición paralateral derecha al surco interventricular anterior, en el margen derecho de este ventrículo; y la interventricular posterior que, como continuación de la arteria coronaria de este nombre, se sitúa, primero, en el surco interventricular derecho y después se continúa por el surco interventricular posterior.

Pues bien, los citados plexos, con sus ramificaciones, van a ser las vías de acceso o de donde se originan, como veremos, las ramas fundamentales para la inervación superficial e intermuscular del corazón; y además, a partir de ellas se originará también el abastecimiento nervioso-sensitivo motriz de los vasos coronarios, como más adelante indicaremos.

Las ramas principales del plexo superficial están acompañadas, en determinadas zonas, por acúmulos ganglionares, (LAMINA VI, Figuras 20-24; LAMINA VII, Figuras 24-27), como ya **SCARPA (1794)** indicara, mediante observaciones a simple vista utilizando solo procedimientos de disección. Además sus componentes fibrilares nerviosos, también tienen una estructuración diferente; estructuración que se va modificando paulatinamente desde los orígenes de este plexo, hasta sus ramas superficiales y profundas más distales. Estos cambios citados son los siguientes:

En cuanto a los acúmulos ganglionares, estos, en general, suelen ser pequeños y se van espaciando y disminuyendo el número de neuronas conforme los haces se van alejando de su origen. Generalmente se encuentran acúmulos de neuronas en los haces nerviosos que acompañan a las arterias coronarias, antes de que se dividan; y también en las que acompañan a las zonas proximales de las principales ramas de dichas arterias. Es más, también hemos visto algunos acúmulos de células nerviosas superficiales

más alejadas de las zonas proximales de los surcos dichos, (LAMINA VII, Figuras 24-27), aunque escasas e inconstantes y de pequeño volumen (ya de pocas células o bien sólo neuronas aisladas). También las hemos observado en profundidad, en los espacios laxos situados entre la musculatura ventricular superficial y profunda, formando parte, estos últimos, del plexo intermuscular (LAMINA XV, Figuras 50-53).

Las neuronas que integran los citados grupos ganglionares suelen tener características morfológicas y apetencias por las sales de plata diferentes; características que guardan cierta relación con la situación topográfica del ganglio a analizar, o si pertenecen a los elementos nerviosos yuxtavasculares o a aquellos otros que posteriormente se alejaran de los vasos, para realizar el abastecimiento nervioso de las estructuras cardiacas propias. Así:

Los ganglios yuxtavasculares están situados, como indicaran SOLER y LOPEZ SOLER (1956) en la zona del pedículo arterial, adosados a la periferia vascular, sobre todo en las áreas donde se originan las ramas colaterales. Suelen ser pequeños y compuestos por algunas grandes neuronas argentófilas y el resto, en mayor proporción, de neuronas argentófbas. Por lo general no se extienden a zonas muy distales, haciendo esto solo los pedículos eferentes de dicho ganglio. Como ya fueron suficientemente analizados en el citado trabajo de SOLER y LOPEZ SOLER (1988) no insistimos en la cuestión; además serán analizados con mayor detenimiento al hablar de la inervación vascular cardiaca.

Los grupos ganglionares situados en los nervios independientes de los vasos suelen ser pequeños y están situados en las zonas de encrucijada, donde estos nervios se abren para ramificarse, o están adosados en los gruesos cordones que se originan de este plexo, bien en los surcos o próximos a ellos.

Los situados en las zonas proximales al origen de las principales ramas de las arterias coronarias suelen ser de mayor tamaño y también mixtos, con escasas células argentófilas y más abundantes las argentóforas; pero conforme estas son más distales, los ganglios se hacen más escasos y pequeños y, por lo tanto, el número de sus células disminuyen, siendo fundamentalmente estas de tipo argentóforo; además no suelen alcanzar mucha distancia en el recorrido de los elementos nerviosos por los citados surcos.

Si analizamos ahora la estructuración de los elementos fibrilares observaremos diferencias sustanciales en cuanto a la composición fibrilar de sus cordones. Por norma general podemos decir que los cordones de estos plexos son mixtos prácticamente en todas las áreas de los surcos (LAMINA V, Figuras 16-19; LAMINA VI, Figuras 22-23; LAMINA VII, Figuras 24-47); ahora bien, el predominio de las fibras mielinizadas se encuentra más acentuado en los cordones nerviosos proximales y el número de estas disminuye hacia las zonas distales, observándose cordones nerviosos con fibras mielinizadas en las áreas de estos surcos próximos al vértice del corazón (LAMINA XXVI, Figuras 93-95). También se encuentran diferencias en cuanto al calibre de las fibras mielinizadas entre los cordones que forman los plexos independientes de los vasos y en la de los yuxtavasculares, siendo los de estos últimos de un calibre más delgado que las de los primeros.

Area de encrucijada posterior o zona de confluencia de los surcos aurículo-ventriculares e interaurículo-ventricular.  
(LAMINA VI, Figuras 20-23).

Esta zona de encrucijada postero-inferior, donde se cruzan los surcos aurículo-ventriculares con el interventricular e interauricular, así como las áreas aurículo-ventriculares

límites, sobre todo la derecha, por donde penetra el seno venoso coronario en la aurícula correspondiente, las podemos considerar como las áreas pediculares fundamentales por donde los mesos venosos envían sus fibras al ventrículo. Para ello las mencionadas áreas como entre nosotros indicara **RODRIGUEZ LOZANO (1986)** reciben abastecimiento nervioso de los mesos venosos citados, de la siguiente forma: fundamentalmente reciben fibras del meso lateral izquierdo, que corresponde al de la antigua vena oblicua; le sigue en orden de abastecimiento el meso medial (que envía primeramente sus fibras al área del surco interauricular y a la desembocadura de las venas pulmonares); también reciben fibras, aunque en menor proporción, del meso lateral derecho (o de la desembocadura de la vena cava superior). Así se forma una zona de confluencia neurofibrilar y ganglionar, o pedículo ventricular de los mesos venosos, que complementa al arterial en la inervación de los ventrículos. Así:

A partir de los elementos nerviosos del área citada, se originan principalmente ramificaciones o formaciones plexiformes que penetran dentro de las estructuras parietales cardiacas, las cuales serán analizadas posteriormente al describir los plexos intraparietales cardiacos. También se originan ramificaciones superficiales que, siguiendo el cauce de los surcos interventricular posterior y zonas posteriores de los aurículo-ventriculares, sirven de complemento para la formación del plexo superficial, originado fundamentalmente a partir de los elementos nerviosos del pedículo arterial, como hemos indicado.

En esta zona pedicular, dependiente de los mesos venosos, se encuentran gruesos y pequeños acúmulos ganglionares (LAMINA VI, Figuras 20-23), formados por neuronas argéntofilas y argéntofobas, fundamentalmente los de mayor tamaño, estando situadas las primeras, como las del pedículo arterial, en las zonas de aferencia ganglionar o en la periferia de estos. Los

pequeños grupos ganglionares fundamentalmente los forman neuronas argentóforas. También acompañan pequeños grupos ganglionares a las ramificaciones que, a partir de este área, se introducen en las paredes de los ventrículos y, sobre todo, por entre el intersticio situado entre los septum interauricular e interventricular (LAMINAS VIII, IX, X, XI, Figuras 23-40), como más adelante analizaremos. En las ramificaciones que, a partir de esta zona, se distribuyen por la periferia, igualmente suelen existir algunos acúmulos ganglionares, fundamentalmente de células argentóforas; pero estos no se alejan mucha distancia en relación con la zona pedicular.

En cuanto a fibras nerviosas, existen de ambos tipos: mielínicas y amielínicas; su forma de distribución es similar a la de los haces de las áreas del pedículo arterial, por lo que no insistimos en la cuestión; solamente concretaremos que en las zonas de encrucijada y áreas próximas a estas son más abundantes; y que su número disminuye hacia las áreas más distales, al realizar conexiones sinápticas con las neuronas argentófilas ganglionares. Las fibras mielinizadas de las áreas distales suponemos son de tipo sensitivo, al no encontrarse neuronas por dichas áreas, en las zonas en las que pueden realizar conexiones.

#### Áreas de los surcos aurículo-ventricular e interventricular posterior.

La disposición de los elementos en estas áreas es similar a la de los surcos interauriculares anterolaterales e interventricular anterior. Las únicas diferencias estriban en que en estas áreas, además de los elementos que acompañan a las arterias coronarias, que proceden, como hemos dicho, fundamentalmente de las ramificaciones del pedículo arterial, hay que agregarles otros elementos nerviosos, aunque más escasos, que

proceden del pedículo de los mesos venosos de la zona de encrucijada posterior; y también algunas fibrillas que llegan a estos surcos a partir de las terminales superficiales del plexo auricular superficial, por la base de la aurícula. De todas formas y aunque son abundantes las fibras que se originan en la zona de encrucijada, las que esta zona envía al plexo superficial son poco numerosas, puesto que, como ya hemos indicado, las ramas principales que se originan en estas zonas de encrucijada pronto se hacen intramusculares, al penetrar casi directamente en profundidad en las paredes del ventrículo, siguiendo el cauce de la desembocadura del seno venoso coronario o por los intersticios que existen entre los septum auricular y ventricular.

En cuanto a la estructuración de los elementos nerviosos en estos surcos, tanto fibrilares como de céculas nerviosas, son muy similares a los de las porciones anterolaterales de los surcos aurículo-ventriculares y la del surco anterolateral anterior, por lo que no insistimos en la cuestión.

#### Áreas superficiales del resto de las paredes de los ventrículos.

En las áreas superficiales del resto de las paredes de los ventrículos existen como elementos nerviosos las ramas de los haces nerviosos que se van desprendiendo de los troncos más gruesos de las áreas de los surcos citados. Tales ramas se van arborizando en pequeños manojos por las citadas paredes extendiéndose por ellas en abanico; por lo tanto, en la superficie de las paredes ventriculares solo se encuentran pequeños ramitos subepicárdicos, cuyas ramas terminales, por lo general y en su mayoría, perforan la musculatura superficial para formar parte del plexo intermuscular; aunque algunas fibras nerviosas de estas ramas, las menos, se las observa bajo el

aspecto de formaciones preterminales, que creemos realizarán conexiones sinápticas con las fibras musculares situadas más en superficie. Y decimos creemos, porque con los medios empleados, no nos ha sido posible ver la propia unión mioneural.

En cuanto a elementos celulares en las paredes laterales de los ventrículos, salvo raras excepciones, no hemos podido observar conglomerados celulares algunos, y, cuando esto ocurre, estos están constituidos por pequeños acúmulos de pocas o una sola neurona.

Este dispositivo nervioso superficial de las paredes ventriculares presenta características similares en las distintas áreas; no obstante en las zonas más próximas al vértice el número de elementos nerviosos es menor, pues las fibras nerviosas conforme se alejan de la base muchas perforan la musculatura cardíaca superficial, bien aisladamente o siguiendo un trayecto satélite de los vasos.

Así pues, en resumen, el plexo nervioso superficial lo constituye un conjunto de elementos nerviosos ganglionares y fibrilares. Los haces nerviosos, al entrecruzarse, forman una red que ocupa toda la superficie externa ventricular, con las características de que en las áreas pediculares y en las de los surcos, las fibras nerviosas están más concentradas y condensadas en troncos más gruesos; y las zonas más distales a estos surcos las ocupan las ramas colaterales de esos gruesos troncos, así como las ramificaciones preterminales; y que estas fibras son de tipo mielínico y amielínico de diferente calibre. Entre las mielinizadas las del mayor calibre suelen caminar independientemente de los vasos; unas terminan entre las células argentófilas de los ganglios y otras se nos pierden por entre las estructuras cardíacas suponiendo son de tipo sensitivas. Las fibras mielinizadas de menor calibre, suelen pertenecer a los nervios

que caminan satélites a los vasos; también las hay de distinto calibre y, como más adelante indicaremos, las mayores de estas terminan en los grupos ganglionares satélites de los vasos, y las otras forman las clásicas redes sensitivas perivasculares. Estos diferentes tipos de fibras mielinizadas, yuxtavasculares e independientes de los vasos, son las que, como clásicamente se conoce, se originan directamente, ya en las neuronas localizadas en el propio neuroeje, o bien en las de los ganglios sensitivos adosados a sus nervios.

Las fibras amielínicas, o propiamente autónomas, se originan en los ganglios extra, yuxta o intraparietales cardiacos. Son también de tipo aferente y eferente, según han demostrado otros investigadores. Las conexiones y modo de terminación, de estas fibras así como las mielinizadas se concretarán posteriormente.

También podemos concretar, en resumen, que los acúmulos ganglionares de este plexo pertenecen al tipo de los yuxtacardíacos subepicárdicos; estos se encuentran fundamentalmente en las zonas pediculares y en las áreas de los surcos proximales a ellas; conforme el plexo es más distal a las áreas pediculares los acúmulos ganglionares son cada vez más pequeños y escasos, y las neuronas que constituyen a estos últimos son fundamentalmente de tipo argentófilo; en tanto que en las zonas pediculares son mixtos, poseyendo la mayoría neuronas argentófilas.

#### PLEXO INTERMUSCULAR:

El plexo intermuscular, como hemos indicado, se encuentra entre el tejido laxo existente entre la musculatura superficial y profunda del corazón.

Este plexo normalmente suele ser fibrilar; no obstante, en algunas zonas (LAMINA XV, Figuras 50-53) existen pequeños acúmulos de neuronas entre las fibras.

Analicemos detenidamente los pedículos de entrada fundamentales de las fibras nerviosas de este plexo, características morfológicas y estructurales de sus elementos y modo de distribución general. Más adelante puntualizaremos las posibles conexiones y modo de distribución de las preterminales por entre las estructuras cardíacas, ya que este hecho es homólogo para todos los plexos en general.

#### Pedículos de entrada

Las áreas fundamentales de penetración de las fibras y células nerviosas que forman el plexo intermuscular, según indicamos y de una manera general, se pueden concretar en las siguientes: zona intersticial que separa la musculatura septal interauricular de la interventricular, y las áreas de los surcos aurículo-ventriculares e interventriculares anterior y posterior; en estas últimas áreas hay que especificar que el abordaje mayor corresponde a las zonas altas o a las zonas proximales a los pedículos arteriales y venosos ya indicados a propósito del plexo superficial.

También existen otras pequeñas aportaciones derivadas de las ramas, también perforantes, que suministran las ramas colaterales

del plexo superficial de las paredes de los ventrículos.

En la zona de los septum interauricular e interventricular (LAMINAS VIII, IX, X, Figuras 28-37) se observa como a partir del área de encrucijada posterior y de los alrededores de la zona de penetración del seno venoso coronario en la aurícula, se introducen en el mencionado intersticio cordones fibrilares de diferente calibre, los cuales llevan intercalados o adosados a ellos algunos acúmulos ganglionares. También penetran en este área otros cordones fibrilares procedentes de los pedículos eferentes de los ganglios del septum interauricular, sobre todo de los que rodean el nódulo auriculoventricular.

Los citados cordones nerviosos, sobre todo los que proceden del área crucial superficial, suelen estar formados por fibras mielinizadas de grueso calibre (LAMINA VIII, Figuras 28-29; LAMINA X, Figuras 34-37) y también por fibras amielínicas, gruesas y apertentes por las sales de plata, o bien delgadas y con escasa argentofilia.

Las fibras mielinizadas de grueso calibre, por lo general, suelen pasar de largo, por entre las células de los grupos ganglionares sin mantener conexiones sinápticas, aunque a veces y dado su proximidad con la neurona, parecen distribuirse por entre ellas; pero, por lo general, las fibras que rodean estas neuronas (LAMINA X, Figura 37) suelen ser las amielínicas más apertentes por las sales de plata. Los tipos de fibras que constituyen los pedículos eferentes de estos ganglios suelen ser fundamentalmente amielínicas delgadas y algunas gruesas que cruzan de paso los ganglios (LAMINA IX, Figuras 30-33) sin realizar conexión con sus neuronas.

El número de ganglios en esta zona suele ser abundante, pero estos son pequeños y, por lo tanto, con escasas neuronas; además,

se encuentran distribuidos muy difusamente (ver las figuras citadas).

El tipo de neuronas que constituyen los mencionados ganglios suelen ser, generalmente, pequeñas argentóforas bipolares; y, en casos excepcionales, se encuentran algunas grandes neuronas multipolares argentófilas; pero estas últimas, por lo general, se encuentran en los ganglios subepicárdicos de zonas próximas.

La mayor parte de los pedículos eferentes de los indicados ganglios, más otros originados en acúmulos ganglionares mayores del área superficial de encrucijada, penetran en profundidad dentro de la zona intersticial dicha y desde allí pasan al área equivalente, en el gato, a la zona del fascículo de His (LAMINA XI, Figuras 38-40), para seguir el trayecto de este y de sus ramas por las paredes septales ventriculares, siguiendo el trayecto que clásicamente se conoce para él y sus ramas, y que, en cuanto a elementos nerviosos, ya puntualizara, entre nosotros, **TALLON BARRANCO (1984)**. Estos haces nerviosos, como se puede observar en las figuras citadas (38-40), están constituidos fundamentalmente por fibras amielínicas, aunque también llegan gruesas fibras mielinizadas del sistema cerebroespinal; estas últimas fibras por su afinidad por las sales de plata y más en este caso que se trata de un animal con degeneración walleriana experimental, resaltan mucho, apareciendo en las microfotografías como si fueran las más abundantes. Las fibras mielinizadas dichas creemos son de tipo sensitivo, pues no hemos observado ningún grupo ganglionar durante su trayecto y hasta sus ramificaciones preterminales.

También en las zonas más periféricas, a partir de este área intersticial, se forman pequeños cordones nerviosos como los indicados (LAMINA IX, Figuras 30-33), fundamentalmente de tipo amielínico, que penetran en el interior de la musculatura septal

para formar parte del plexo intermuscular en la zona del septum.

Pero la mayor parte de los elementos nerviosos que van a formar el plexo intermuscular lo constituyen las ramas nerviosas perforantes que se forman a partir de los haces nerviosos del plexo superficial, y de, entre estas, las que caminan por los surcos auriculoventriculares e interventriculares anterior y posterior; aunque también cooperan las ramas colaterales de estas que se esparcen por la cara superficial o periférica de las paredes ventriculares. Los haces nerviosos citados anteriormente, de la zona del intersticio interseptal, aunque cedan algunas fibras del plexo intermuscular al caminar más profundamente intervienen, en su mayoría, en la formación del plexo subendocárdico.

Así por ejemplo: a partir de la zona superior del surco anterior (LAMINA XII, Figuras 41-42) y por las zonas también superiores del surco interventricular posterior (LAMINA XIII, Figuras 43-46), penetran en profundidad gruesos troncos nerviosos, formados por escasas fibras mielinizadas de tipo cerebroespinal y abundantes fibras de tipo amielínicas autónomas de diferentes calibres, hasta llegar a la zona del intersticio entre la musculatura superficial y profunda; cordones nerviosos que unas veces caminan independientes de los vasos (LAMINA XII, Figuras 41-42) y otras más próximas a ellos (LAMINA XIII, Figuras 43-46).

Pero no solamente en estas zonas fundamentales, como hemos dicho, penetran fibras para este plexo, sino que también penetran en él ramas perforantes de las colaterales del plexo superficial por las áreas cardiacas medias (LAMINA XIX, Figuras 82-84), y también por la zona del vértice del corazón (LAMINA XXVI, Figuras 93-96; LAMINA XXVII, Figuras 99-100).

Las características estructurales de las ramas nerviosas que penetran al plexo intermuscular, en las distintas áreas mencionadas, son similares; o sea, están formadas fundamentalmente por fibras amielínicas y escasas fibras mielinizadas. Las diferencias básicas existentes entre las ramas de los distintos niveles se pueden concretar en que, conforme descienden hacia el vértice, el calibre es menor; por ello están constituidas por menor número de fibras amielínicas y las gruesas mielinizadas quedan reducidas a dos o tres en cada sección.

#### Organización del plexo intermuscular.

Una vez llegadas las fibras perforantes del plexo superficial, por las áreas indicadas, a la zona de tejido laxo existente en el intersticio comprendido entre la musculatura cardiaca superficial y profunda, empieza a organizarse el plexo intermuscular; plexo que, como hemos dicho, no solamente consta de haces nerviosos independientes de los vasos, sino también otros satélites de estos; pues, por una parte, los vasos son abundantes en esta zona, (LAMINA XIII, Figuras 43 a 46) y, por otra, no todos los elementos nerviosos satélites de los vasos se encargan de su abastecimiento, sino que algunos son satélites casuales que aprovechan las áreas de entrada vasculares y después se independizan de ellos.

Este plexo está formado por el entrecruzamiento de los cordones nerviosos que llegan a dicha zona (LAMINA XII, Figuras 40-42; LAMINA XIII, Figuras 43-46; LAMINA XV, Figuras 50-53; LAMINA XX, Figuras 70-71) formando un retículo que envuelve las caras superficiales de la musculatura profunda de los ventrículos derecho e izquierdo y que en la zona septal, en donde no existe musculatura superficial, se introducen entre los intersticios que quedan entre el margen externo de la musculatura profunda de ambos ventrículos (LAMINA XVI, Figuras 58-61; LAMINA XXIII,

Figuras 82-84).

En algunas áreas, sobre todo en las zonas ventriculares superiores proximales a los pedículos cardiacos arterial y venoso (zonas altas de los surcos interventriculares anterior y posterior fundamentalmente), se observan entre los entrecruzamientos de las fibras algunos pequeños acúmulos de neuronas (LAMINA XV, Figuras 50-53). Estas neuronas suelen ser de tipo pequeño y argentóforas y sobre su superficie se sitúan algunas delgadas fibras argentófilas, pero de tipo amielínico, que se arborizan sobre el soma celular. Junto a ellas caminan gruesas fibras mielinizadas, que pasan de largo para salir por el pedículo eferente, sin vestigio alguno de mantener conexión neuronal.

Los tipos de fibras que integran los cordones nerviosos son estructuralmente los mismos indicados en los pedículos de aferencia al plexo; esto es, en su mayoría están formados por fibras amielínicas delgadas, generalmente poco apetentes por las sales de plata; algunas fibras amielínicas más gruesas y apetentes por las sales de plata (las que mantienen conexión con los somas de las neuronas ganglionares en las áreas que existen ganglios) y algunas fibras mielinizadas de diferente calibre; entre este último tipo de fibras las que caminan junto a los vasos son de menor calibre que las de los independientes de ellos.

#### Plexos intramusculares.

A partir del citado plexo se organizan fascículos nerviosos (integrados por los mismos tipos de fibras indicadas para el plexo intermuscular, excepto las amielínicas argentófilas) los cuales, conforme se van alejando en profundidad, por entre los

fascículos de fibras musculares, fundamentalmente de la capa muscular profunda, van dando ramificaciones de distinto grosor: unas veces son biparticiones, con fascículos de tamaño homólogo (LAMINA XXIV, Figuras 87-88); otras veces la rama principal origina colaterales de diferente tamaño, (LAMINA XVI, Figuras 56-57; LAMINA XVIII, Figuras 64-65), hasta finalmente dar pequeños fascículos (LAMINA XVI, Figuras 54-55; LAMINA XXV, Figuras 89-92).

Estos fascículos nerviosos, caminando unas veces paralelos y casi siempre perpendiculares a la dirección de los haces de fibras musculares, van a formar los plexos nerviosos interfasciculares de la pared muscular. De este último plexo se originan nuevos fascículos nerviosos los cuales, a su vez, se introducen entre las fibras musculares, dando lugar así a formaciones plexiformes intrafasciculares, de las que finalmente, se desprenden las fibras nerviosas preterminales que, en último lugar, daran origen a las formaciones terminales sensoriales y motoras. De los fascículos y fibras preterminales hablaremos más adelante, en un apartado independiente.

Por lo tanto y según hemos indicado, las fibras nerviosas del plexo intermuscular, hasta llegar a constituir los plexos inter e intrafasciculares, sufren múltiples particiones antes de dar origen a los fascículos o a las fibras preterminales.

Tanto el plexo intermuscular como los intramusculares, presentan características diferenciales en las distintas zonas del corazón; características que en el intermuscular, como indicamos, eran cualitativas y cuantitativas, pero que en los plexos intramusculares son generalmente morfológicas y cuantitativas, ya que en estos no hemos encontrado grupos ganglionares y, por tanto, las fibras que lo han de constituir son solo escasas fibras mielinizadas de tipo cerebroespinal y

abundantes fibras amielínicas delgadas y poco apetentes por las sales de plat. Además los cordones del plexo intermuscular se diferencian del intramuscular y, sobre todo, del plexo superficial fundamental, en que en estos últimos plexos adoptan la forma de cinta en vez de cordón.

Las características fundamentales que diferencian las distintas zonas son: en las zonas superficiales de la capa muscular profunda los fascículos son más gruesos y conforme se adentran en dirección a la cavidad estos son de menor tamaño; también podemos indicar que en las áreas cardiacas más superiores los fascículos superficiales son más gruesos que en las áreas más inferiores del vértice. Por ejemplo, si analizamos, mediante microfotografías, la estructuración de los elementos nerviosos en las diferentes áreas nos encontramos los datos siguientes:

En la LAMINA XIV, Figuras 47-49 presentamos, a diferentes aumentos, un fascículo del plexo intramuscular interfascicular, en forma de cinta, que se organiza dividiéndose en una porción profunda y otra superficial, para rodear a un grupo de células musculares por su plano profundo y superficial. Este fascículo nervioso está constituido, fundamentalmente, por delgadas fibras amielínicas y algunas gruesas mielinizadas apetentes por las sales de plata. Su topografía corresponde al 1/3 superior posterior del septum interventricular, en un plano profundo.

En la LAMINA XVI, las microfotografías de las Figuras 54-55 representan un grueso haz muscular del 1/3 superior del septum ventricular en un plano medial; de él se desprende un delgado haz colateral de fibras, fundamentalmente delgadas amielínicas, que a mayores aumentos (Figura 55) se les observa introducirse por entre las fibras musculares. La topografía de este haz corresponde aproximadamente a un plano medio de la musculatura septal, perteneciendo a zonas próximas del plexo intermuscular

septal, por ello el haz principal tiene forma de cordón.

Las figuras 56-57 presentan haces del plexo interfascicular de la zona homóloga del 1/3 superior del septum ventricular, pero próxima al interseptal. A este fascículo se le observa dar colaterales. Está constituido fundamentalmente por finas fibras amielínicas y escasas gruesas mielinizadas.

En la LAMINA XVIII, en las Figuras 62-63 presentamos otro nervio intrafascicular del 1/3 superior del septum. También tiene forma de cinta y está constituido fundamentalmente por delgadas fibras mielínicas y escasas colaterales mielinizadas. Este fascículo nervioso se introduce por ojales entre los distintos fascículos musculares de la zona.

La microfotografía de las Figuras 64-65, también de la misma lámina, corresponde a una zona del septum medio interventricular. En ella se observa otra cinta nerviosa de menor calibre, pasando por los ojales interfasciculares y dando ramas colaterales; su estructuración es la misma que la de los haces nerviosos de las anteriores zonas; o sea, está constituido por delgadas fibras amielínicas, y algunas mielinizadas tanto él como sus ramas de bifurcación.

En la LAMINA XXI, Figuras 74-75 presentamos un fascículo del plexo intermuscular, porción interfascicular, pero ya correspondiente a las paredes laterales de los ventrículos. Sus características son homólogas a las descritas en las regiones septales, aunque en este caso está constituido fundamentalmente por delgadas fibras amielínicas poco apertentes por las sales de plata.

En la LAMINA XXIII, Figuras 82-84 presentamos a un nervio del área inferior medial del septum interventricular. Este

nervio, en un principio, es perivascular; y cuando camina por el intersticio del vaso y junto a el, adopta forma de cordón, pero sus colaterales, cuando se separan para hacerse interfasciculares, adoptan forma de cinta. Este nervio, aunque está constituido fundamentalmente por fibras amielínicas, tiene también abundantes fibras gruesas mielinizadas, las cuales, aunque están en menor cantidad que las amielínicas, resaltan más por su gran apetencia por las sales de plata, oscureciendo el trayecto de las amielínicas poco argentófilas.

En la LAMINA XXIV, presentamos varios fascículos nerviosos del plexo intramuscular interfascicular de la zona del tercio medio del septum interventricular. Uno de ellos (Figuras 85-86), camina por un intersticio muscular próximo a un vaso, pero pronto se desprende de el para dar ramas intramusculares interfasciculares; estas últimas en forma de cinta están constituidas fundamentalmente por delgadas fibras amielínicas.

En las Figuras 87-88 presentamos un haz nervioso interfascicular, el cual se desdobra en dos colaterales, aproximadamente iguales, para envolver al fascículo muscular; tanto la rama principal como la de división adoptan la forma de cinta y están constituidas, en su mayoría, por delgadas fibras amielínicas y algunas colaterales de fibras mielinizadas.

En la LAMINA XXV presentamos microfotografías de ramas intramusculares interfasciculares de la zona media del septum interventricular. A partir de estas ramas se desprenden pequeños fascículos de fibras, fundamentalmente amielínicas, que se introducen entre la musculatura del propio haz muscular, para formar parte del plexo intrafascicular.

Finalmente en la LAMINA XXVII, Figuras 97-98, presentamos un fascículo nervioso del plexo intramuscular interfascicular de la

musculatura del vértice del corazón. Aunque este fascículo, en su mayoría, está constituido por delgadas fibras amielínicas, también se le observa alguna colateral mielinizada de tipo cerebroespinal.

Además de estos haces nerviosos en forma de cinta que forman los plexos intramusculares y que, por lo general, caminan durante todo su trayecto o, al menos, parte de él independiente de los vasos, existen en todas las zonas de la musculatura cardíaca otros cordones nerviosos que caminan durante todo su trayecto junto a los vasos, para su abastecimiento sensitivo-motriz. Aunque sobre estos elementos nerviosos hablaremos en otro apartado, queremos hacer patente aquí su existencia y las características morfológicas que presentan entre las distintas capas musculares; para ello, más que una descripción, presentamos una serie de microfotografías en que se demuestran dichas características; si bien conviene subrayar antes que estos elementos perivasculares adoptan forma de cordón o de cinta, en relación con el espacio de intersticio por donde camina el vaso, o si este es un vaso principal o una colateral pequeña.

En la LAMINA XX, presentamos dos pequeños nervios colaterales satélites de vasos intramusculares, correspondientes a la zona superior izquierda del tercio medio del ventrículo derecho (Figuras 70-71); la constitución fundamental de ambos es de fibras amielínicas y alguna mielinizada, pero más delgadas que las del plexo intramuscular, por ello hemos tenido que recurrir a mayores aumentos para su demostración. Estos nervios caminan próximos o junto al vaso, por el intersticio vascular, y cada cierto trecho dan ramificaciones colaterales para el abastecimiento del vaso, en la forma que después indicaremos.

En la LAMINA XXI, Figuras 76-77 presentamos otro nervio yuxtavascular de la pared ventricular; aunque el calibre del vaso

es mayor, por estar en zona más superficial, las características de las fibras estructurales son similares a la de los pequeños nervios analizados.

Finalmente en la LAMINA XXII, Figuras 78-81 presentamos nervios perivascuales, a diferentes aumentos, entre los intersticios musculares de la pared ventricular. Su estructuración sigue siendo igual y la morfología y tamaño del nervio guarda relación con el calibre de la ramas vasculares.

#### Fibras preterminales intramusculares

Los fascículos nerviosos de los distintos plexos analizados, tanto superficiales como profundos, dan lugar a pequeños haces. Estos haces a su vez se arborizan, dando lugar a las fibras preterminales y terminales para las estructuras cardiacas de los diferentes estratos ventriculares; o sea, las pequeñas ramas colaterales del plexo superficial o fundamental se pierden por entre las estructuras de la cara externa de la musculatura superficial; las del plexo intermuscular se distribuyen entre las estructuras cardiacas de la cara interna del estrato superficial y cara externa del estrato profundo; y del plexo interfascicular salen los hacecillos preterminales que se introducen entre las estructuras celulares interfasciculares.

El modo de organizarse y distribuirse estos hacecillos preterminales es similar tanto en los planos superficiales como en los profundos; y, además, también es igual en las distintas áreas cardiacas. Por lo anteriormente indicado nos vamos a referir a una zona concreta, la del septum interventricular, pues en las paredes laterales ventriculares su organización es idéntica. También los hallazgos observados en el ventrículo son similares a los obtenidos, entre nosotros, por RODRIGUEZ LOZANO (1986) en las paredes auriculares. Por lo tanto no vamos a

insistir mucho en la cuestión, sino más bien vamos a presentar una serie de microfotografías que demuestren su estructuración y modo de distribuirse. Ahora bien, conviene subrayar que cuando estos pequeños hacecillos dan sus fibrillas preterminales y aún, a veces, ellos mismos, adoptan una dirección paralela a la fibra muscular o estructura que van a abastecer.

En la LAMINA XXVIII, Figura 101, presentamos unas neurofibrillas a medianos aumentos de las llamadas amielínicas; aunque, en realidad, tienen la envoltura que les proporcionan las células de Schwann, cuyos núcleos originan los abultamientos que se ven en ella. Estas neurofibrillas caminan prácticamente paralelas a las fibras musculares y ha sido preciso reforzar la tinción para poderlo demostrar bien.

En la Figura 102, presentamos un pequeño fascículo nervioso, también paralelo a las fibras musculares, junto a un pequeño vaso intramuscular; este fascículo nervioso consta fundamentalmente de fibras amielínicas, aunque también se observan algunas fibras colaterales de las gruesas mielinizadas.

En la Figura 103 se presenta un pequeño haz preterminal, a grandes aumentos, constituido por fibras amielínicas hiperimpregnadas (las irregularidades que presentan son debidas a los distintos planos de sección). Este haz, aunque en principio camina un poco oblicuamente en el sentido de la fibra muscular, después tiende a hacerse paralelo a ella próximo a su área de arborización (zona superior de la microfotografía).

En la LAMINA XXIX, Figuras 104-105, presentamos, a distintos aumentos, un pequeño fascículo nervioso preterminal intramuscular, que se desdobra en dos ramas; tanto el fascículo como sus dos pequeñas ramitas siguen una dirección paralela a la de las fibras musculares. Este fascículo nervioso, aunque está

constituido fundamentalmente por delgadas fibras poco perceptibles, tiene también algunas fibras mielinizadas, que se destacan fuertemente de las anteriores por su gran apetencia por las sales de plata. Estas fibras, por corresponder a una zona agangliónica de la musculatura profunda de la porción supero-anterior del tabique interventricular, suponemos han de ser de tipo sensitivo.

En la microfotografía de la Figura 106 presentamos un delgado haz constituido por una fibra argentófila y otra argentófoba del cual previamente se le ha separado (zona inferior de la microfotografía) una colateral, constituida por escasas fibras argentófobas. Esta microfotografía corresponde a la zona del septum ventricular junto al anillo fibroso.

En la Figura 107 presentamos un haz nervioso constituido por fibras fundamentalmente amielínicas y alguna mielinizada; pero este haz corresponde al plexo subendocárdico. La dirección es oblicua con relación a las células cardíacas de la zona.

En la LAMINA XXX, Figuras 108-111, presentamos, a diferentes aumentos, el aspecto de un hacecillo nervioso intramuscular de la musculatura profunda del septum interventricular. Este hacecillo, si bien tiene dirección perpendicular a las fibras musculares, cuando da pequeñas ramas colaterales éstas adoptan posición paralela y, al final, se arborizan en pequeños filamentos, los cuales son difíciles de seguir al ser seccionados por el corte (Figura 111). Aunque con el microscopio y enfocando a distintos planos hemos intentado seguirlos, dada su extrema delgadez, al estar segmentados y la escasa apetencia por la plata, hacen prácticamente imposible conseguir observar su terminación.

Las fibras que constituyen los hacecillos mencionados son de tipo amielínico y estas fibras se arborizan dando finísimas

ramas, las cuales hemos indicado son imposibles de seguir.

Finalmente en la LAMINA XXXI, Figuras 112-113 presentamos otro pequeño haz nervioso preterminal, constituido por una colateral de fibra mielinizada y el resto por fibras amielínicas, el cual se arboriza (área superior de la microfotografía) y cuyas fibrillas, aunque lo intentamos, tampoco pudimos seguirlas hasta sus formaciones terminales por las causas ya indicadas.

#### Formaciones terminales

Como hemos indicado anteriormente, con los métodos de plata y microscopía óptica, con las lentes reseñadas en material y métodos, no hemos podido observar aparatos terminales algunos, dentro de las estructuras musculares cardiacas. Esto lo creemos debido a que para la demostración de los aparatos terminales motores, dada su pequeñez en las áreas de contacto, es preciso el uso de la microscopía electrónica, pues con tales medios, según hemos indicado en el capítulo de resumen histórico, se ha podido comprobar su existencia.

Para las formaciones terminales sensitivas, excepto en las redes terminales o arborizaciones simples, los métodos de plata, solo, son insuficientes, ya que como un método de plata bien hecho solo debe teñir las estructuras neurofibrilares, las cápsulas conjuntivas que envuelven a la fibrilla nerviosa, en su terminación, no se pueden demostrar, al no teñirse. Ante tales circunstancias solo hemos visto neurofibrillas de fibras mielinizadas pertenecientes a colaterales de las mencionadas fibras del sistema cerebroespinal, pero no pudimos precisar si ello era la terminación real. Por otra parte, dentro de la estructura muscular no deben existir formaciones capsuladas complejas, las cuales con estos métodos y en otras vísceras, han sido demostradas, entre nosotros, por SOLER y Cols.

También hemos de indicar que, por otra parte, tampoco hemos insistido mucho en su búsqueda, puesto que, por el momento, lo que más nos interesaba era un análisis general de la disposición de los elementos nerviosos en los ventrículos.

#### PLEXO PROFUNDO O SUBENDOCARDICO:

Los pedículos de entrada fundamentales para el plexo subendocárdico ventricular los constituyen las fibras eferentes de los grupos ganglionares situados en la zona de transición entre los septum interauricular e interventricular y alrededor del seno venoso coronario (LAMINAS VIII y X, Figuras 28,29; 34-37) o sea el área situada junto al nódulo atrioventricular. A partir de dicha zona y siguiendo el trayecto del haz de His y de sus ramas, se comprueba la existencia de gran cantidad de haces nerviosos, como ya demostrara entre nosotros **TALLON BARRANCO (1984)**, por lo que no vamos a insistir en la cuestión. De estos haces nerviosos parte de ellos abastecen la musculatura profunda cardiaca, fundamentalmente la de los pilares valvulares y musculatura arqueada que forman las irregularidades de las cavidades ventriculares; y, el resto, va a integrar las formaciones nerviosas plexiformes del estrato subendocárdico. Esto no quiere decir que solo intervengan dichas fibras en este plexo, pues también intervienen algunas de las perforantes del plexo intermuscular.

Aunque la morfología del plexo subendocárdico no la hemos podido estudiar en toda su extensión, (pues para ello hubiera sido necesario el uso de otros métodos de contraste, como los intra y supravitales, y preparaciones de mayor extensión y más gruesas que las utilizadas en los procedimientos argénticos y que abarquen grandes extensiones de la zona, para analizarlas por transparencia), sí hemos podido analizar parcialmente algunas áreas (LAMINA XXIX, Figura 107; LAMINA XXXII, Figuras 114-115), las cuales nos permiten al menos, ver la estructuración de los elementos que la componen. Así:

Este plexo está situado en el delgado intersticio laxo que existe entre la superficie interna de la musculatura profunda y

el endocardio. Su forma es irregular, para adaptarse a las anfractuosidades de este intersticio, y está constituido por cordones relativamente gruesos (LAMINA XXXII, Figuras 114-115) de forma generalmente redondeada, situados bien junto a vasos o independientes de ellos e integrados por abundantes fibras amielínicas delgadas y algunas mielínicas de diferente calibre. De estas fibras mielinizadas, como las encontradas en las restantes estructuras cardiacas, las de los nervios satélites de los vasos suelen ser más delgadas que las que caminan independientes de ellos.

A partir de estos gruesos cordones nerviosos se originan ramas colaterales que son las que, al entremezclarse, dan la sensación plexiforme de estas estructuras nerviosas; y a partir de ellas salen ramitos, más finos, que son los que se sitúan más próximos a las estructuras cavitarias, tanto del endocardio que recubre la musculatura como del valvular.

Como en el caso de las formaciones plexiformes intramusculares, ha sido imposible localizar sus formaciones terminales, tanto motoras como sensitivas; pues las técnicas de contraste y el material óptico empleados no son los más adecuados para la cuestión. Sólo podemos suponer la posibilidad de existencia en este plexo de fibras sensitivas y motoras por la estructuración de sus elementos nerviosos; ya que, por una parte, es lógico pensar que las fibras mielinizadas correspondientes al sistema cerebroespinal sean sensitivas, pues no hemos podido encontrar grupos ganglionares alguno en la zona y otros investigadores, como indicamos en el capítulo de "Resumen Histórico", han demostrado la existencia de receptores más o menos complejos subendocárdicos en determinadas áreas. Por otra parte, las fibras amielínicas o verdaderas autónomas, por proceder de los ganglios yuxta e intraparietales cardiacos, dan lugar a receptores simples y formaciones terminales eferentes,

según describen otros investigadores. En este apartado dado los medios empleados en el análisis del material, no podemos ser más explícitos en cuanto a la estructuración y morfología del plexo.

## INERVACION DE LOS VASOS EN LA PAREDES INTRAPARIETALES CARDIACAS:

Según indicamos anteriormente, además de los nervios que caminan independientes de los vasos, que forman los plexos intraparietales citados, existen otros satélites de ellos.

Estos nervios, generalmente proceden de pedículos eferentes de grupos ganglionares situados también junto a los vasos; pero cuya localización principal, como ya indicaran SOLER y LOPEZ SOLER (1988) para el caso de los ventrículos, las masas ganglionares están situadas fundamentalmente en el origen de las arterias coronarias y grandes colaterales de éstas.

Las características de estos grupos ganglionares, como fueron descritas por los investigadores citados, no vamos a insistir en ellas; máxime cuando también, entre nosotros, los describe RODRIGUEZ LOZANO (1986) en las paredes auriculares y sus características son similares a las halladas en la pared ventricular; por lo tanto, nos referiremos a los pedículos eferentes de tales ganglios, que son los que, en último extremo, van a realizar la inervación vascular.

Por regla general los elementos nerviosos que acompañan a los vasos son mayores los de las arterias que los de las venas, cuando se trata de vasos de similar calibre; y dentro de cada uno de estos tipos de vasos el grosor de estos es directamente proporcional al calibre del vaso y se van ramificando conforme estos lo hacen. Así por ejemplo:

En la LAMINA XXXIII, Figuras 116-119 presentamos unos vasos intraparietales de mayor calibre con sus nervios satélites.

En las LAMINAS XXXIV y XXXV, Figuras 120-125 presentamos unas microfotografías en donde se observa como los vasos, al

ramificarse, los nervios se desdoblan, dando colaterales para sus distintas ramas.

Todos los citados nervios yuxtavasculares de los vasos de diferente calibre, tienen una estructuración similar, estando constituidos fundamentalmente por fibras amielínicas; pero también tienen algunas fibras mielinizadas tipo cerebrospinal, aunque no de las gruesas. Las fibras de este último tipo se desdoblan, dando colaterales más finas, sobretodo en sus porciones preterminales.

Los mencionados ramos satélites de los vasos, cada cierto trecho (LAMINA XXXIII y XXXIV, Figuras 117-123), van dando pequeños hacecillos colaterales, también constituidos por fibras mielínicas y amielínicas, los cuales abastecen de modo sensitivo y motriz las estructuras vasculares locales. Para ello, al llegar a la pared del vaso, estos delgados fascículos se ramifican, y se sitúan, en parte, en la superficie, en la capa adventicia (LAMINA XXXV, Figuras 126-127; LAMINAS XXXVI, Figuras 128-131) dando lugar a las clásicas redes perivasculares. En estas redes, no solamente intervienen las gruesas fibras mielinizadas que poseen tales fascículos nerviosos, sino también algunas fibras amielínicas. Estas redes, no solamente intervienen las gruesas fibras mielinizadas que poseen tales fascículos nerviosos, sino también algunas fibras amielínicas. Estas redes perivasculares creemos son las redes perivasculares sensitivas, que clásicamente se vienen describiendo. Pero el resto de las fibras indicadas penetran dentro de la propia estructura vascular y se pierden por entre la musculatura llegando hasta la capa endotelial. Los aparatos terminales de estos últimos tipos de fibras intramurales nos ha sido imposible observarlos por microscopía de luz.

LAMINA I

CORAZON DE GATO

Figura nº 1.- Pedículo arterial. Ganglio entre la arteria aorta y la pulmonar. (Gato nº 6. Preparación 6<sub>3</sub>. Coordenadas 57,4-94,6. Objetivo 25. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 114/32).

Figura nº 2.- Microfotografía a mayores aumentos, ampliación de la figura nº 1. (Objetivo 40. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 114/35).

Figura nº 3.- Pedículo arterial. Ganglio junto al origen de un vaso. (Gato nº 6. Preparación 6<sub>6</sub>. Coordenadas 60,2-97. Objetivo 25. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 116/5).

Figura nº 4.- Microfotografía a mayores aumentos, ampliación de la figura nº 3. (Objetivo 40. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 116/6).



Figura nº 1



Figura nº 2

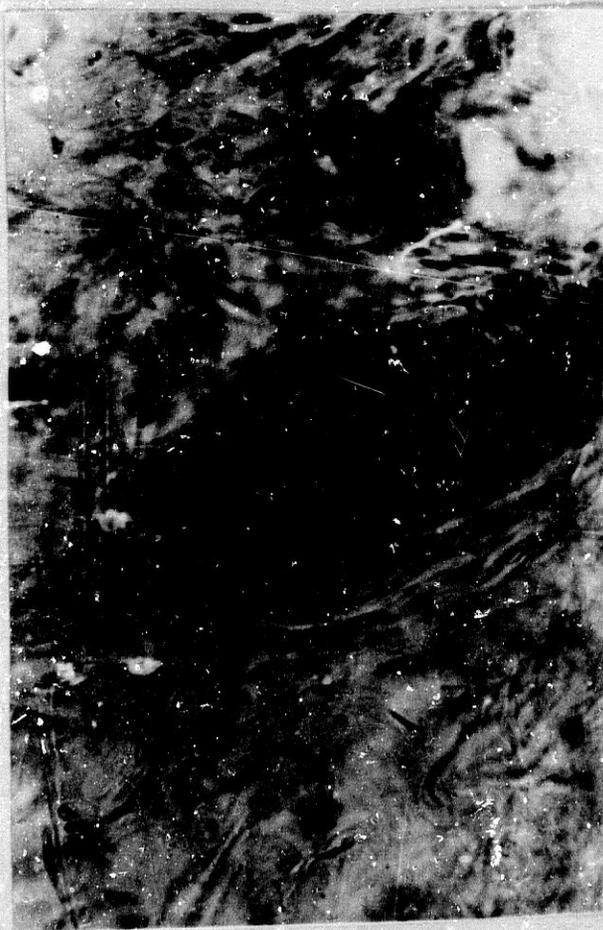


Figura nº 3



Figura nº 4

LAMINA II

CORAZON DE GATO

Figura nº 5.- Zona Pedículo arterial. (Gato nº 48. Preparación 5C. Coordenadas 60-101,9. Objetivo 4. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 5/25).

Figura nº 6.- Microfotografía a mayores aumentos, ampliación de la figura nº 5. (Objetivo 40. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 6/1).

Figura nº 7.- Zona Pedículo arterial. (Gato nº 48. Preparación 5D. Coordenadas 57-103,1. Objetivo 10. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 6/9).

Figura nº 8.- Microfotografía a mayores aumentos, ampliación de la figura nº 7. (Objetivo 100. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 6/15).



Figura nº 5



Figura nº 6



Figura nº 7



Figura nº 8

LAMINA III

CORAZON DE GATO

Figura nº 9.- Neuronas en la musculatura del origen de los grandes vasos arteriales y vasos de igual zona. (Gato nº 4). Preparación 9. Coordenadas 57-103. Objetivo 25. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 72/5).

Figura nº 10.- Microfotografía a mayores aumentos, ampliación de la figura nº 9. (Objetivo 40. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 72/6).

Figura nº 11.- Microfotografía a mayores aumentos, ampliación de la figura nº 10. (Objetivo 40. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 72/8).

Figura nº 12.- Microfotografía a mayores aumentos, ampliación de la figura nº 11. (Objetivo 100. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 72/11).



Figura nº 9



Figura nº 10



Figura nº 11



Figura nº 12

LAMINA IV

CORAZON DE GATO

Figura nº 13.- Nervios en la musculatura del origen de las gruesas arterias. (Gato nº 4. Preparación 8. Coordenadas 57,5-100,6. Objetivo 100. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 71/26).

Figura nº 14.- Microfotografía a mayores aumentos, ampliación de la figura nº 13. (Objetivo 100. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 71/27).

Figura nº 15.- Vaso perivascular, zona parietal intramuscular periarterial. (Gato nº 4. Preparación 8. Coordenadas 57,6-101,4. Objetivo 100. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 71/30).



Figura nº 13



Figura nº 14



Figura nº 15

LAMINA V

CORAZON DE GATO

Figura nº 16.- Zona surco auriculoventricular; porción anterior.  
(Gato nº 500. Preparación 1. Coordenadas 64,3-108,2. Objetivo 4. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 9/4).

Figura nº 17.- Microfotografía a mayores aumentos, ampliación de la figura nº 16. (Objetivo 10. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 9/5).

Figura nº 18.- Microfotografía a mayores aumentos, ampliación de la figura nº 16. (Objetivo 10. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 9/6).

Figura nº 19.- Microfotografía a mayores aumentos, ampliación de la figura nº 16. (Objetivo 25. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 9/10).



Figura nº 16



Figura nº 17



Figura nº 18



Figura nº 19

LAMINA VI

CORAZON DE GATO

Figura nº 20.- Zona surco auriculoventricular; porción posterior, junto desembocadura seno venoso. Ganglio superficial. (Gato nº 354. Preparación A<sub>1</sub>. Coordenadas 64-107. Objetivo 10. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 94/13).

Figura nº 21.- Microfotografía a mayores aumentos, ampliación de la figura nº 20. (Objetivo 25. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 94/14).

Figura nº 22.- Zona surco auriculoventricular posterior. Ganglios y nervios. (Gato nº 354. Preparación A<sub>3</sub>. Coordenadas 55,6-96. Objetivo 10. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 97/11).

Figura nº 23.- Microfotografía a mayores aumentos, ampliación de la figura nº 22. (Objetivo 25. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 97/12).



Figura nº 20



Figura nº 21



Figura nº 22

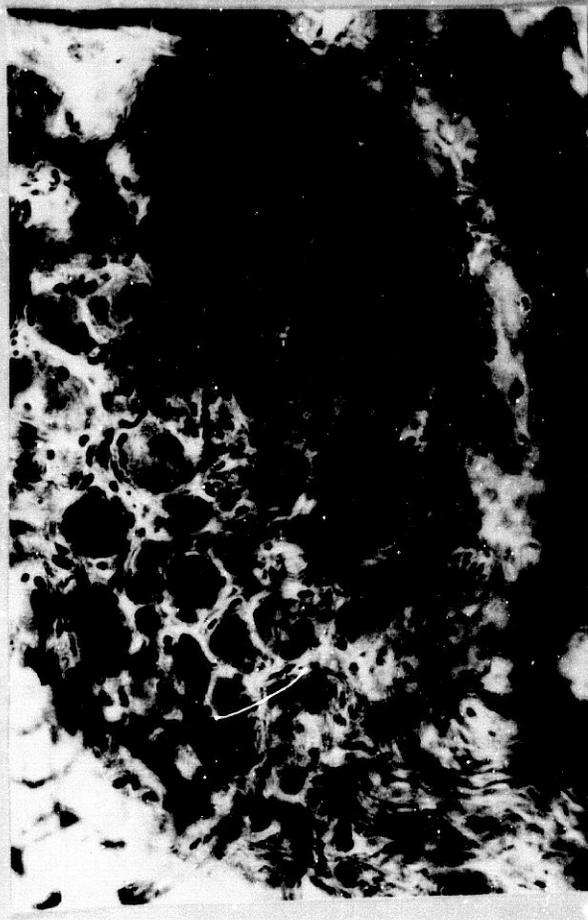


Figura nº 23

LAMINA VII

CORAZÓN DE GATO

Figura nº 24.- Zo a surco auriculoventricular, porción lateral. Nervio perivascular superficial y neuronas. (Gato nº 354. Preparación A<sub>3</sub>. Coordenadas 52,8-96. Objetivo 10. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 97/1).

Figura nº 25.- Microfotografía a mayores aumentos, ampliación de la figura nº 24. (Objetivo 25. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 97/2).

Figura nº 26.- Microfotografía a mayores aumentos, ampliación de la figura nº 24. (Objetivo 25. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 97/3).

Figura nº 27.- Microfotografía a mayores aumentos, ampliación de la figura nº 26. (Objetivo 40. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 97/4).



Figura nº 24



Figura nº 25



Figura nº 26



Figura nº 27

LAMINA VIII

CORAZON DE GATO

Figura nº 28.- Zona de transición, septum auriculoventricular.  
Ganglios. (Gato nº 510. Preparación 4. Coordenadas  
52,5-100,5. Objetivo 10. Cámara 3.2:1. Tubo vario  
1.0. Film C 29/15).

Figura nº 29.- Microfotografía a mayores aumentos, ampliación de  
la figura nº 28. (Objetivo 25. Cámara 3.2:1. Tubo  
vario 1.0. Film C 29/16).



Figura nº 28



Figura nº 29

LAMINA IX

CORAZON DE GATO

Figura nº 30.- Transición entre septum auricular y ventricular.  
(Gato nº 369. Preparación A<sub>3</sub>. Coordenadas 58-107.  
Objetivo 10. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C  
75/17).

Figura nº 31.- Microfotografía a mayores aumentos, ampliación de  
la figura nº 30. (Objetivo 25. Cámara 3.2:1. Tubo  
vario 1.0. Film C 75/18).

Figura nº 32.- Microfotografía a mayores aumentos, ampliación de  
la figura nº 31. (Objetivo 40. Cámara 3.2:1. Tubo  
vario 1.0. Film C 75/19).

Figura nº 33.- Microfotografía a mayores aumentos, ampliación de  
la figura nº 31. (Objetivo 40. Cámara 3.2:1. Tubo  
vario 1.0. Film C 75/20).



Figura nº 30



Figura nº 31



Figura nº 32



Figura nº 33

LAMINA X

CORAZON DE GATO

Figura nº 34.- Intersticio entre septum interauricular y ventricular. Nervios y ganglios. (Gato nº 10. Preparación 2<sub>A</sub>. Coordenadas 52,5-100,7. Objetivo 10. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 34/3).

Figura nº 35.- Microfotografía a mayores aumentos, ampliación de la figura nº 34. (Objetivo 25. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 34/5).

Figura nº 36.- Microfotografía a mayores aumentos, ampliación de la figura nº 35. (Objetivo 40. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 34/7).

Figura nº 37.- Microfotografía a mayores aumentos, ampliación de la figura nº 35. (Objetivo 40. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 34/8).



Figura nº 34



Figura nº 35

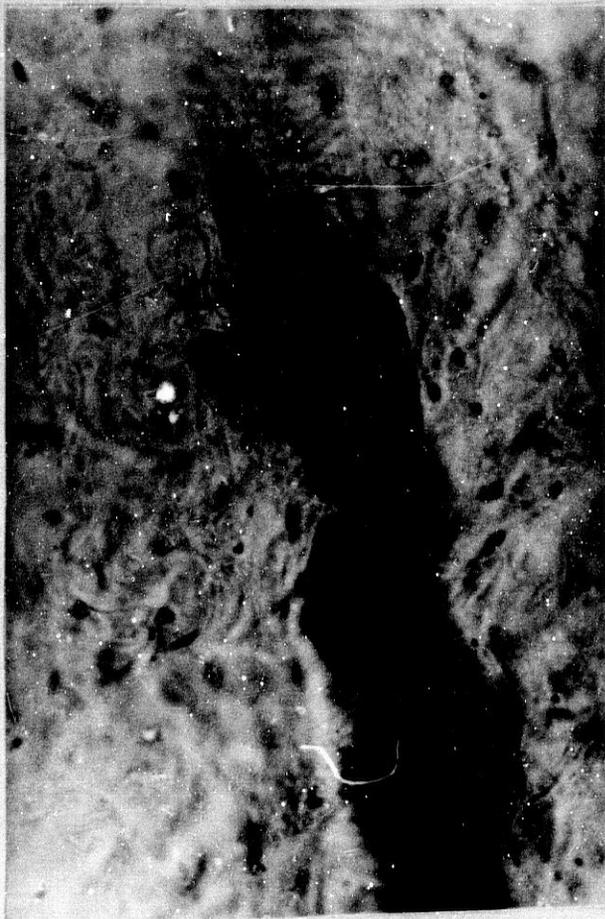


Figura nº 36



Figura nº 37

LAMINA XI

CORAZON DE GATO

Figura nº 38.- Entrada de nervios al septum interventricular en zona superficial. Area fascículo de His. (Gato nº 524. Preparación 6. Coordenadas 54,9-105. Objetivo 4. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 62/21).

Figura nº 39.- Zona septum interventricular. Area fascículo de His. (Gato nº 524. Preparación 7. Coordenadas 50-103. Objetivo 4. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 63/26).

Figura nº 40.- Microfotografía a mayores aumentos, ampliación de la figura nº 97. (Objetivo 10. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 63/27).



Figura nº 38



Figura nº 39



Figura nº 40

LAMINA XII

CORAZON DE GATO

Figura nº 41.- Zona 1/3 supero-anterior del septum interventricular, margen externa superior. (Gato nº 6. Preparación 3<sub>5</sub>. Coordenadas 61,5-99. Objetivo 10. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 104/37).

Figura nº 42.- Microfotografía a mayores aumentos, ampliación de la figura nº 41. (Objetivo 40. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 104/39).



Figura nº 41



Figura nº 42

LAMINA XIII

CORAZON DE GATO

Figura nº 43.- Zona septum interventricular, 1/3 supero posterior. (Gato nº 48. Preparación 1<sub>A</sub>. Coordenadas 61,3-99,2. Objetivo 10. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 6/18).

Figura nº 44.- Microfotografía a mayores aumentos, ampliación de la figura nº 43. (Objetivo 25. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 6/19).

Figura nº 45.- Microfotografía a mayores aumentos, ampliación de la figura nº 43. (Objetivo 25. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 6/20).

Figura nº 46.- Microfotografía a mayores aumentos, ampliación de la figura nº 45. (Objetivo 40. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 6/23).



Figura nº 43



Figura nº 44



Figura nº 45



Figura nº 46

LAMINA XIV

CORAZON DE GATO

Figura nº 47.- Nervios en el septum interventricular, 1/3 supero-posterior. (Gato nº 6. Preparación 1<sub>12</sub>. Coordenadas 59,4-102. Objetivo 10. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 101/32).

Figura nº 48.- Microfotografía a mayores aumentos, ampliación de la figura nº 47. (Objetivo 25. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 101/33).

Figura nº 49.- Microfotografía a mayores aumentos, ampliación de la figura nº 48. (Objetivo 40. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 101/34).



Figura nº 47



Figura nº 48



Figura nº 49

LAMINA XV

CORAZON DE GATO

Figura nº 50.- Neuronas en el surco interventricular posterior, 1/3 superior y nervios entre las capas musculares profunda y superficial. (Gato nº 6. Preparación 1g. Coordenadas 59,2-95. Objetivo 10. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 101/3).

Figura nº 51.- Microfotografía a mayores aumentos, ampliación de la figura nº 50. (Objetivo 40. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 101/6).

Figura nº 52.- Septum interventricular, 1/3 supero-posterior. Zona entre capas musculares profunda y superficial. (Gato nº 6. Preparación 1g. Coordenadas 51-95. Objetivo 10. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 101/10).

Figura nº 53.- Microfotografía a mayores aumentos, ampliación de la figura nº 52. (Objetivo 40. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 101/12).



Figura nº 50



Figura nº 51



Figura nº 52



Figura nº 53

LAMINA XVI

CORAZON DE GATO

Figura nº 54.- Zona septum ventricular, 1/3 superior. (Gato nº 514. Preparación 7. Coordenadas 63,1-102,8. Objetivo 25. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C. 15/20).

Figura nº 55.- Microfotografía a mayores aumentos, ampliación de la figura nº 54. (Objetivo 40. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 15/22).

Figura nº 56.- Zona septum ventricular, 1/3 superior. (Gato nº 514. Preparación 7. Coordenadas 62,1-102,6. Objetivo 10. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 15/23).

Figura nº 57.- Microfotografía a mayores aumentos, ampliación de la figura nº 56. (Objetivo 25. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 15/24).



Figura nº 54



Figura nº 55



Figura nº 56



Figura nº 57

LAMINA XVII

CORAZON DE GATO

Figura nº 58.- Zona septum interventricular, 1/3 superior. (Gato nº 510. Preparación 3. Coordenadas 64,3-103,9. Objetivo 10. Cámara 3.2:1. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 28/20).

Figura nº 59.- Microfotografía a mayores aumentos, ampliación de la figura nº 58. (Objetivo 25. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 28/21).

Figura nº 60.- Microfotografía a mayores aumentos, ampliación de la figura nº 59. (Objetivo 25. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 28/22).

Figura nº 61.- Microfotografía a mayores aumentos, ampliación de la figura nº 60. (Objetivo 40. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 28/23).



Figura nº 58



Figura nº 59



Figura nº 60



Figura nº 61

LAMINA XVIII

CORAZON DE GATO

Figura nº 62.- Zona septum interventricular, 1/3 superior. (Gato nº 515. Preparación 1. Coordenadas 68-108. Objetivo 25. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 24/15).

Figura nº 63.- Microfotografía a mayores aumentos, ampliación de la figura nº 62. (Objetivo 40. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 24/16).

Figura nº 64.- Zona septum ventricular, 1/3 medio. Fibrillas nerviosas. (Gato nº 515. Preparación 6. Coordenadas 56-94,6. Objetivo 25. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 18/8).

Figura nº 65.- Microfotografía a mayores aumentos, ampliación de la figura nº 64. (Objetivo 100. Cámara 3.2:1. Tubo vario 1.0. Film C 18/10).



Figura nº 62



Figura nº 63



Figura nº 64



Figura nº 65