

SOBRE LA FINA ESTRUCTURA DEL CORAZÓN DE «HELIX»

por

E. FERNÁNDEZ GALIANO

I

Las fibrillas conectivas del corazón de «Helix»

Achúcarro y Calandre publicaron en 1913, en los *Trabajos del Laboratorio de Investigaciones biológicas de la Universidad de Madrid*, una memoria (1) en la que exponen los resultados que han obtenido aplicando al estudio del corazón del hombre y del carnero el método del tanino y plata amoniacal del primero de dichos autores.

Los citados histólogos, en la mencionada memoria, confirman y amplían notablemente los resultados a que llegaron anteriormente el propio Calandre, Neuber y Ranke en las pesquisas sobre el tejido conectivo cardiaco, realizadas con la ayuda del método de Achúcarro o de otros procederes de impregnación argéntica, y aciertan a revelar en el corazón una extraordinaria abundancia de finas fibras conectivas que forran las fibrillas musculares

(1) *El método del tanino y la plata amoniacal aplicado al estudio del tejido muscular cardiaco del hombre y del carnero.*

aplicándose estrechamente al sarcolema y dibujando espesas redes alrededor de aquéllas.

La lectura del susodicho trabajo nos sugirió la idea de estudiar las fibras conectivas del corazón de los moluscos, sirviéndonos del citado proceder técnico al tanino y plata amoniaca. Nos hemos valido para comenzar nuestras investigaciones del corazón del caracol común y el resultado de nuestro estudio va consignado en los párrafos que siguen.

* * *

Conviene, antes de entrar de lleno en nuestro tema, decir algunas palabras acerca de la estructura del corazón del caracol.

La pared de este órgano está formada, lo mismo que en los vertebrados, según resulta de los trabajos efectuados por diversos autores, de tres capas, que son, de fuera a dentro: el epitelio pericárdico, el miocardio y el endocardio. El primero está constituido por una sola capa de células epiteliales, de protoplasma poco abundante y núcleo voluminoso, que envuelve completamente el miocardio. Aunque muchos histólogos niegan la existencia de un endocardio, parece ser, sin embargo, como opina Marceau, que los paquetes de fibras musculares del miocardio están revestidos por un endotelio de células aplanadas, que tiene el valor de un endocardio.

Componen el miocardio haces o paquetes de fibras musculares de variable diámetro que se entrecruzan en todas direcciones y están más o menos apretadas unas contra otras, pero sin constituir nunca una membrana continua; existen, además, células conjuntivas ramificadas, en escaso número, que separan unos de otros los paquetes musculares. Las fibras musculares que componen los haces o paquetes son elementos alargados, perfectamente indivi-

dualizados, que de trecho en trecho y de una manera irregular emiten ramas más o menos gruesas que unas veces se anastomosan con las emanadas de fibras próximas y otras se terminan libremente en punta más o menos afilada.

* * *

Recomienda Achúcarro, como medida indispensable para el buen éxito de la impregnación con su método del tanino y plata amoniaca, el empleo de material muy fresco. Para llenar cumplidamente tal indicación, procedemos del siguiente modo para extraer el corazón del caracol: teniendo el animal en la mano izquierda, con la derecha y sirviéndonos de unas tijeras fuertes de punta aguda, cortamos la concha a partir del peristoma, según la línea media de las vueltas de espira, teniendo cuidado de no herir la masa visceral; los fragmentos de concha son retirados después con auxilio de unas pinzas y con las mismas se extrae también el eje de la concha, a cuyo alrededor está arrollado el cuerpo blando del animal. Por transparencia se ve a través de la piel el corazón, y entonces se clava el cuerpo del molusco con unos cuantos alfileres sobre una placa de cera, de tal forma que quede hacia arriba y bien tensa la piel que tapiza la región cardíaca. Con unas tijeras finas se corta ahora la piel de atrás a delante, siguiendo lo más exactamente posible la línea que separa el corazón del órgano de Bojanus, que está a su derecha, y, de este modo, apartando la piel con las pinzas, queda al descubierto el corazón; en este momento puede ser fácilmente desprendido dando dos cortes, el uno a la vena pulmonar, que es prolongación de la aurícula, y el otro a la aorta, que sale del ventrículo.

Para la confección de las preparaciones hemos seguido el siguiente proceder técnico, que se ajusta fielmente al

preconizado por Achúcarro para el teñido de fibras conectivas:

1.º Fijación del corazón entero en formol al 12 por 100 durante dos o más días.

2.º Lavado en agua corriente.

3.º Cortes de 10 a 14 micras con el microtomo de congelación.

4.º Inmersión de los cortes en solución acuosa saturada de tanino, a 55º de temperatura durante media hora o a la temperatura de la habitación durante 24 horas.

5.º Lavado de los cortes en agua destilada.

6.º Tratamiento de los cortes, uno por uno, por la solución de plata amoniacal (plata Bielschowsky, X gotas, agua destilada, 20 c. c.) Cuando los cortes toman un color amarillo moreno son trasladados al

7.º Formol al 20 por 100, en donde permanecen diez minutos.

8.º Lavado en agua destilada, deshidratación, aclarante y bálsamo.

Según el autor del método, los cortes sumergidos en el tanino caliente revelan las fibras conectivas, y alguna vez, de un modo excepcional, las estrías del tejido muscular; en cambio, el tanino en frío sirve para mostrar la sustancia estriada y eliminar al propio tiempo las imágenes del tejido conectivo que pudiera encubrirla. Por nuestra parte, con el empleo del tanino en frío no hemos conseguido ver la estriación, ni siquiera de manera confusa, y en cuanto al tanino caliente, a pesar de las numerosas preparaciones que hemos hecho, ni en una sola aparecen las susodichas estrías; el resultado negativo no nos ha sorprendido mucho, pues, según puede verse en otra parte de este trabajo, hay una gran diferencia entre la estriación de las fibras musculares de los mamíferos y las de los moluscos.

Nos ha parecido conseguir mejores resultados, sobre

todo cuando se trata de impregnar cortes en que el tejido muscular es muy compacto, pasándolos sucesivamente por dos pocillos con plata amoniaca, teniéndolos en el primero hasta que toman un color amarillo y trasladándolos en este punto al segundo, en donde se mantienen hasta que ostentan un tinte moreno bien marcado.

Como las fibras musculares se entrecruzan en todos sentidos en el corazón de *Helix*, las secciones han sido verificadas en cualquier dirección. La mayoría de ellas las hemos hecho, sin embargo, por razones de mayor comodidad, en el sentido longitudinal y en el transversal; en todos los cortes se encuentran así miofibras dispuestas según todas las orientaciones.

* * *

Examinadas las preparaciones con un buen objetivo de inmersión, observaremos varias clases de fibrillas conectivas que describiremos sucesivamente. En primer lugar, notamos la presencia de fibras, bastante finas, en general, que corren a lo largo de las fibras musculares y separan unas de otras (fig. 1.^a y 2.^a); tales fibras siguen exactamente a lo largo de las fibras musculares, de tal modo que cuando la impregnación resulta bien, la presencia de ellas basta para indicarnos el número de miofibras que componen un paquete o columna visto en el sentido de su longitud. Están en la superficie de la fibra muscular, como lo prueba el hecho de que cuando ésta ha sido sorprendida en retracción y aparece con su superficie ondulada, las hebras conectivas que la limitan dibujan festones que acompañan íntimamente a las ondulaciones (fig. 3.^a); la figura, pues, de estas hebras depende de la forma del contorno de las fibras musculares que acompañan, siguiendo sus irregularidades y anfractuosidades.

Dichas fibras conectivas bordean las fibras musculares hasta su terminación: los extremos de estas últimas que, según sabemos, son puntiagudos, muéstranse revestidos por la fibra conectiva que da la vuelta a la punta, ciñéndola estrechamente (fig. 4.^a). La punta de una fibra muscular acaba incrustándose entre otras fibras de la misma naturaleza, y la fibrilla conectiva que bordea la primera se prolonga con la que va al margen de una de las otras (fig. 4.^a).

Pocas veces se nos presentan las mentadas fibras conectivas con toda claridad; lo corriente es que sus contornos sean poco correctos y su trayecto discontinuo, lo que dimana de cuatro causas diferentes, a saber: imperfección de la impregnación, que en una misma posición de enfoque se vean más o menos claramente varias fibrillas conectivas paralelas pertenecientes a la misma fibra muscular, que se superpongan a ellas otra clase de hebras conectivas de que luego hablaremos, y, finalmente, que, según veremos después, las fibras de que nos ocupamos den ramificaciones transversales que muchas veces aparecen cortadas y prestan a aquéllas un aspecto irregularmente dentellado.

De estas fibras longitudinales parten otras transversales que cruzan en gran número la fibra muscular, en dirección próximamente perpendicular al eje de ésta, formando cada una un anillo alrededor de ella; su grosor, variable dentro de estrechos límites, es escaso y próximamente el mismo que el de las fibras longitudinales que acabamos de describir. Tales fibras transversales yacen paralelas entre sí y muy próximas, de modo que la fibra muscular resulta envuelta por una serie muy numerosa de anillos conectivos (fig. 5.^a).

Aunque, en general, como hemos dicho, guardan estas fibrillas un paralelismo muy marcado, no faltan muchas

ocasiones de ver que dos de ellas se fusionan en un hilo común, lo cual es singularmente fácil de notar cuando la impregnación es tan poco enérgica que solamente se han precipitado gránulos argénticos sueltos sobre las fibrillas, dándoles aspecto moniliforme. Hay casos en que el número de fibrillas transversales es muy grande y los entrecruzamientos numerosos, dando a la fibra muscular un aspecto confusamente reticulado. Otras veces aparecen combinadas en la misma miofibra, estas fibrillas con otras de que hablaremos después (fig. 6.^a).

La emergencia de las fibrillas transversales se verifica en toda la extensión de la longitudinal, hasta el mismo extremo de la fibra muscular correspondiente, según acredita el dibujo de la derecha de la figura 5.^a y la figura 7.^a

Cuando la impregnación se verifica de una manera correcta, puede observarse la particularidad siguiente: de una fibra conectiva longitudinal que bordea una fibra muscular arrancan ramas transversales que cruzan y rodean ésta, pero, además, parten también otras fibrillas conectivas en sentido contrario que surcan transversalmente la miofibra vecina. Es decir, que sirviendo cada fibra longitudinal como de límite o frontera entre dos fibras musculares contiguas, emite prolongaciones destinadas a recorrer transversalmente las dos miofibras próximas. Este detalle se observa muy bien en los casos en que, como acontece en la figura 2.^a, las dos fibras musculares están separadas violentamente por azares de la preparación: se puede observar como las fibrillas *a*, *b* y *c* arrancan de la fibra longitudinal y, salvando el espacio que queda entre ambas miofibras, cruzan la de la derecha. La propia figura enseña, además, dos cosas: la elasticidad de las fibrillas transversales, que se estiran para cruzar el hueco existente entre las dos fibras musculares, y el hecho de que la fibra longitudinal está adherida a la fibra muscular,

según demuestra el aspecto ondulado que a la superficie interna de aquélla da la tirantez de las fibrillas transversales. Cosa parecida revela la fig. 1.^a

Otra clase de fibras conectivas se encuentran además, o sea fibras onduladas, con ondulación irregular y cuya dirección es próximamente paralela al eje de las fibras musculares. La semejanza de forma nos hizo pensar que estas hebras eran idénticas a las que Achúcarro y Calandre describen en su trabajo ya citado; pero desechamos esta opinión en vista de que dichos autores caracterizan tales fibras por dos circunstancias: su gran calibre en comparación con las restantes y el teñirse menos intensamente que las otras, mientras que las que encontramos en el caracol son finas y enérgicamente teñidas. Mas se parecen a las fibrillas, también en forma de tirabuzón, que los mencionados histólogos dibujan en la página 135 de su trabajo y a las que no aluden en el texto.

Las hebras onduladas, que representamos en la figura 8.^a, son de corta longitud, por lo regular, en comparación con las dimensiones de las fibras musculares, pues rara vez presentan más de ocho o diez ondulaciones; se las encuentra en cualquier sitio, lo mismo por encima de las fibras musculares que en los huecos o intersticios que quedan entre dos de ellas. Su orientación es sensiblemente paralela a la de las fibras musculares, siendo muy frecuente el caso de que experimenten desviaciones en su trayectoria y pasen de una a otra miofibra: no es raro que dos o más de ellas se muestren entrecruzadas, como las diseñadas en la figura 8.^a Sus extremos aparecen bruscamente cortados, accidentalmente, por lo cual es muy verosímil que su longitud exceda de la que hemos señalado; por la misma razón no se puede discernir dónde empiezan y dónde acaban; únicamente en casos excepcionalmente favorables hemos observado que sufren una

brusca rectificación y se continúan, o, por lo menos, se superponen, a las fibrillas longitudinales antes descritas (fig. 8.^a). El diámetro de las ondulaciones es sumamente variable, aun dentro de la misma fibrilla: unas veces es cortísimo, mientras que otras es superior al diámetro de las fibras musculares invadiendo dos de éstas.

Importa no confundir las fibras en tirabuzón con algunas longitudinales que afectan figura ondulada por estar yuxtapuestas a fibras musculares que ostentan contorno festoneado por haber sido sorprendidas en fase de contracción.

Según hemos adelantado, las fibras musculares cardíacas no están sueltas, sino formando manojos o paquetes de dimensiones extraordinariamente variables. Ciñendo tales paquetes existen hilos conectivos en gran profusión, más gruesos que los que ya hemos descrito, y que atan sólidamente las fibras musculares unas con otras. La figura 9.^a reproduce la imagen de una de estas columnas musculares: en ella se ve que hay un sistema de gruesas fibras transversales que dan la vuelta a todo el paquete y de las cuales parten asas longitudinales de trayecto más o menos tortuoso; de unas y otras emergen ramas más delgadas que se entrelazan entre sí y con las fibras finas longitudinales y transversales de cada miofibra, formando en conjunto una red intrincadísima que reúne y solidariza un cierto número de fibras musculares.

En cualquier corte obsérvanse numerosos paquetes musculares cortados de través: si miramos uno en que la impregnación se haya verificado correctamente, como el diseñado en la figura 10, notaremos la presencia de fibrillas conectivas que limitan y separan con precisión las secciones de las distintas fibras musculares integrantes del haz. Las líneas negras representativas de las fibrillas ofrecen constantes variaciones de calibre, lo que en parte se

debe a que en una misma posición de enfoque se ven varias yuxtapuestas: no hay que olvidar que estas hebras conectivas están dispuestas a lo largo de la miofibra como varias sortijas en un dedo. En el centro de cada sección de fibra muscular se distingue un espacio claro que representa la sección transversal del eje sarcoplásmico de la misma.

El miocardio entero está también circundado por hilos conectivos. La figura II copia parte de un corte que interesa el epitelio pericárdico y el miocardio: en ella se ve cómo por debajo del epitelio se extiende un grueso cordón conectivo, único o múltiple, más o menos correctamente delimitado, formando arcadas y enviando prolongaciones hacia el interior que ciñen estrechamente las fibras y los paquetes musculares, y que se prolonga contorneando todo el miocardio (I).

De todo lo que llevamos dicho se infiere, pues, que en el corazón del caracol existen tres redes de fibras conectivas: una de fibras gruesas que rodean totalmente el miocardio; otra de hebras, también gruesas, que ciñen en sentido longitudinal y transversal los manojos de fibras musculares; y, finalmente, una tercera, compuesta de fibras más finas, con ramas también longitudinales y transversales que abrazan íntimamente los elementos musculares.

(1) Notemos, de paso, en este dibujo, que las células pericárdicas son de forma cuboidea, mientras que Marceau en su trabajo *Recherches sur la structure du cœur chez les mollusques (Archives d'Anat. microsc., tomo VII, 1905)* las dibuja sumamente aplanadas. Quizá obedezca esta disparidad a que Marceau ha utilizado en sus investigaciones el *Helix pomatia* L., mientras que nosotros nos hemos servido del *H. aspersa* Müller.

II

Algunas particularidades estructurales de las fibras musculares cardíacas de «Helix»

Hemos continuado el estudio de la estructura del corazón de caracol valiéndonos del método de Cajal al formol-urano e impregnación argéntica. Consiste este método, como es bien sabido, en fijar el material de estudio en una solución acuosa de nitrato de urano al 1 por 100, a la que se añaden 15 gramos de formol, durante 8 a 24 horas, sumergir después el bloque en una solución de nitrato de plata en agua al 1'5 por 100 y dejarlo allí uno o dos días, tratarlo a continuación por la solución de hidroquinona y sulfito sódico (hidroquinona, 2 gramos; formol, 6; agua, 100, y sulfito sódico en cantidad necesaria para dar al líquido un tinte amarillo), y, finalmente, después de 10 ó 12 horas en el reductor, inclusión en celoidina, cortes y montaje en bálamo.

Las preparaciones efectuadas con auxilio de tal proceder nos han permitido observar algunas particularidades de las fibras musculares del corazón de *Helix* que nos parecen interesantes y ahora reseñaremos; pero antes creemos conveniente exponer sumariamente los conocimientos que actualmente se tienen acerca de dichas fibras.

Las fibras musculares, examinadas después de disociación, aparecen provistas de una columna axial protoplásmica indiferenciada que contiene los núcleos y una envoltura o corteza de naturaleza contráctil, formada por fibrillas paralelas al eje de la fibra y más o menos regularmente dispuestas.

Considerando aisladamente una de tales miofibrillas, se observa que está constituida por un filamento de naturaleza contráctil, en el cual alternan rigurosamente seg-

mentos oscuros, delgados, fácilmente coloreables, y segmentos claros, gruesos, difícilmente tingibles. Así, pues, las miofibrillas del corazón del caracol pertenecen al grupo que los histólogos llaman de fibrillas heterogéneas del tipo simple.

Si los discos oscuros de todas las miofibrillas que rodean el sarcoplasma axial de una fibra están en los mismos planos transversales, en la fibra, enfocada superficialmente, aparecerán, por reunión de los segmentos oscuros o delgados situados al mismo nivel y pertenecientes a las diversas fibrillas, una serie de líneas oscuras transversales, paralelas entre sí, y separadas por bandas claras que, a su vez, son originadas por el contacto de los discos espesos correspondientes a las distintas fibrillas (fig. 12).

Pero puede ocurrir que los discos oscuros de cada miofibrilla no estén en el mismo plano transversal que los pertenecientes a las fibrillas próximas, sino que alternen con ellos, y en este caso la fibra se nos aparecerá como estriada de una manera oblicua en dos direcciones opuestas, mostrando, por consiguiente, dos series de líneas oscuras y dos series de líneas claras que se cruzan (fig. 13).

Todavía puede suceder otra cosa, a saber: que los discos oscuros de las diferentes miofibrillas estén un poco desplazados unos con respecto a otros, de tal manera que simulen en conjunto bandas oscuras helicoidales, alternando, como es natural, con bandas claras situadas paralelamente a ellas. Y, finalmente, es de advertir que también contribuirá una miofibra con bandas helicoidales a darnos la impresión de doble estriación oblicua cuando, a causa de su exiguo espesor, veamos, en una misma posición de enfoque, sus planos superficial y profundo.

Los cortes coloreados del corazón de caracol nos revelan casi siempre ambas imágenes de fibras, las estriadas transversalmente y las que simulan una doble estriación

oblicua, y, lo que es más curioso, a veces se ve en una misma fibra una región estriada transversalmente y otra estriada oblicuamente. La estriación oblicua podemos explicárnosla fácilmente no echando en olvido una particularidad importante, a saber: que las miofibrillas del corazón de los moluscos no están unidas entre sí de trecho en trecho por redes transversales, como acontece en las de los vertebrados, y, por consiguiente, están más independientes, gozan de una cierta autonomía que les permite pequeños desplazamientos en el plano longitudinal y que dan por resultado la diversidad de aspectos con que las fibras musculares cardíacas se nos presentan en los moluscos. Hace verosímil esta explicación el hecho de que son las fibras en estado de contracción las que con más limpieza exhiben la doble estriación oblicua.

* * *

Nuestras preparaciones, ejecutadas con el método de Cajal, refuerzan esta concepción de las fibras cardíacas del corazón a la que han llegado los histólogos que moderadamente se han ocupado de este asunto, singularmente F. Marceau. En ellas se puede ver que la plata se ha depositado en forma de granos alineados en filas transversas al nivel de los segmentos oscuros de las miofibrillas. Muchas veces se pueden distinguir perfectamente las miofibrillas que integran una fibra muscular a causa de la exquisita electividad de la plata para los susodichos segmentos oscuros. También, a nuestro modo de ver, confirman nuestras preparaciones la hipótesis que explica la doble estriación oblicua.

En cambio, no revela este proceder de ningún modo la presencia de un sarcolema. Marceau, en su trabajo ya citado (*Recherches sur la structure du cœur chez les mollus-*

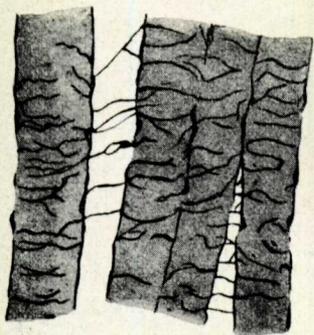


Fig. 1.^a—Cuatro fibras musculares cardíacas. Entre ellas se ven las fibras conectivas longitudinales. Obsérvense también las fibras transversas que pasan de una fibra muscular a otra salvando el espacio que las separa. Obj. apocr. Zeiss 1,30 mm. Oc. comp. 18.

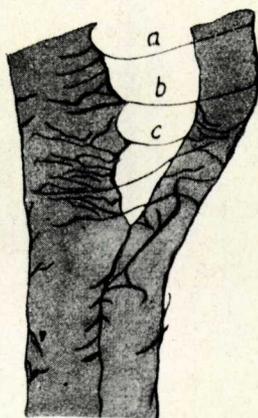


Fig. 2.^a—Dos fibras musculares cardíacas separadas violentamente. Obj. apocr. Zeiss 1,30-2 mm. Oc. comp. 18.

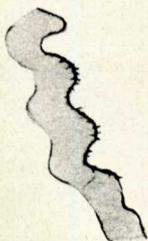


Fig. 3.^a—Una fibra muscular cardíaca con ondulaciones, limitadas por fibras longitudinales conectivas. Obj. apocr. Zeiss 1,30-2 mm. Oc. comp. 8.

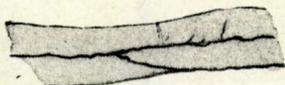


Fig. 4.^a—Terminaciones de miofibras cardíacas; las fibras conectivas longitudinales acompañan a aquéllas hasta su extremo. Obj. apocr. Zeiss 1,30-2 mm. Oc. comp. 8.

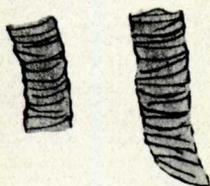


Fig. 5.^a — Fragmentos de fibras musculares cardiacas envueltas por los anillos de fibras conectivas.
Obj. apocr. Zeiss 1,30-2 mm.
Oc. comp. 18.



Fig. 6.^a — Una fibra muscular cardiaca rodeada por fibras conectivas de dos especies.
Obj. apocr. Zeiss 1,30-2 mm.
Oc. comp. 18.

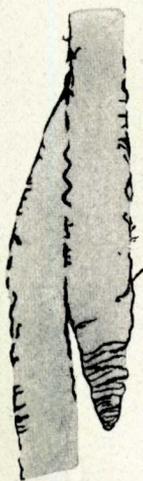


Fig. 7.^a — Extremos de dos miofibras cardiacas. En una de ellas pueden observarse las fibrillas conectivas transversales.
Obj. apocr. Zeiss 1,30-2 mm.
Oc. comp. 8.

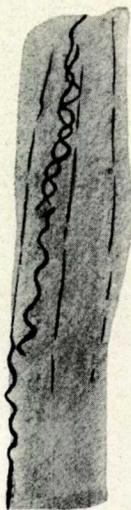


Fig. 8.^a — Varias fibras conectivas onduladas sobre una fibra muscular cardiaca.
Obj. apocr. Zeiss 1,30-2 mm.
Oc. comp. 18.



Fig. 9.ª—Haz muscular envuelto por un sistema de fibras conectivas.

Obj. apocr. Zeiss 1,30-2 mm.
Oc. comp. 4.

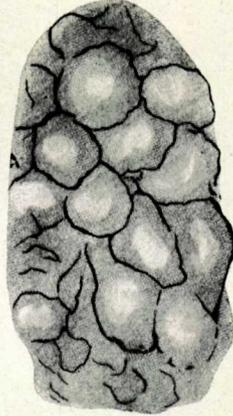


Fig. 10.ª—Haz muscular cardiaco cortado de través; las fibrillas conectivas aparecen circundando las fibras musculares.

Obj. apocr. 1,30-2 mm.
Oc. comp. 18.

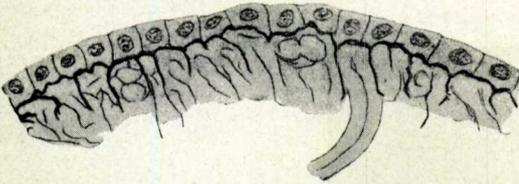
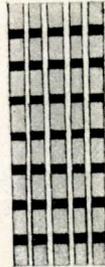


Fig. 11.ª — Sección transversal del epitelio pericárdico y parte del miocardio; las fibrillas conectivas yacen por debajo de aquél.

Obj. apocr. Zeiss 1,30-2 mm. Oc. comp. 8.

Fig. 12.ª (Esquemática)
Fragmento de una fibra
muscular cardiaca.



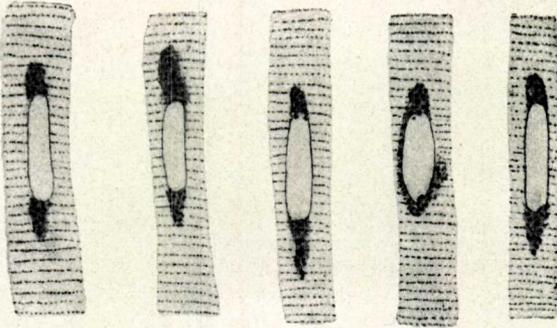


Fig. 14.^a — Fragmentos de fibras musculares cardiacas que exhiben el aparato de Golgi.
Obj. apocr. Zeiss 1,30-2 mm. Oc. comp. 8.

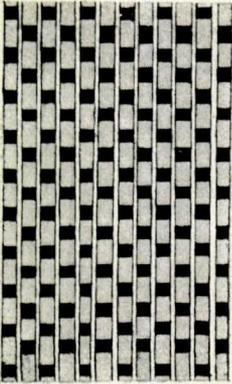


Fig. 13.^a (Esquemática)
Fragmento de una fibra muscular cardiaca.

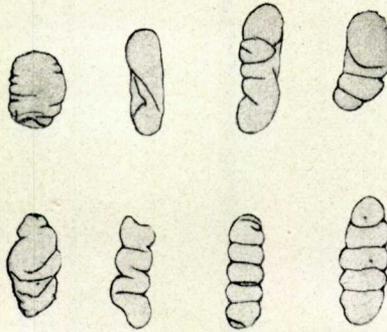


Fig. 15.^a — Varios núcleos deformados de fibras musculares cardiacas.
Obj. apocr. Zeiss 1,30 2 mm.
Oc. comp. 18.

ques), afirma que existe, por lo menos, una especie de película diferenciada muy delgada en la superficie de la corteza contráctil en varios moluscos, el caracol común entre ellos. «Esta película — añade — toma más fuertemente la eosina que la masa del sarcoplasma y se colorea en verde intenso, así como también el protoplasma de las células conjuntivas intrafasciculares, por la triple coloración de hematoxilina férrica, metil-eosina, verde luz». Más adelante agrega que «cuando las fibras parecen mal limitadas y están constituidas por pequeñas columnitas musculares colocadas irregularmente, con los núcleos en el sarcoplasma, como sucede en la mayor parte de los moluscos acéfalos, es difícil de pronunciarse categóricamente.» Cree, sin embargo, que «las líneas en verde intenso que rodean los grupos de columnitas musculares son formaciones que dependen de las células conjuntivas intrafasciculares y análogas a las fundas pelúcidas que circundan las fibras cardíacas de los vertebrados superiores».

No participamos nosotros de esta opinión, al menos por lo que se refiere al corazón del caracol común, pues no hemos estudiado el corazón en los demás géneros de moluscos. En efecto: las imágenes del tejido cardíaco de los moluscos que se obtienen tratando las preparaciones por el método de Prenant (hematoxilina férrica, metil-eosina, verde luz), de las cuales Marceau dibuja varias, comparadas con las efectuadas por nosotros con el proceder de Achúcarro, demuestran, a nuestro juicio, que las líneas verdes que en aquéllas se ven circundando las secciones transversales de las fibras musculares, y las situadas a lo largo de la substancia estriada de las propias fibras, representan, no el sarcolema, como pretende Marceau, sino las fibrillas conectivas transversales y longitudinales respectivamente.

Admite, además, Marceau que el sarcolema dibuja a lo

largo de la fibra muscular arcos que resultan de la inserción de aquél al nivel de los discos delgados periféricos de la fibra, es decir, del mismo modo que en los vertebrados el sarcolema se adhiere a la miofibrilla al nivel de las líneas de Krause (rayas Z).

De las tres figuras en que dicho autor representa el sarcolema en fibras vistas longitudinalmente, dos de ellas (lám. XXI, fig. 39, y lám. XXVI, fig. 14) corresponden a cefalópodos: no hacemos su crítica, porque no hemos estudiado el corazón de tales moluscos y porque la estructura de sus fibras cardíacas es bastante diferente de la de las fibras de los gasterópodos. La figura 13 de la lámina XXVI presenta el sarcolema en una fibra muscular, vista a lo largo, del corazón de un lamelibranquio (*Pholas dactylus* L.), y en ella se ven las adherencias del sarcolema con la fibra al nivel de los discos oscuros. Como quiera que las fibras musculares de *Pholas* son heterogéneas del tipo simple, es decir, como las del caracol, también dudamos de la presencia de sarcolema y opinamos que las adherencias que Marceau dibuja al nivel de los discos delgados representan sencillamente el arranque de fibrillas conectivas transversales como las que hemos descrito en el mencionado gasterópodo. Ya hemos advertido en la primera parte de este trabajo que, empleando el método de Achúcarro, aparecen muchas veces teñidas solamente las porciones iniciales de las fibrillas conectivas transversas.

Esta pretendida inserción del sarcolema al nivel de los discos oscuros pugna, además, con la opinión, sustentada por el propio Marceau y compartida por nosotros, de que las miofibrillas pueden experimentar desplazamientos bastante grandes en sentido longitudinal que, precisamente, sirven para explicar la apariencia de estriación oblicua que con tanta frecuencia aparece en las fibras musculares

de los moluscos. Si, en efecto, las miofibrillas estuviesen prendidas y sujetas por un sarcolema al nivel de los discos delgados, ¿sería posible el deslizamiento y consiguiente cambio de posición relativa de las miofibrillas?

Si admitimos, por otra parte, que hay un sarcolema y que éste tiene adherencias regulares con los discos delgados, nos veremos en la necesidad de identificar éstos con las líneas de Krause, cosa que no podemos admitir, pues, según hemos adelantado en páginas anteriores, no hay comparación entre las miofibrillas del caracol y las de los vertebrados. Además, tenemos otro argumento para no identificar los discos delgados en el caracol con los discos Z en los vertebrados, y es que éstos resultan magníficamente impregnados con el método de Achúcarro mientras que en aquéllos no hemos conseguido la impregnación ni una sola vez.

* * *

Con el método de Cajal hemos puesto también en evidencia el aparato endocelular de Golgi en las fibras cardíacas de *Helix*. En la mayoría de los casos este aparato es doble y se encuentra próximo a los extremos del núcleo, que es alargado, en forma de bastón de cabos redondeados; en otras ocasiones no se ve dicho aparato más que en la proximidad de uno de los extremos nucleares.

Se nos muestra el aparato de Golgi constituido por la reunión de gránulos redondeados dispuestos de una manera más o menos irregular, pero tendiendo siempre a formar en su base una especie de caperuza que envuelve la extremidad del núcleo y a prolongarse por el lado opuesto, hasta una gran distancia del núcleo a veces, siguiendo la línea media de la fibra muscular (fig. 14). El territorio en donde yacen los granos negros del aparato

de Golgi ostenta un tinte rojizo en nuestras preparaciones, lo que nos hace pensar que el citado aparato resulta imperfectamente teñido y que quizá su complicación sea mayor que la que hemos podido apreciar. Nos confirma también en esta opinión la circunstancia de que cuando no se presenta más que en un extremo del núcleo, casi siempre las proximidades del otro cabo nuclear exhiben el mismo tono rojizo: esto puede significar también que dicho aparato es siempre doble y que, por imperfecciones del teñido, aparece único en determinadas ocasiones.

De todos modos, se revela el aparato de Golgi muy semejante por su disposición al que Del Río Hortega (1) ha descubierto en las fibras musculares lisas de los mamíferos.

* * *

Del Río Hortega, en su citado trabajo, describe como existente en los núcleos de las fibras musculares lisas de varios mamíferos una formación particular que se hace visible, después del tratamiento por el método del uranoformol y la plata, como una línea oscura que describe una o varias vueltas en espiral más o menos apretada sobre el núcleo.

También nosotros, con auxilio del propio proceder de Cajal, hemos hallado dicho detalle de estructura en algunos núcleos de las fibras musculares del corazón de *Helix*: en la figura 15 representamos varios de estos núcleos. En ella se ve que las líneas negras que cruzan el núcleo afectan una disposición sensiblemente paralela y transversal, aunque no faltan casos en que la dirección de dichas líneas es oblicua con relación al eje del núcleo.

(1) *Investigations sur le tissu musculaire lisse*. (Trabajos del Laboratorio de Investigaciones biológicas de la Universidad de Madrid, tomo XI, 1913).

Respecto a la significación de tales líneas nucleares emite Del Río Hortega dos hipótesis: la primera estriba en considerarlas como surcos o arrugas de la membrana nuclear determinadas por las ondas de contracción de la fibra muscular sobrevenidas en el momento de la agonía celular provocada por la acción del fijador; la segunda consiste en imaginar que dichas líneas representan un filamento que goza de existencia real y que da vueltas en torno del núcleo, apretándole de tal modo que se hunde, por decirlo así, en la masa nuclear, prestando al núcleo un aspecto festoneado.

Desecha el mencionado histólogo la primera interpretación, fundándose en que algunas veces las líneas argentófilas no siguen una dirección perpendicular al eje de la célula, sino más o menos oblicua o longitudinal, lo que, a su juicio, no se verificaría si las mentadas rayas derivasen de las ondas de contracción. Se queda, pues, con la segunda hipótesis, y termina concluyendo que se trata de un filamento intranuclear cuya composición química es desconocida, pero, desde luego, no idéntica a la de la cromatina.

No participamos nosotros de la opinión del distinguido histólogo de Madrid sino que creemos, por el contrario, que dichas líneas son simplemente arrugas de la membrana nuclear. Los fundamentos que tenemos para profesar esta creencia son los siguientes: en primer lugar, todos los núcleos en que el pretendido filamento es visible, están más o menos deformados, no ostentando la forma típica de bastón del núcleo muscular sino la ovoidea, como el propio Del Río declara, y, a veces, hasta una forma completamente irregular (fig. 15); supuesta esta deformidad nuclear parece cosa secundaria que la dirección de las líneas sea transversal u oblicua, máxime si se considera que en la contracción brusca y desorde-

nada de las fibras agónicas actuarán presiones de unas fibras contra otras que tendrán su repercusión en el núcleo.

Como puede verse, además, en los dibujos que presentamos, hay núcleos que ofrecen escotaduras muy grandes que les dan una forma muy distinta de la que ostentan de ordinario, y que están bordeadas por la línea negra: evidentemente, no es verosímil que tan grandes escotaduras sean producidas por la presión de un filamento. En otros casos, también representados en la figura, la línea negra intensa deja todo el núcleo incoloro y recorre solamente su periferia.

Creemos, pues, en resumidas cuentas, que se trata de núcleos que, a causa de su deformación, están marcados de arrugas en las cuales se deposita la plata: bien conocida es la tendencia de las soluciones argénticas a precipitarse en los tejidos rellenando huecos y hendiduras pre-existentes.

* * *

El método de Cajal al urano-formol y nitrato argéntico impregna también en el corazón del caracol unas formaciones fibrillares especiales, abundantes sobre todo en la zona periférica del miocardio, que pensamos estudiar en breve con detenimiento.

*Laboratorio de Histología de la Facultad de Ciencias.
Universidad de Barcelona.*