
MICROSCOPIA ELECTRONICA DEL MUSCULO CARDIACO

BRUNO KISCH
Hospital Monte Sinaí, New York, N. Y.

Entre los métodos que la ciencia ha desarrollado en la época moderna, la microscopía electrónica es uno de los más fascinantes, ya que permite el descubrimiento de detalles estructurales que habían pasado inadvertidos a la luz de la microscopía ordinaria. Tal método de observación representa un paso adelante en el conocimiento de la constitución de la materia y por consiguiente, de la forma en que se integra la substancia viva.

Existen dos formas de microscopía electrónica de los tejidos: A), una analítica, que estudia las partículas submicroscópicas más finas de un tejido y su estructura, para lo cual el material necesita ser homogeneizado, y con ello, el tejido queda destruido y reducido a las partículas submicroscópicas, objeto del estudio; B), otra más laboriosa, que estudia la histología del tejido, señalando las relaciones que guardan entre sí los más finos elementos del mismo. Para esta investigación, es necesario obtener cortes del material, de un espesor no mayor de 0.1 a 0.2 micras, mediante el empleo de microtomos de alta o de baja velocidad, especialmente diseñados al efecto. Los resultados proporcionados por esta técnica, integran la llamada "histología electrónica" (1).

En estos últimos años he tenido la oportunidad de investigar, por la primera vez, con este método, el tejido cardíaco, y los resultados que he obtenido son tan interesantes, que ya se puede vislumbrar un nuevo campo en la investigación cardiológica (2 y 3).

De tales resultados sólo mencionaré, en la presente comunicación, dos de capital importancia, que pueden ser la base para explicar el por qué de la capacidad del miocardio para trabajar incansablemente durante toda la vida del individuo, capacidad que no poseen otros músculos.

El primero de ellos, que ilustran las fotografías obtenidas por microscopía electrónica, es que en el músculo cardíaco una buena parte de sus capilares no corre a lo largo de las fibras, como en otros tejidos musculares, sino que penetran en ellas y, de este modo, aseguran un íntimo contacto entre las 300-700 miofibrillas que integran cada fibra (véanse figuras 1 y 2).

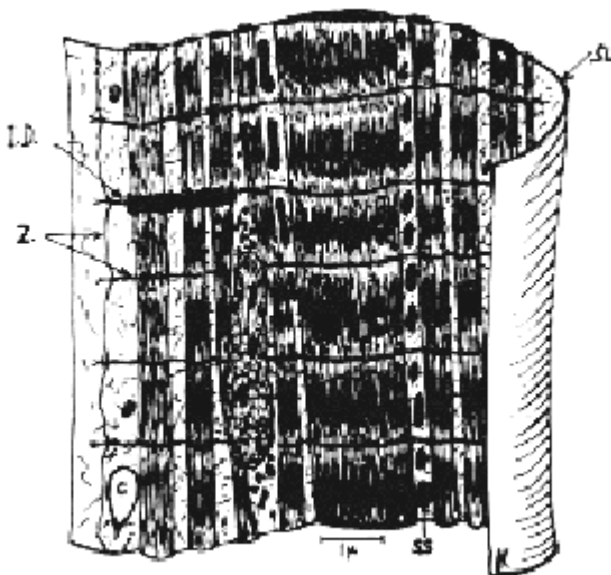


Fig. 1. Esquema de una fibra muscular del corazón, que muestra, solo en parte, los elementos que la integran. *SL* vaina del sarcolema abierta. Obsérvese la red de bandas *Z* que conectan entre sí a las miofibrillas, de espesor variable, y algunas envueltas por los “discos intercalados” *I.D.* Entre las miofibrillas, se distingue un núcleo *N* con cuatro nucléolos y material granulado en sus polos. Estos núcleos nunca se encuentran debajo del sarcolema, sino encajados entre las miofibrillas. *C*, señala la entrada de un capilar; entre las fibrillas se ven sarcosomas *SS*, grandes y pequeños. Aumento X 10 000.

El otro hecho, que claramente demuestra la histología electrónica, es la presencia y distribución en el sarcoplasma del músculo cardíaco, de una gran cantidad de gránulos muy finos. Tales corpúsculos ya han sido estudiados por otros autores, como Henle, Biederman, Phillip, Knoll, Holmgren, Retzius, que los denominó sarcosomas, y otros. Para algunos como Cohnheim, W. Krause, Ramón y Cajal y Hurtle, eran simples productos de desintegración de miofibrillas degeneradas, y para otros se trataba, ya fuese de material a partir del cual se formarían gotitas de grasa, o bien de simples productos de su desintegración. Debido a la divergencia de opiniones, hasta ahora los sarcosomas no fueron tomados en cuenta por la anatomía, la histología, o la bioquímica del corazón.

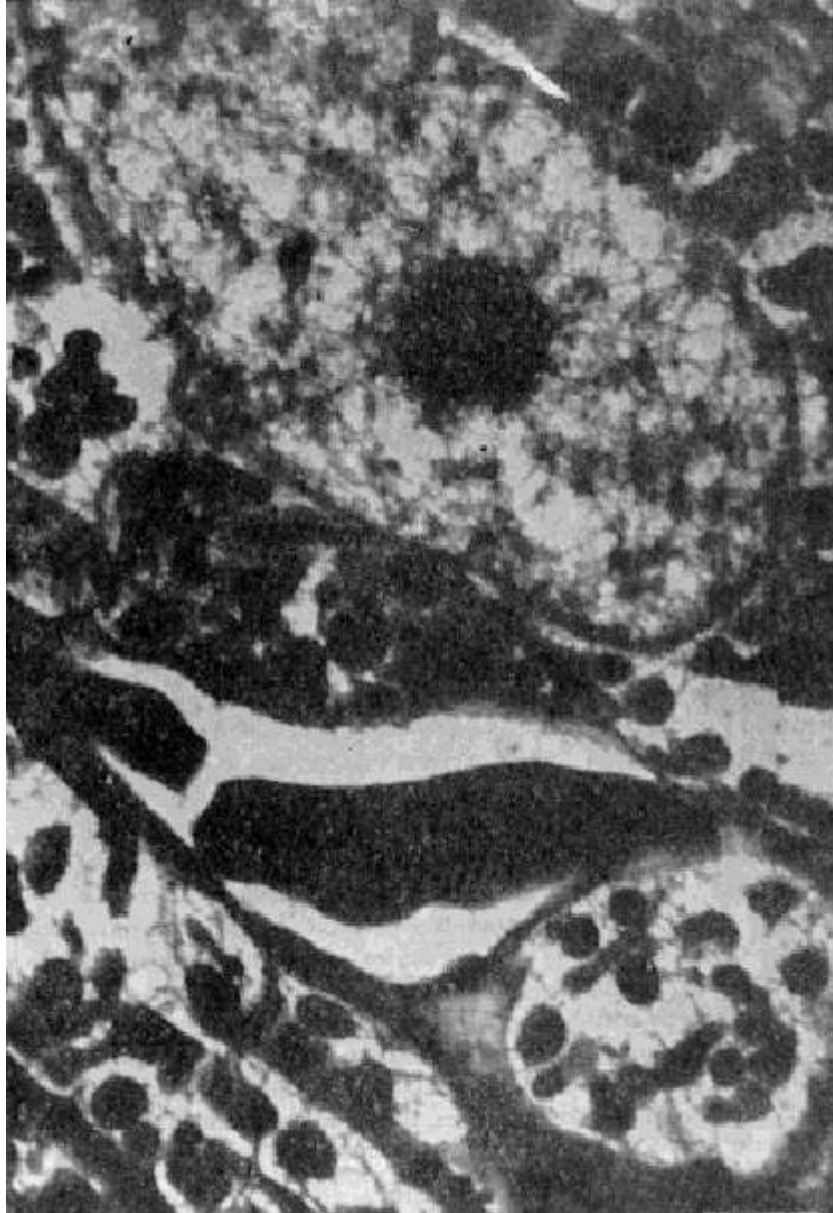


Fig. 2. Ventrículo de ratón adulto. Hacia el centro, se destaca un gran núcleo con masas de sarcosomas apiladas sobre sus polos. Sobre el núcleo se distingue una miofibrilla que se desintegra en su extremidad inferior, en grandes partículas negras. Por debajo, el capilar C contiene un eritrocito fragmentado. Abajo del capilar, y probablemente por encima del mismo, y al parecer limitados por una membrana, nidos de mitocondrias. El hecho de que el capilar diste menos de una micra, del núcleo, sin que se vea sarcolema interpuesto, demuestra nuevamente su situación dentro de la fibra muscular. Aumento: X 10 000.

La mejor explicación dada acerca de tales corpúsculos, fue la de que eran pequeñísimos almacenes de sustancias nutritivas (nitrógeno, etc.), requeridas para el constante funcionamiento de los músculos de gran capacidad de trabajo (miocardio y los de las alas de los insectos y de algunos pájaros). Pero gracias a los métodos actuales de ultracentrifugación y de la enzimología, durante la última década los bioquímicos ya han podido comprobar la existencia de formaciones similares (mitocondrias) en el protoplasma de las células hepáticas, así como que tales formaciones son pequeños almacenes químicos en los cuales se concentran las enzimas y las

vitaminas, confirmando con ello experimentos hechos desde 1913 por Otto Warburg.

Mis estudios con el microscopio electrónico (1,2,3) demuestran que el músculo cardíaco contiene sarcosomas en cantidades mucho mayores que un músculo estriado (v. gr. el músculo abdominal del mismo animal) así como que, en el primero guardan disposición especial a lo largo y en derredor de las miofibrillas (véanse las figuras 1y3). Si al igual que en el hígado, en el corazón estos organitos son también importantes fuentes de enzimas, entonces es posible suponer, dada su gran cantidad y especial localización, que encierran las enzimas metabólicas del miocardio, principales responsables de su gran capacidad de trabajo. De ahí que los músculos de las alas de los insectos los exhiban localizados y distribuidos a lo largo de cada miofibrilla en tan enormes cantidades.

El reciente e interesante trabajo de Watanabe y Carroll y de W. Williams en el cual demuestran la existencia, de varias enzimas importantes y de los citocromos *a*, *b* y *c* en los sarcosomas de los músculos de las alas de los insectos, apoya ampliamente nuestras afirmaciones acerca de la importancia metabólica de los sarcosomas en el miocardio.

Suponemos pues, razonablemente, que la enorme capacidad de trabajo del miocardio depende principalmente: *a*, de la gran cantidad y especial disposición de sus capilares, y *b*, de la cantidad excesivamente grande de sarcosomas y de su distribución entre las miofibrillas (véase la figura 3).

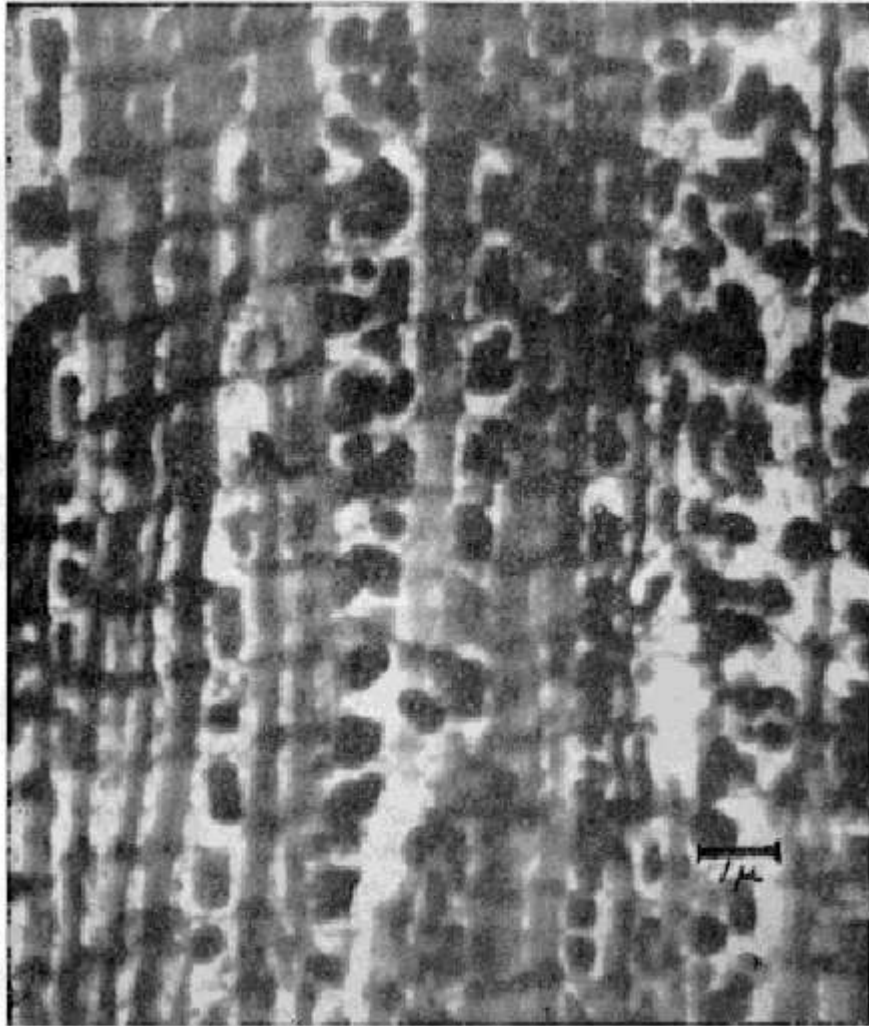


Fig 3. Otra imagen del mismo ventrículo. Nótese los numerosos sarcosomas con sus múltiples pero típicas formas, e imagínese la importancia que tal aglomeración de transportadores de vitaminas y de enzimas en derredor de cada miofibrilla, debe tener para el metabolismo que requieren. Esta y la anterior fotografía fueron tomadas con un microscopio electrónico R.C.A. mod. B. Aumento X 10 000.

Los hechos presentados me han llevado a señalar nuevos caminos para la investigación cardiológica, que en lo sucesivo deberá realizar investigaciones cuantitativas, comparando la cantidad y el tipo de los sarcosomas, así como su distribución, tanto en el corazón normal como en el de los individuos con aquellos padecimientos infecciosos que provocan alteraciones en el trazo electrocardiográfico (mononucleosis, fiebre ondulante, difteria, escarlatina, fiebre reumática y otras).

Habrá que investigar, igualmente, la influencia que puedan ejercer sobre la cantidad, calidad y distribución de los sarcosomas miocárdicos ciertas drogas, especialmente las cardiotónicas y, finalmente, habrá que tratar de aislar los sarcosomas, quizá mediante la aplicación de métodos de ultracentrifugación, para investigar su actividad y contenido enzimático.

BIBLIOGRAFIA

1. KISCH, BRUNO, GREY, C. E. and KELSCH, J. J.: Electron Histology of the Heart I. Exp. Med. & Surg. 6: 346, 1948.
2. KISCH, BRUNO: Physiological aspects of electron microscopy of the Heart. Federation Proc. 10: 1951.
3. KISCH, BRUNO, JOAN M. BARDET: Electron-Histology of the Heart Elements of the Heart and Blood of the mouse. Exp. Med. & Surg. 9: 1, 1951.