

DR. CARLOS DEL CAMPO PÉREZ*

ULTRAESTRUCTURA DEL SISTEMA DE CONDUCCION DEL CORAZON

INTRODUCCIÓN

TRADICIONALMENTE EL SISTEMA de conducción del corazón ha sido descrito, tanto en textos de Medicina como de otras materias allegadas a ella, enfocándose desde el punto de vista de la microscopía de luz y en una forma un tanto superficial. Por lo tanto mi propósito es hacer una revisión de las últimas publicaciones sobre este tema, tomando como principal método de estudio al microscopio electrónico, para que sirva de complemento al estudio de la Histología y facilite el entendimiento de diversos puntos que no sería factible realizar desde la microscopía de luz.

Este estudio también puede servir como base para fundamentar diversos hechos electrofisiológicos que se apoyan en las diferencias histológicas de cada tipo de célula del sistema de conducción con capacidad propia de activación.

Considero necesario que la realización de este

artículo no hubiera sido posible sin el encauzamiento de mi maestro el Dr. Antonio Villasana Escobar, jefe del Departamento de Histología de la Facultad de Medicina de la U.N.A.M. y la amable cooperación del Dr. Adolfo Martínez Palomo del Instituto Nacional de Cardiología.

Para que la sangre pueda desplazarse a través de todo el sistema de vasos del organismo, necesita ser impulsado por una bomba: "El corazón".

El corazón del hombre se contrae a un promedio de 72 a 75 veces por minuto, lo cual mantiene, en condiciones normales, un gasto suficiente para las necesidades metabólicas del organismo. Esta contracción miocárdica, rítmica y constante está dada por un tejido especializado, neuromigénico, denominado sistema de conducción del corazón. Este sistema se encuentra formado por el nodo senoauricular, también conocido como de Keith y Flack o marcapaso, el nodo aurículo-ventricular o de Aschoff-Tawara, el haz de His, y el sistema de fibras de Purkinje, que describiré a lo largo de todo este trabajo.

* Profesor de Histología Facultad de Medicina. U.N.A.M.

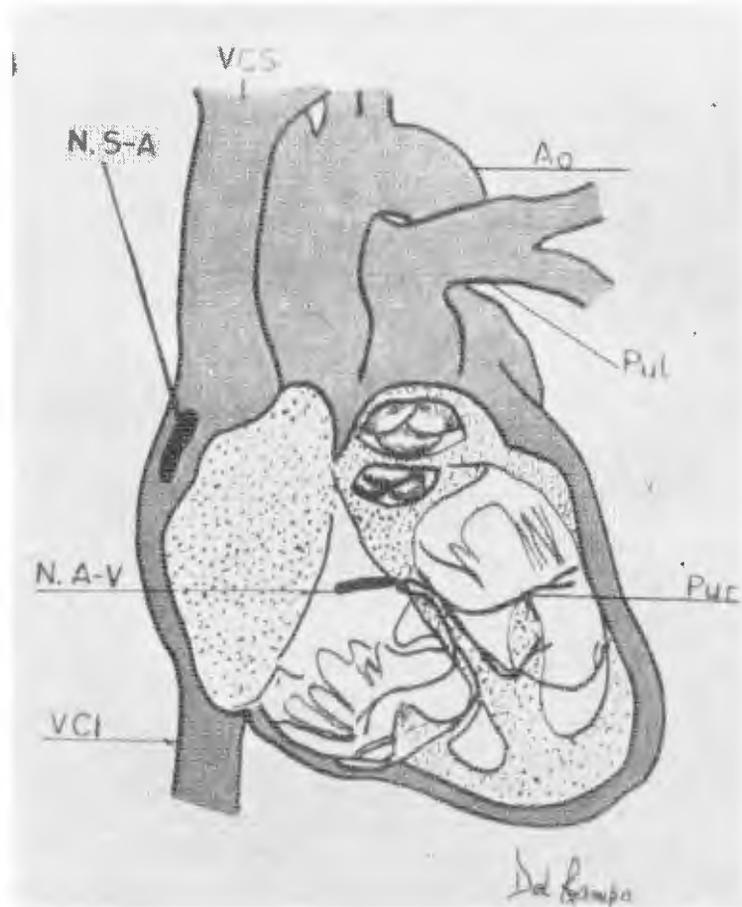


FIGURA 1. Representación esquemática del sistema de conducción en todo su trayecto. N. S-A (nodo Senoauricular) N. A-V (nodo Aurículoventricular). Pur. Ramas del haz de His y fibras de Purkinje. Ao: Aorta. Pul: Arteria pulmonar y sus ramas. VCS: Vena cava superior. VCI: Vena cava inferior.

DESCRIPCIÓN AL MICROSCOPIO DE LUZ:

NODO SENOAURICULAR (S-A): Se encuentra localizado en la base de la vena cava superior, en su porción derecha, a nivel de su desembocadura en la aurícula derecha. (Fig. 1). Se encuentra constituido por un pequeño conjunto de fibras musculares cardíacas especializadas, que a su vez están rodeadas por tejido conjuntivo fibroelástico denso. Las fibras nodales son estructuras fusiformes, que lógicamente por tratarse de fibras musculares especializadas tienen estriaciones transversales, aunque su volumen es casi la mitad de las células cardíacas ventriculares y que característicamente se disponen paralelamente al eje mayor de la arteria nodal situada en el centro del nodo. Entre estas fibras se

encuentran gran cantidad de capilares y de terminaciones nerviosas dependientes del parasimpático (neumogástrico).

NODO AURÍCULOVENTRICULAR: Lo encontramos a nivel del tabique interauricular en la porción más inferior y derecha de éste, a poca distancia de la valva septal de la tricúspide. (Fig. 1). Tiene una longitud de 7.5 a 8.5 mm. en su eje mayor por 3.5 a 4.5 mm. en su diámetro menor, conectado con el haz de His en su porción anterior izquierda¹. Sus células se encuentran muy ramificadas irregularmente, son fusiformes pero con menor cantidad de miofibrillas que las miocárdicas ordinarias, rodeado por cantidades variables de tejido fibroadiposo².

HAZ AURÍCULOVENTRICULAR: Sus células son delgadas, dispuestas paralelamente, tienen semejan-

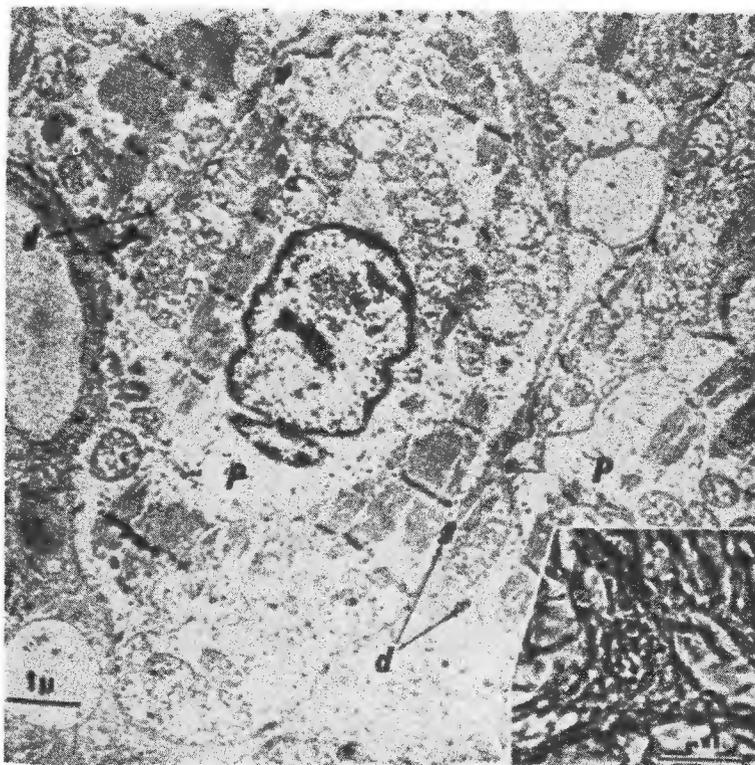


FIGURA 2. Micrografía electrónica que muestra la disposición y estructura de una célula P (ya explicado en el texto). En el inserto inferior aparece una porción semejante al M/L. (James y Sherf,³).

za a las del S-A en que sus anastomosis las verifican libremente, rodeadas con tejido conjuntivo con abundantes capilares. Se observan más pálidas que la miocrádicas pero sus estriaciones son manifiestas.

SISTEMA DE PURKINJES Su longitud es mayor que la de las estructuras anteriormente mencionadas, (nodo S-A y A-V y haz A-V), ya que corre por le tabique interventricular y da ramificaciones para ambos ventrículos. Se encuentra formado principalmente por las denominadas células de Purkinje, que en observaciones efectuadas en diversos animales se ha visto que sus diámetros tienen variación individual⁴. Poseen núcleos centrales de cara abierta, rodeado por gran cantidad de glucógeno, que rechaza las miofibrillas hacia la periferia; con estriaciones transversales y discos intercalares entre ellas. Sommer reporta haber encontrado células de Purkinje binucleadas en las cabras⁴. Entre los acúmulos de fibras de Purkinje se encuentran abundantes fibras colágenas con gran cantidad de fibrocitos y con células de Schwann.

Estas células de Purkinje se han encontrado en porciones marginales del nodo S-A, en las vías internodales entremezcladas con las miocrádicas ordinarias, en la superficie convexa del nodo A-V y en su cresta, y en todo el haz de His y sus ramas³.

MICROSCOPIA ELECTRÓNICA

El estudio del sistema especializado de conducción del corazón al microscopio electrónico nos permite integrarlo como un todo que consta de tres tipos de células principales y no considerar por separado cada una de sus partes, ya descritas anteriormente.

James y Sherf³ llaman a las células del nodo S-A. (también presentes en el A-V, aunque en menor cantidad) "células P" porque son pálidas, sencillas o primitivas, y porque parecen ser las responsables del marcapaso; por lo tanto como las iniciales de estas tres palabras en inglés empiezan con "P". (pale, primitiva, pacemaker) decidieron denominarlas "P". Sin embargo no debemos confun-

dirnos con la nomenclatura empleada por otros autores⁹ los cuales denominan células "P" a las células de Purkinje.

El siguiente tipo de células son las transicionales y por último las de Purkinje ya mencionadas.

CELULAS P: Son más numerosas a nivel de la porción central del nodo S-A, disminuyendo a medida que nos acercamos a la periferia. En el nodo A-V son más numerosas cuanto más cerca del nodo fibroso central (porción más profunda del nodo), aunque se encuentran distribuidas en toda su extensión. Tienen forma poliédrica y se encuentran distribuidas en racimos (acúmulos) o hileras. En su diámetro mayor miden de 5 a 10 μ . Se encuentran recubiertas por una membrana basal externa y una membrana interna o plasmática^{3,6}. Esta última mide

aproximadamente 60 μ y tiene una estructura igual a cualquier membrana. La membrana basal mide unos 100 \AA de espesor y se encuentra anclada a fibras colágenas, como es de suponer esto es más aparente en el nodo S-A por existir en él mayor cantidad de células y de colágena. Poseen también un retículo sarcoplásmico formado por una red de tubos intracelulares, vesículas y cisternas, el cual se encuentra más esparcido y en menor cantidad que en las células miocárdicas ordinarias³. Una membrana basal se encuentra rodeando a varias células "P" y éstas se unen entre sí por medio de sus membranas plasmáticas³; sin embargo este contacto es simple y no poseen estructuras semejantes a los discos intercalares. Tienen mitocondrias que se encuentran dispersas por toda la célula. El núcleo es de gran tamaño, pero al igual que el nucleolo no posee características especiales.

Las micrografías de las fibras nodales muestran sarcolema, uniones celulares y núcleos en forma más abundante que en las uniones miocárdicas contráctiles ordinarias⁶ lo que también sirve para comprobar que su tamaño es menor.

Los detalles anteriormente mencionados se encuentran en la figura 2.

CÉLULAS TRANSICIONALES: Se encuentran principalmente en la periferia del nodo A-V. También se encuentran en todos los puntos en que se verifican retardos del impulso eléctrico, lo que aunado a que son mucho más estrechas que el resto de las células ya mencionadas, las hace conductoras pobres (lentos), nos lleva a la conclusión de que son las responsables del retardo fisiológico au-

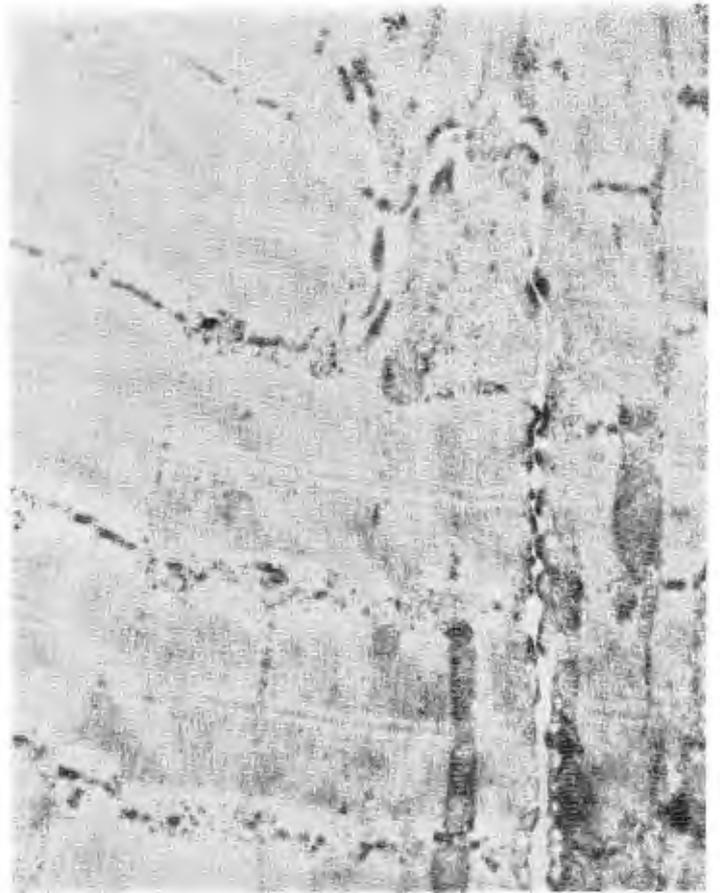


FIGURA 3. Micrografía Electrónica (Cortesía del Dr. Martínez Palomo) que muestra las células transicionales, con sus estriaciones, mitocondrias, glucógenos, espacios intercelulares y puntos de contacto entre ellas. Explicado con detalle en el texto.

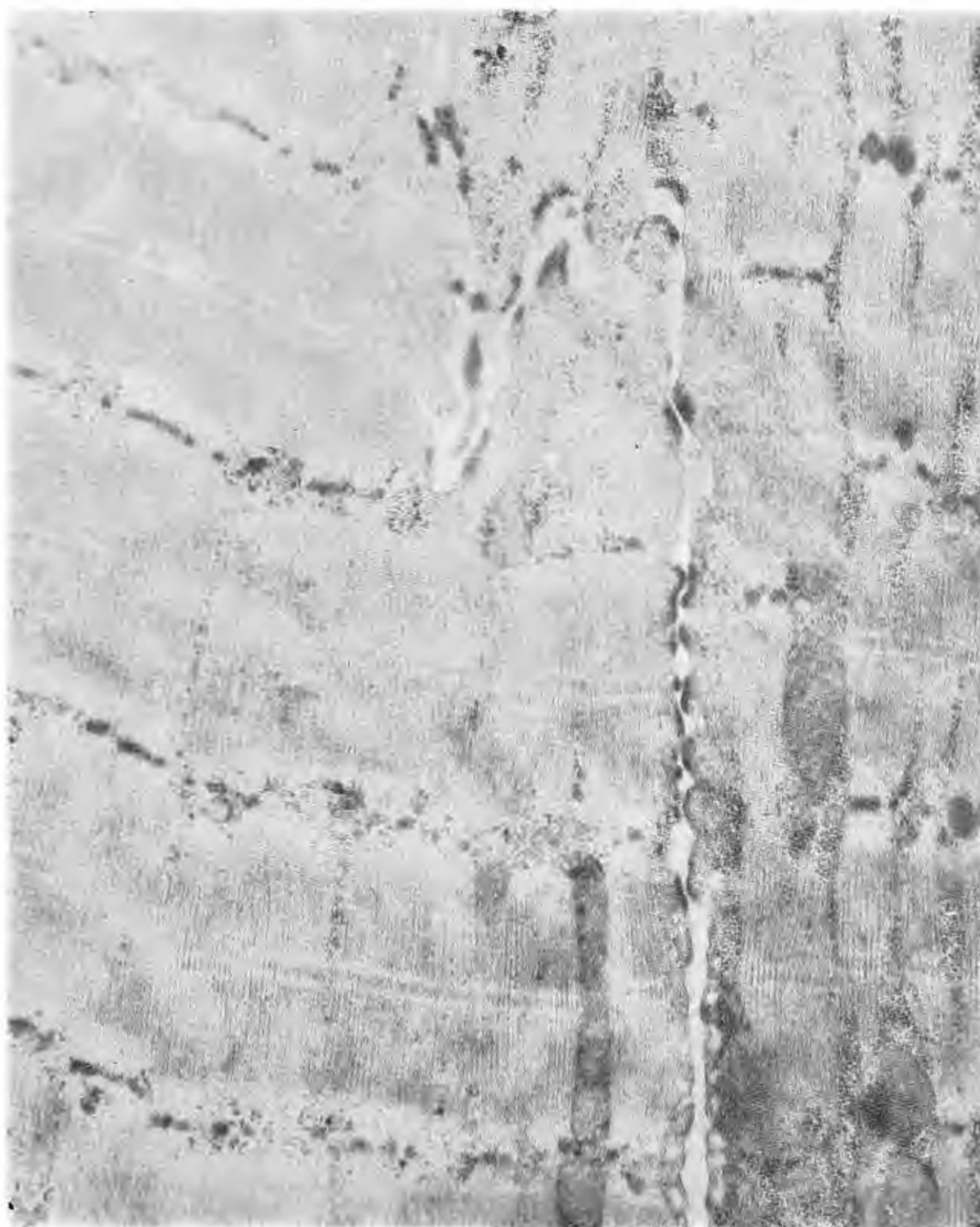
riculo-ventricular y que como postula A. Martínez Palomo⁷ sean también las que se afectan en los bloques.

Son más cortas que las células miocárdicas, sus miofibrillas siguen una disposición longitudinal y poseen abundantes mitocondrias entre ellas.

Representan el enlace entre las células "P" y el resto de las células cardíacas, ya que las primeras sólo se unen entre ellas y las transicionales.

En las regiones de unión de las células transicionales se encontraron muy pocos contactos de unión especializados. Se encontraron desmosomas dispersos y no se vieron formaciones del tipo de discos intercalares (Fig. 3).

En los puntos término-terminales de contacto de las membranas celulares, en los lugares que faltaban



(Corresponde a la misma figura número 3 ampliada)



FIGURA 4. Micrografía electrónica, comparativa entre una célula de Purkinje, enmarcada por las flechas de mayor tamaño (B) y una célula transicional, delimitada por las flechas de menor tamaño (A). Explicación en el texto. (James y Sherf.³).

las uniones antes mencionadas, los espacios intercelulares se encontraban agrandados, esto no se había visto ni en las células de Purkinje del falso tendón ni en las de trabajo ordinario de los músculos papilares⁷.

Les faltan los componentes membranosos del retículo sarcoplásmico. Su pequeño diámetro parece ser el responsable de que no tengan túbulos transversales. Tienen acúmulos intermiofibrilares de glucógeno, así como paranucleares. Esta ausencia del sistema tubular transverso, la escasez de uniones intercelulares y su pequeño diámetro (ya antes mencionado) parecen ser la causa de su lentitud en la velocidad de conducción⁷.

CÉLULAS DE PURKINJE: Es el principal tipo de células que se encuentran en el haz de His y sus ramas. Por ser células anchas se supone que son

mejores conductores ya que oponen menor resistencia. Tienen menos miofibrillas que las miocárdicas ordinarias pero mucha mayor cantidad de miofilamentos.

En el conejo se encuentran unidas entre sí por los denominados complejos de unión. Encontrándose dos tipos de mitocondrias, un grupo, que constituye la mayoría de ellas, es semejante a las células contráctiles comunes, mientras que un segundo grupo se caracteriza por mitocondrias alargadas con una sola cresta central⁴.

Si hacemos un examen de fibras de Purkinje después de haberse realizado la reacción de peroxidasa¹⁰ no se encuentran más que pequeñas estructuras densas aisladas esto constituye una prueba para afirmar la ausencia de túbulos transversos en las células de Purkinje.

Es notable en estas células la gran cantidad de glucógeno almacenado, lo cual ya había sido mencionado en la descripción al microscopio de luz.

Alrededor del núcleo se aprecia una zona clara que posiblemente se encuentre ocupada por sarcosomas o se deba a la ausencia de organitos.

En la figura 4 se observan las características de estas células, además de servir, de estudio comparativo entre una célula de Purkinje y una célula transicional.

REFERENCIAS

1. HAYASHI, K.: *An electron microscope study on the conduction system of the cow heart*, 1962. Jap. Circulation J. 26:765.
2. HUDSON, R. E. B.: *Cardiovascular Pathology*, 1965. Vol. I. Edward Arnold Publishers. Ltd.
3. JAMES T. N.; SHERF L.: *Ultrastructure of myocardial cells*, 1968. Amer. Jour. Cardiol. 22:389.
4. JOHNSON E. A.; and SOMMER J. R.: *A strand of cardiac muscle*, 1967. J. Cell Biol. 33: 103.
5. KAWAMURA, K.: *An Electron microscope study on the conduction system of the dog, I. The Purkinje fibers*, 1961. Jap. Circulation J. 25: 594.
6. KAWAMURA, K.: *Electron microscope study on the conduction system of the dog, II. The sinoatrial and atrioventricular nodes*, 1961. 25: 973.
7. MARTINEZ PALOMO, A.; ALANIS.; and BENITEZ D.: *Transitional cardiac cells of the conductive System of the dog heart*. En Prensa.
8. REVEL, J. P. and KARNOVSKY, M. J.: *Hexagonal array of subunits in intercellular junctions of the mouse heart and liver*, 1967. J. Cell Biol. 33: C7.
9. SOMMER, J. R.; and JOHNSON E. A.; 1968.: *Cardiac Muscle. A comparative study of Purkinje and ventricular fibers*, J. Cell Biol. 36: 497.
10. SOMMER, J. R.; and JOHNSON, E. A.; 1968 bo.: *Purkinje fibers of the heart examined with the peroxidase reaction*. J. Cell Biol. 37: 570.