

ULTRAESTRUCTURA DE LOS VASOS SANGUINEOS DEL ORGANNO DE EIMER

Por

DELIO TOLIVIA FERNANDEZ

Departamento Interfacultativo de Morfología Microscópica.
Universidad de Oviedo.

RESUMEN

En el presente trabajo se ha realizado un estudio centrado preferentemente en la ultraestructura de los capilares sanguíneos a nivel del órgano de Eimer de *Talpa europaea* utilizando técnicas particulares para microscopía óptica y las habituales para M.E.

SUMMARY

This paper reports the results obtained after the observation of the blood vessels in the Eimer's organ of *Talpa europaea* under the E. M.

Each papilla of this organ is surrounded at the basal pole by thin walled irregular vessels, wich present pores and can be considered as sinusoids. The endothelial cells have a very irregular outline and present intense vesiculation.

From these morphological observations we can admit that in the Eimer's organ a rapid exchange of substances can exist.

INTRODUCCION

El órgano de Eimer es sin duda uno de los más curiosos dispositivos sensoriales conocidos y su peculiar organización permite deducir que posee una función particular, la cual, dado el gran número y variado tipo de formaciones nerviosas que aparecen en él, posiblemente, no quede reducida al campo táctil.

La riqueza del morro del topo en formaciones nerviosas se conoce desde hace tiempo y ya en 1871 Eimer reveló en el epitelio, con ayuda de impregnaciones áuricas, numerosas fibrillas nerviosas en las que, contrariamente a las desordenadas trayectorias de las correspondientes a otros epitelios de mamíferos, se reconocía una perfecta ordenación.

El órgano de Eimer aparece formado por la reunión de una serie de unidades repetitivas o «papilas» que, según Eimer, son unas 5.000 y se distribuyen en un área de 25 ó 30 mm². Según las estimaciones de BIELSCHOWSK en el citado órgano existen más de 150.000 fibrillas nerviosas, así como más de 5.000 corpúsculos multilaminares y un enorme número de células de Merkel.

Hemos podido observar que la organización peculiar del órgano de Eimer no queda reducida a sus componentes sensoriales y en el presente trabajo nos proponemos realizar una somera descripción de los vasos sanguíneos de la dermis superficial, en inmediata vecindad con la base de las papilas epiteliales.

MATERIAL Y METODOS

Los procedimientos técnicos se han llevado a cabo sobre material obtenido de topos vivos, realizándose la fijación según las normas habituales en este tipo de trabajos. Las piezas destinadas a microscopía óptica fueron cortadas por congelación y sobre las secciones se efectuó un procedimiento original de impregnación argéntica destinado a la demostración de los componentes nerviosos.

Para el estudio ultraestructural se fijaron las piezas en glutaraldehído-pa-raformaldehído tamponado, se deshidrataron en acetona y tras la inclusión en Durcupán y resina Gurr se realizaron las secciones en un ultramicrotomo LKB. Los cortes ultrafinos fueron contrastados sobre las rejillas mediante una doble coloración electrónica con acetato de uranilo y citrato de plomo, realizándose posteriormente la observación en un M.E. Philips EM 300.

RESULTADOS

A) *Organización general del Órgano de Eimer*

En secciones perpendiculares a la superficie epitelial se aprecia la existencia de una serie de formaciones cupuliformes que corresponden a la zona superficial de las papilas epiteliales, las cuales se extienden en profundidad como formaciones columnares que en su zona basal están separadas unas de otras por evaginaciones dérmicas interpapilares en correspondencia con las depresiones superficiales (Fig. 1).

A nivel de la dermis se observa la presencia de un plexo más o menos tupido formado por haces de fibras mielínicas (Fig. 2) que se dirigen a la base de las papilas, dando origen a este nivel a una serie de complejas formaciones glomerulares (Fig. 3) en las que podemos distinguir al menos dos tipos de fibras nerviosas: I) Las que finalizan a modo de mazas terminales integradas en corpúsculos sensitivos que presentan la estructura y ultraestructura propias de los del tipo de Vater-Paccini de organización simple (Fig. 4) y que parecen no faltar debajo de cada papila. Estas mazas terminales siguen un trayecto prácticamente paralelo a la superficie pero con un cierto grado de arrollamiento en espiral. II) Las

que penetran en las papilas tras perder su vaina de mielina, dotando así a cada papila de un haz de fibras amielínicas que siguen un trayecto perpendicular a la superficie epitelial hasta alcanzar el límite impuesto por la capa córnea (Figs. 1 y 5).

Cuando una papila ha sido seccionada diametralmente en toda su longitud se puede comprobar que el haz nervioso intrapapilar parece integrado por tres grupos de fibras, uno que sigue el eje de la papila y dos situados a ambos lados del central (Fig. 5). En secciones tangenciales se observa fácilmente cómo en realidad existen sólo dos conjuntos de fibras, uno central, compuesto en general por 1, 2, ó 3 fibras que tienen un diámetro de 2,5-3 μ y otro periférico, integrado por 20-30 fibras de menor diámetro (1-1,5 μ) y que se disponen ordenadamente alrededor de la fibra o fibras centrales en una formación cilíndrica con un diámetro de 15-25 μ que ocupa el eje de la papila epitelial, la cual a su vez presenta un diámetro de unas 90 μ (Fig. 6).

Por otra parte, no faltan algunas fibras que, a diferentes alturas, se separan del haz principal haciéndose divergentes. Además, en la zona superior de la papila las fibras presentan excrescencias laterales y ramificaciones incipientes que terminan, como las fibras principales, en pequeños engrosamientos. Por todo ello y sobre todo a ciertos niveles es fácil observar en las secciones tangenciales un conjunto de fibras y engrosamientos que aparecen dispersos por fuera del cilindro central sin manifestar una ordenación determinada (Fig. 7).

Según lo dicho se comprende que la papila epitelial presenta en su eje un «cilindro central» limitado por el haz de fibras nerviosas de situación periférica. Este cilindro central está compuesto por células epiteliales perfectamente ordenadas en columnas verticales y que presentan ciertas diferencias con respecto al resto del epitelio, por ejemplo en cuanto a su colorabilidad, situación que llevó a Eimer a considerar que el cilindro central era una masa sin estructura.

El cilindro central presenta su mínimo diámetro en el tercio medio de la papila, en donde es de unas 12-15 μ , mientras que en su zona basal alcanza las 35-40 μ . La base del cilindro está ocupada por células voluminosas, distintas de los queratinocitos vecinos en morfología y función y que son las denominadas «células de Merkel» (Fig. 5).

Las células de Merkel forman a modo de una placa celular limitante con la dermis y en cortes tangenciales a este nivel pueden contarse generalmente de 4 a 6 por cada papila (Fig. 8).

Las fibras nerviosas que se dirigen hacia la papila se hacen divergentes en su mayor parte para rodear exteriormente a la placa de células de Merkel, volviendo a reunirse por encima de ésta.

B) *Estudio de los vasos de la dermis superficial*

Ya a nivel de microscopía óptica, observando secciones tangenciales, llama la atención el hecho de que a niveles bajos, en los que se observan las

formaciones glomerulares de la base de las papilas, tales glomérulos aparecen rodeados de una estrecha franja de tejido conjuntivo, estando ocupado el resto del espacio interglomerular por una red de cavidades llenas de células sanguíneas (Fig. 3). De esta forma la zona glomerular debajo de cada papila aparece circundada por dichas cavidades sanguíneas, que forman como un foso peripapilar.

Utilizando el microscopio electrónico a bajos aumentos se puede comprobar la situación citada, apareciendo las zonas basales y yuxtapasales de las papilas prácticamente rodeadas por una serie de cavidades tapizadas por células endoteliales (Fig. 9), si bien a diversos niveles existen bandas conjuntivas que, a modo de puentes, relacionan el tejido conjuntivo subpapilar de las diversas papilas.

Los citados vasos llaman la atención no sólo por su extensión y situación sino también por la gran irregularidad que muestran en cuanto a las dimensiones de su luz (Fig. 9), ya que sus límites se presentan ondulados, a veces replegados, provistos de evaginaciones, etc. (Fig. 10) y, mientras que en muchos puntos la distancia entre una y otra pared de la cavidad es de 15μ o más, en otros se reduce a $0,2 \mu$ o menos, e incluso, en áreas discretas, la luz del vaso está representada solamente por estrechas hendiduras de hasta 200-300 Å debido a que las células endoteliales de las dos paredes enfrentadas se ponen prácticamente en contacto, aunque nunca hemos observado a estos niveles la presencia de dispositivos de unión intercelular (Fig. 11).

La pared de estos vasos es simple y delgada, estando formada solamente por una capa de células endoteliales en las que, como es habitual, cabe distinguir un soma celular conteniendo el núcleo y unas expansiones citoplásmicas laterales laminares que se alejan del soma y forman gran parte de la pared del vaso (Fig. 9). El núcleo de la célula no presenta especiales características, a no ser la presencia de lámina densa interna claramente observable, con un grosor de unos 400-500 Å, que falta a nivel de los poros nucleares (Figs. 12-13).

El citoplasma somático contiene mitocondrias con crestas laminares, aparato de Golgi aparente (Fig. 13) y ribosomas bastante abundantes, tanto libres como adheridos a perfiles del retículo endoplásmico, que en algunas ocasiones presenta cisternas dilatadas. También existe una apreciable dotación de microtúbulos y microfilamentos, observándose con cierta frecuencia la presencia de cuerpos multivesiculares y multilaminares (Figs. 14-15).

El contorno somático es altamente irregular, presentándose replegado, provisto de evaginaciones y depresiones de variable tamaño y complejidad, apreciándose también gran número de vesículas pinocitóticas en diversas fases de formación (Figs. 12-13). Debido a esta situación el citoplasma aparece en gran parte ocupado por cavidades vesiculares, unas redondeadas u ovaladas, de unos 500-800 Å de diámetro, que parecen corresponder a las vesículas de pinocitosis y otras mayores, de contorno más irregular, a modo de caveolas (Figs. 13-20). Estas

caveolas parecen resultar de la sección de depresiones superficiales, observándose en ocasiones en su pared la formación de vesículas de pinocitosis (Fig. 13).

A nivel basal la situación varía de unas células a otras y, mientras que en unos casos se aprecia en esta zona un contorno relativamente liso, aunque interrumpido por las vesículas en formación (o en fusión con la membrana) (Fig. 15), en otros se presenta altamente irregular, con expansiones complejas que penetran en el conjuntivo subyacente y que, en algunas secciones, dan lugar a imágenes curiosas en las que parece que la célula endotelial contiene en su citoplasma áreas de matriz conjuntiva (Fig. 16). La membrana basal no suele aparecer claramente organizada, si bien siempre se aprecia una cierta condensación de material por debajo de las células endoteliales.

Las expansiones laterales laminares de estas células participan de la misma irregularidad que el soma, presentando con frecuencia entrantes y salientes, muchas veces con aspecto de microvellosidades y siendo también intensa la vesiculación. El grosor de la pared citoplásmica vascular a estos niveles varía de unos puntos a otros pero siempre es escaso, teniendo en muchas zonas solamente unos 500 Å o incluso menos. Por otra parte, el endotelio suele presentar en estas áreas fenestraciones del tipo de «poro con diafragma» (Figs. 17-18-19).

El ensamblaje entre las células endoteliales se realiza generalmente mediante interdigitación más o menos intensa, apreciándose la existencia de claros dispositivos de unión intercelular, variables en número y complejidad de unos lugares a otros (Figs. 20-21).

DISCUSION

Los capilares de distintos órganos y tejidos se presentan con un aspecto prácticamente idéntico cuando se observan al microscopio óptico, pero los estudios ultraestructurales han permitido distinguir al menos tres tipos morfológicamente distintos:

1.^o) *Capilares continuos*.—Propios del tejido muscular, nervioso y de la mayor parte del conjuntivo. Las células endoteliales presentan poco retículo endoplásmico rugoso, algunos microtúbulos y microfilamentos. La membrana celular presenta pequeñas invaginaciones de unos 800 Å, apareciendo también vesículas intracitoplásmicas de semejante tamaño. Por fuera de las células existe una membrana basal aparente y continua.

2.^o) *Capilares fenestrados*.—Propios de los glomérulos renales, glándulas endocrinas, lámina propia del intestino y otros puntos. Se caracterizan por presentar áreas de endotelio extremadamente fino provistas de poros o fenestraciones que generalmente están ocluidos por un fino diafragma. La membrana basal es continua.

3.^o) *Sinusoides*.—Son vasos provistos de pared muy delgada, calibre relativamente grande y contorno muy irregular. En algunos puntos, como lóbulo

anterior de la hipófisis y córtex adrenal, existen sinusoides fenestrados provistos de poros con diafragma, y en otros lugares, como el hígado de muchos mamíferos, aparecen sinusoides discontinuos (sinusoides verdaderos).

La función básica de los capilares sanguíneos consiste en el intercambio de sustancias con el medio extracapilar, viéndose afectada la intensidad de tal intercambio por la presencia de una barrera, unas veces prácticamente inexistente como en el hígado y otras particularmente intensa como en el encéfalo o el córtex túbico. Esta barrera hemato-tisular está representada a nivel morfológico por la estructura de la propia pared vascular (sin que éste sea necesariamente el único componente de tal barrera), por lo que el estudio de la ultraestructura vascular puede permitir una cierta estimación de la intensidad del intercambio.

Prescindiendo de cuál sea en cada caso el sistema preferencial de transporte (a través del espacio intercelular, vesiculación transendotelial, sistemas de poros, etc.) es lógico suponer que el intercambio estará facilitado en los puntos en los que la pared endotelial sea más delgada, presente fenestraciones, vesiculación intensa, etc. Concuerdá con esto el hecho de encontrarse los capilares fenestrados o los sinusoides en lugares como glándulas endocrinas, hígado, etc., en los que el intercambio es intenso. Por otra parte, a nivel del tejido conjuntivo se encuentran capilares continuos, a no ser en puntos de intercambio intenso como en la lámina propia del intestino.

Como hemos visto, en la dermis superficial del órgano de Eimer existe un sistema de capilares anfractuosos que forman un sistema laberíntico subpapilar y cuyas características básicas son:

- 1.º) Presentan un contorno muy irregular, con grandes variaciones en su luz.
- 2.º) Presentan pared fina, formada sólo por células endoteliales.
- 3.º) Presentan áreas de endotelio fenestrado.
- 4.º) Las células endoteliales presentan intensa vesiculación.

Por algunas de sus características, como son las citadas en 1 y 2, estos vasos parecen ajustarse más al modelo de sinusoide que a otro, y más en concreto al de sinusoide fenestrado, por lo que constituirían un caso muy particular entre los vasos del tejido conjuntivo, sobre todo entre los situados en la dermis.

La presencia de este tipo de vasos parece indicar que a nivel del órgano de Eimer existen unas particulares necesidades de intercambio. Por otra parte es interesante considerar que, como hemos visto, por debajo de cada papila aparece una especie de foso vascular prácticamente continuo y debido a la gran irregularidad de los vasos se establece una amplia superficie de relación. De modo análogo, las propias células endoteliales mediante sus múltiples repliegues, invaginaciones, etc., consiguen multiplicar sensiblemente la superficie útil. En suma, todos estos hechos parecen apuntar en la misma dirección y resulta lógico pensar que la tasa de intercambio debe de ser muy alta en el órgano de Eimer.

Esta situación no parece ser debida simplemente a las necesidades habituales de los componentes nerviosos, toda vez que en otros dispositivos receptores no parece darse una organización vascular semejante. Podríamos admitir entonces que el órgano de Eimer, único entre las formaciones sensoriales por su peculiar organización, tiene también requerimientos metabólicos muy particulares, precisando para su correcto funcionamiento la existencia de un líquido tisular de composición determinada y rápidamente renovable.

CONCLUSIONES

De las observaciones realizadas pueden obtenerse fundamentalmente las siguientes conclusiones:

- 1.º) El órgano de Eimer presenta una vascularización muy particular.
- 2.º) Los capilares, de sección muy irregular, circundan prácticamente la zona yuxtabasal de cada papila, presentando paredes finas y provistas de poros con diafragma en las porciones más tenues.
- 3.º) Por algunas de sus características, estos vasos pueden ser considerados como sinusoides fenestrados.
- 4.º) Las células endoteliales presentan contorno muy irregular, con múltiples caveolas, evaginaciones, vesiculación intensa, etc., lo que junto a la propia irregularidad de los vasos permite obtener una amplia superficie de intercambio.
- 5.º) Los datos morfológicos obtenidos sugieren la existencia de una alta tasa de intercambio de sustancias a nivel del órgano de Eimer.

BIBLIOGRAFIA

- BENNET, H. S., LUFT, J. H., HAMPTON, J. C. (1959).—Morphological classification of vertebrate blood capillaries. *Am. J. Physiol.*, **196**: 381-390.
- BIELSCHOWSKY, M. (1907).—Ueber sensible Nervenendigungen in der Haut zweier Insectivoren (*Talpa europaea* und *Centetes caudatus*). *Anat. Anz.* XXXI: 187-194.
- BOEKE, J. (1940).—Problems of Nervous Anatomy. Oxford University Press, 12-17.
- BRUNS, R. R., PALADE, G. E. (1968).—Studies in blood capillaries. I) General organization of blood capillaries in muscle. *J. Cell Biol.*, **37**: 244-276.
- CORDIER, R. (1964).—Sensory Cells. *The Cell*; VI: 313-383. Academic Press, London.
- KISCH, B. (1957).—Electron microscopy of the capillary wall. The filiform processes of the endothelium. *Exptl. Med. Surg.*, **15**: 89-99.
- LUFT, J. H. (1964).—Fine structure of the diaphragm across capillary pores in mouse intestine. *Anat. Record.*, **148**: 307-308.
- RHODIN, J. A. G. (1968).—Ultrastructure of mammalian venous capillaries, venules and small collecting veins. *J. Ultrastruct. Res.*, **25**: 452-500.
- TOLIVIA, D. (1976).—Una nueva técnica para la rápida impregnación de las fibras y terminaciones nerviosas. *Trab. Inst. Cajal. Inv. Biol.* (en prensa).

- Fig. 1.—Sección perpendicular a la superficie del órgano de Eimer en la que se observan las fibras nerviosas papilares intraepiteliales y los gruesos troncos nerviosos de la dermis. M.O. 120X.
- Fig. 2.—Sección tangencial a nivel de la dermis superficial mostrando el plexo de fibras mielínicas. M.O. 120X.
- Fig. 3.—Sección tangencial a un nivel ligeramente inferior a la base papilar en la que se pueden apreciar las formaciones glomerulares subpapilares. En algunos puntos se visualizan como áreas claras los vasos (V) que circundan a los glomérulos. M.O. 120X.
- Fig. 4.—Corpúsculo sensitivo subpapilar del tipo Vater-Paccini. Apréciense cómo los vasos rodean prácticamente a esta formación. M.E. 1.000X.
- Fig. 5.—Sección longitudinal de dos papilas en donde se observan corpúsculos sensitivos (C), células de Merkel (cm) y troncos nerviosos dérmicos (Fm). Obsérvese cómo las fibras intraepiteliales llegan a la capa córnea terminando en varicosidades y limitando claramente el cilindro central epitelial. M.O. 480X.
- Fig. 6.—Sección tangencial a un nivel medio para mostrar la disposición ordenada de las fibras intraepiteliales de las papilas. M.O. 120X.
- Fig. 7.—Imagen semejante a la anterior a mayor aumento. Obsérvese la presencia de fibras nerviosas dispersas, sin clara ordenación por fuera del cilindro central. M.O. 480X.
- Fig. 8.—Sección tangencial a nivel de la base de una papila mostrando la «placa limitante» de células de Merkel. M.O. 1.200X.



Fig. 1

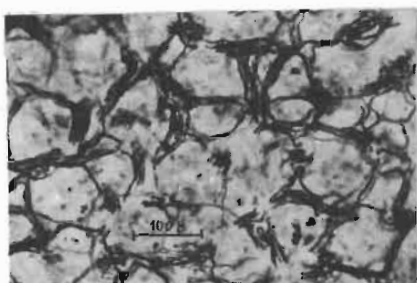


Fig. 2

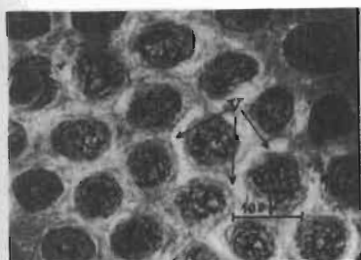


Fig. 3

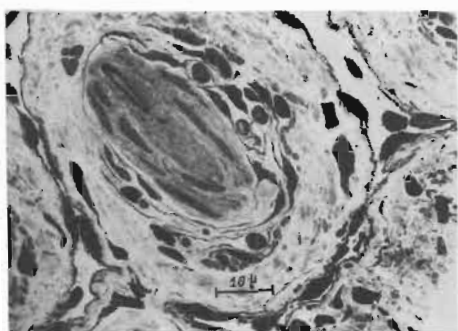


Fig. 4

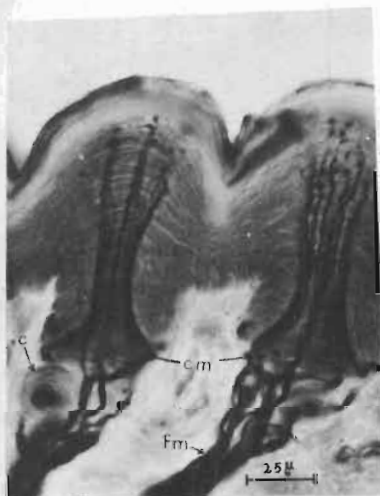


Fig. 5

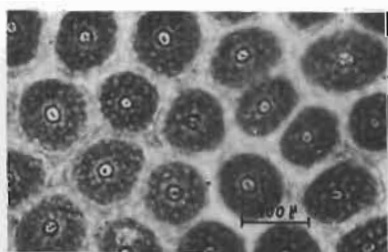


Fig. 6

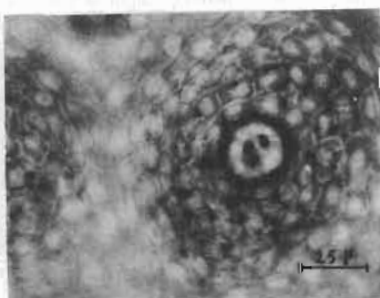


Fig. 7

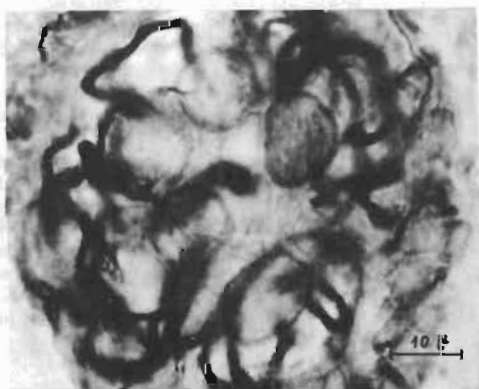


Fig. 8

- Fig. 9.—Sección tangencial a nivel de la base papilar. Se observa un capilar de luz irregular (cap.) limitado por las células endoteliales (e) cuyas expansiones laminares (l) forman gran parte de la fina pared vascular. M.E. 700X.
- Fig. 10.—Sección de un capilar que muestra la irregularidad de su luz y de las propias células endoteliales. M.E. 5.000X.
- Fig. 11.—Sección de un capilar mostrando cómo las células endoteliales enfrentadas se ponen en contacto en algunos puntos. M.E. 5.000X.
- Fig. 12.—Célula endotelial en la que se aprecia claramente la lámina densa interna (L.D.) ausente a nivel de los poros nucleares (p). Obsérvese el contorno celular irregular, festoneado y la presencia de vesículas, caveolas, etc. M.E. 13.500X.
- Fig. 13.—Célula endotelial en la que se observan la lámina densa interna (L.D.), aparato de Golgi (ag), caveolas (c) y vesículas (v). También se muestran mitocondrias, ribosomas, algunos microtúbulos, etc. Obsérvese como algunas caveolas presentan en su pared vesículas en formación. M.E. 16.000X.
- Fig. 14.—Cuerpo multilaminar (L) y microtúbulos (mt) en una célula endotelial. Obsérvese lo angosto de la luz capilar (cap.). V = vesículas en formación. M.E. 41.000X.
- Fig. 15.—Célula endotelial que muestra a nivel basal numerosas vesículas unidas a la membrana (v) y un cuerpo multilaminar (cl). M.E. 32.000X.
- Fig. 16.—Fragmento de un capilar en el que una célula endotelial parece contener en su citoplasma áreas de matriz conjuntiva (mc). Obsérvese la irregularidad de la pared capilar y su extrema delgadez en algunos puntos. M.E. 5.000X.
- Fig. 17.—Fragmento de la pared de un vaso en la que se aprecia la presencia de poros (p). M.E. 37.000X.

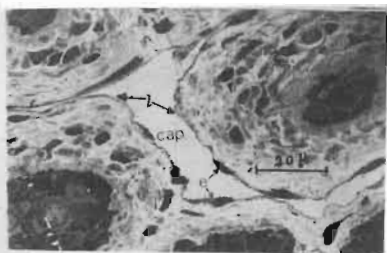


Fig. 9

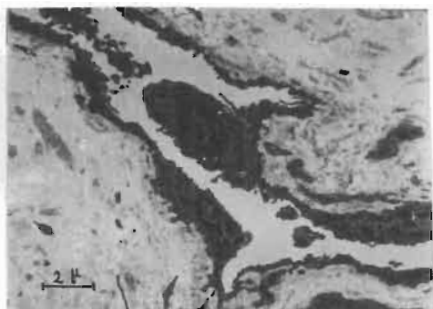


Fig. 10

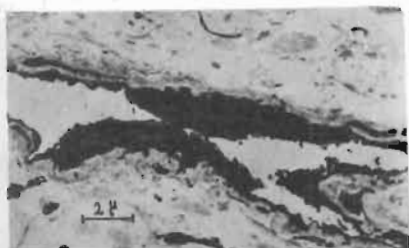


Fig. 11

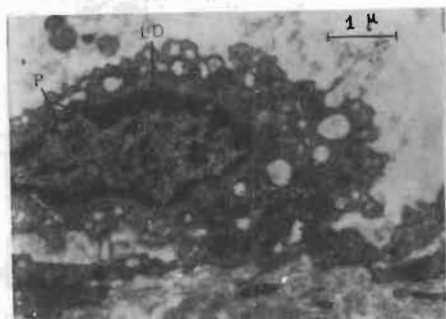


Fig. 12

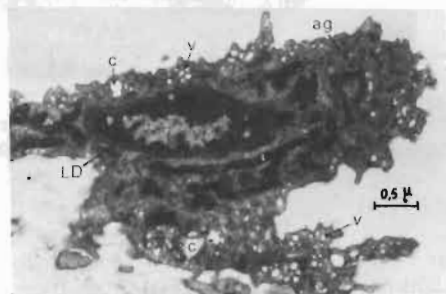


Fig. 13

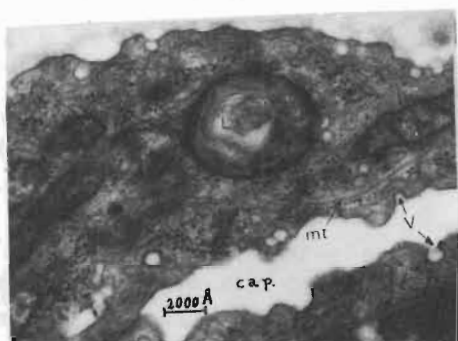


Fig. 14

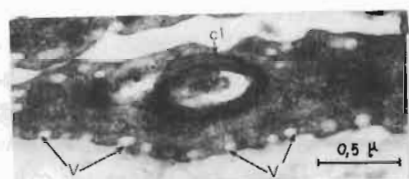


Fig. 15

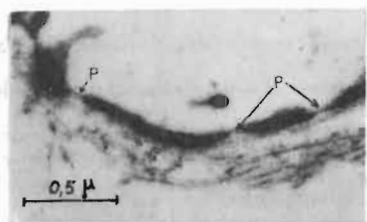


Fig. 17

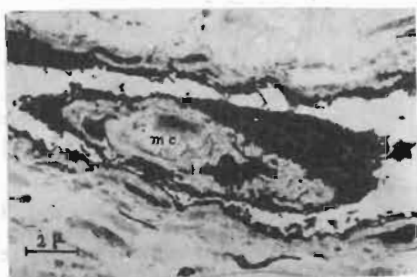


Fig. 16

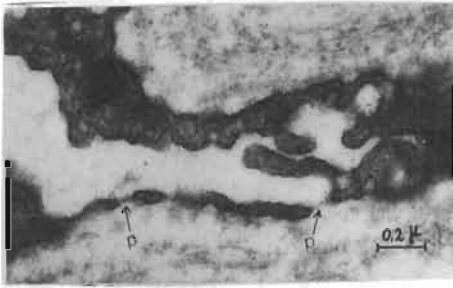


Fig. 18

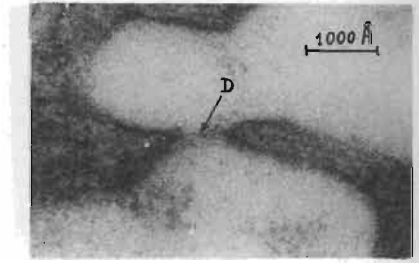


Fig. 19

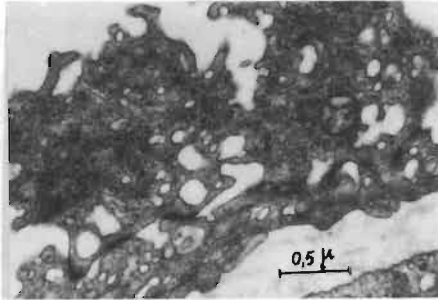


Fig. 20

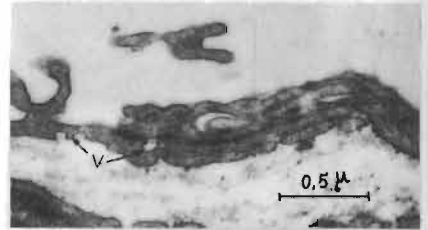


Fig. 21

Fig. 18.-Imagen semejante a la anterior en la que observamos el revestimiento endotelial irregular y poros ocluidos por un diafragma (p). M.E. 41.000X.

Fig. 19.-Imagen a gran aumento de un poro endotelial. Obsérvese el tenue diafragma (D) que ocluye su luz. M.E. 130.000X.

Fig. 20.-Sección oblicua de la pared capilar en la que se puede observar el contorno irregular de las células endoteliales, caveolas, vesículas, ribosomas, microtúbulos, etc., y la presencia en varios puntos de dispositivos de unión intercelular. M.E. 25.000X.

Fig. 21.-Zona de la pared capilar en la que se observa la interdigitación entre los extremos de dos células vecinas con formación de dispositivos de unión. V = vesículas. M.E. 32.000X.