HISTOLOGIA DEL OJO Y ORGANOS ANEXOS

DR. SADÍ DE BUEN*

El motivo de este trabajo es facilitar al estudiante de Medicina la información principal sobre la histología normal de las estructuras oculares y relacionar éstas con la función visual. Se ha prestado especial atención en ilustrar el texto con microfotografías originales tomadas siempre de preparaciones histológicas hechas con material humano.

EL OJO ES EL ÓRGANO de la visión. En el hombre sus estructuras se disponen de manera adecuada para que la función visual se cumpla con el máximo de perfección.

Comprende un aparato visual, uno dióptrico y uno de protección.

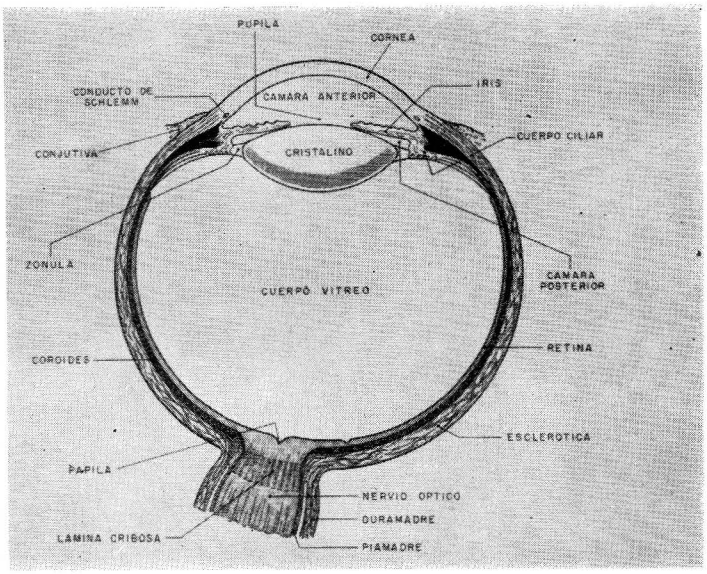
El aparato visual está representado por las células fotorreceptoras y por las neuronas que transmiten hasta los centros nerviosos dicho estímulo transformado en impulso nervioso. Estos elementos se encuentran en la parte interna del ojo, en una membrana denominada retina, la cual está unida al sistema nervioso central por los números fascículos nerviosos que integran el nervio óptico.

El aparato dióptrico invierte las imágenes y las lleva hasta la retina. Consta de una serie de medios transparentes que de delante atrás son: córnea, humor acuoso, cristalino y cuerpo vítreo.

El aparato de protección está formado por dos membranas dispuestas por fuera de la retina; la úvea, constituida en su parte anterior por el iris que funciona como un diafragma regulador de la luz y por el cuerpo ciliar que junto con el cristalino

* Profesor de Histología Normal y Anatomía Patológica Oculares, División de Estudios Superiores, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México.
Laboratorio de Anatomía Patológica Ocular, Unidad de Oftalmología Hospital General, S.S.A., México, D. F.
Consultor en Patología Ocular, Registro Nacional de Anatomía Patológica, Secretaría de Salubridad y Asistencia, México.

Figura 1



Corte sagital del ojo donde se anotan sus diferentes partes.

actúa como aparato de enfoque, y la coroides en su porción posterior. Esta, gracias a su riqueza en vasos sanguíneos, sirve también para la nutrición y además, por ser pigmentada, actúa como cámara obscura facilitando mejor los procesos visuales. Por fuera se encuentra la túnica más externa y resistente, formada en su sexto anterior por la córnea, transparente, y en sus cinco sextos posteriores por la esclerótica (fig. 1).

El diámetro anteroposterior del ojo en el adulto mide 24 mm. aproximadamente. La superficie del globo ocular muestra dos curvaturas; la correspondiente a la córnea, con un radio de 8 mm. aproximadamente y la esclerótica cuyo radio mide 12 mm. A esto se debe el ligero saliente que hace la córnea. La esclerótica presenta numerosas perforaciones para el paso de nervios y vasos sanguíneos. Alrededor del nervio óptico está atravesada por los nervios ciliares y las arterias ciliares posteriores cortas. Además la atraviesan las dos arterias ciliares largas posteriores, una a cada lado del meridiano horizontal; cuatro venas llamadas vorticosas, que emergen un poco por detrás del ecuador, una para cada cuadrante y las arterias ciliares anteriores y venas, por atrás de la unión esclerocorneal.

Sobre la esclerótica se insertan los seis músculos extrínsecos, cuatro rectos y dos oblícuos, cuyas contracciones coordinadas originan los movimientos tan precisos de los globos oculares.

Descripción de las diferentes estructuras oculares:

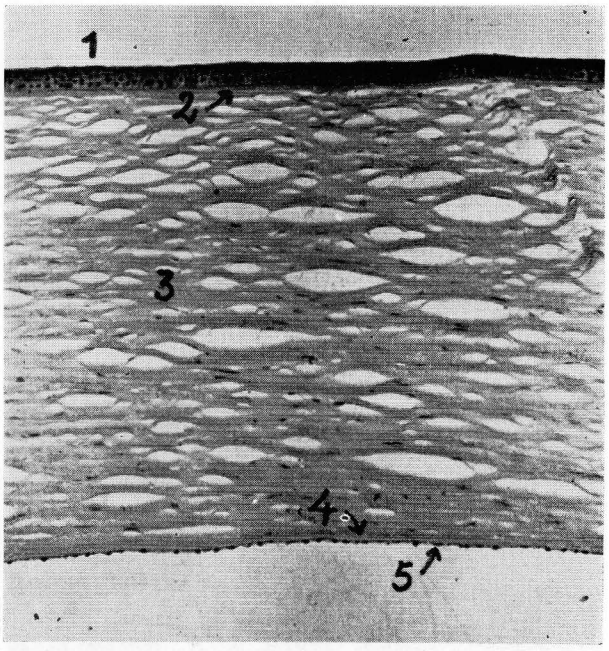
I. Membrana esclerocorneal:

Es una membrana fibrosa, gruesa, resistente y muy poco extensible. Su objeto es proteger las estructuras internas del ojo y equilibrar la presión que ejercen los líquidos intraoculares, manteniendo la forma normal del ojo. Comprende una parte anterior, la córnea, y una parte posterior, la esclerótica.

A) La córnea es transparente y permite el paso de los rayos luminosos que se dirigen hacia la retina. Consta de cinco capas (fig. 2):

a) El epitelio anterior (fig. 3), de tipo plano estratificado y de grosor uniforme (50 a 70 micras), es muy rico en terminaciones nerviosas libres, la mayoría de las cuales transmiten sensibilidad dolorosa. Está formado por cinco a seis capas de células. Existe una capa basal de células cilíndricas bajas, dos a tres capas de células poliédricas y una a dos capas de células planas superficiales. Mediante el microscopio electrónico se aprecia que las células basales están firmemente apoyadas sobre una membrana basal y hacia los lados presentan

Figura 2



Córnea: 1. Epitelio. 2. Membrana de Bowman. 3. Estroma. 4. Membrana de Descemet. 5. Endotelio. (Pequeño aumento. H & E).

numerosos procesos digitiformes que se entrelazan con los procesos de las células vecinas. Las células poliédricas también presentan digitaciones pero de mucho menor tamaño. Hay desmosomas, los cuales son más abundantes en las capas celulares profundas.

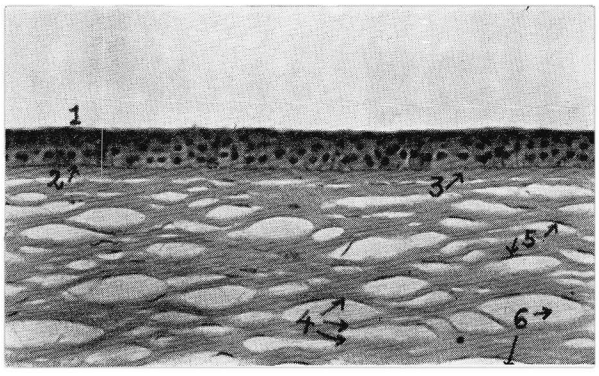
La membrana basal, que mediante el microscopio óptico se distingue con mucha dificultad de la membrana de Bowman, es fácilmente reconocible con el microscopio electrónico. Mide de 200 a 300 Å. de espesor y está unida al epitelio por desmosomas.

El epitelio corneal no se queratiniza por estar humedecido por la secreción lagrimal. Se continúa en la periferia de la córnea con el epitelio conjuntival que recubre la esclerótica.

b) Membrana de Bowman (fig. 3). Está formada por material homogéneo transparente y suele considerarse como una condensación de tejido conectivo de la substancia propia. Mide de 8 a 14 micras de espesor. Es muy resistente a los traumatismos e infecciones bacterianas pero una vez destruida ya no se regenera. Termina bruscamente en la región del limbo esclerocorneal. Mediante el microscopio electrónico se ha observado que está integrada por fibrillas de colágena de un diámetro que varía entre 100 y 300 Å y una periodicidad de 640 Å.

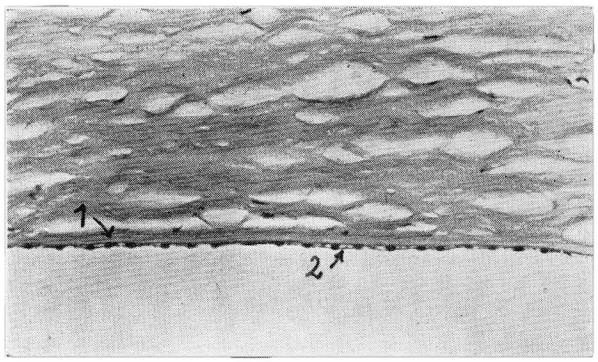
c) Substancia propia o estroma (figs. 3 y 4). Representa las 9/10 partes del espesor total de la córnea. Está formada por laminillas acintadas de fibras colágenas de una periodicidad de 640 Å, paralelas entre sí y anastomosadas a las vecinas que aparecen dispuestas en distintos ángulos. Existen espacios interlaminares en los cuales se alojan fibrocitos alargados y aplanados, también llamados queratocitos y algunos leucocitos. Entre las fibras colágenas y las fibrillas hay un material intercelular mucoide. El estroma es transparente, gracias a la disposición de las fibras y a su estado permanente de deshidratación, así como a la ausencia completa de vasos sanguíneos. En algunos procesos patológicos se produce vascularización del estroma y entonces la visión se dificulta.

Figura 3



Córnea: 1. Epitelio. 2. Membrana basal. 3.. Membrana de Bowman. 4. Láminas corneales. 5. Fibrocitos. 6. Espacios interlaminares, artificialmente aumentados de tamaño (Mediano aumento. H & E).

Figura 4

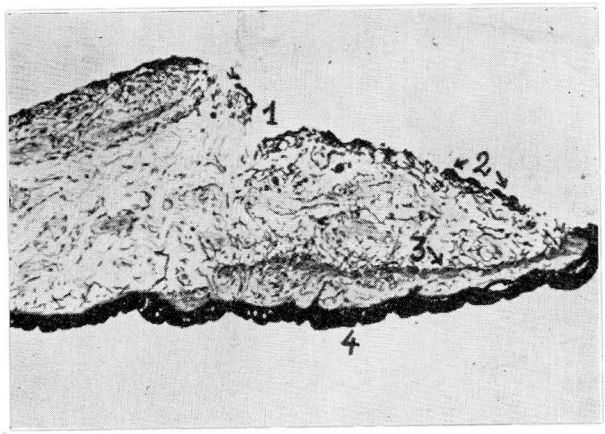


Córnea: 1. Membrana de Descemet. 2. Endotelio. (Mediano aumento. H & E).

d) Membrana de Descemet (fig. 4). En cortes transversales de la córnea se ve como una delgada capa homogénea situada entre el estroma y el endotelio, de 5 a 7 micras de grosor en el centro y de 8 a 10 micras en la periferia. Ha sido identificada como la membrana basal del endotelio, es muy resistente a los agentes químicos y procesos patológicos y cuando se destruye es regenerada por el endotelio. Está compuesta principalmente por una clase especial de colágena con una periodicidad de 1070 Å. En la periferia envuelve parcialmente el borde anterior del anillo de Schwalbe situado en el vértice de la zona trabecular del aparato de filtración.

e) Endotelio (fig. 4). Está formado por una hilera de células planas de contorno hexagonal que reviste la superficie interna de la córnea. Presenta barras terminales y vesículas micropinocíticas y cemento intercelular. Su función es muy importante pues regula el paso del humor acuoso al estroma corneal.

Figura 5



Región pupilar del iris: 1. Cripta. 2. Melanocitos. 3. Músculo constrictor. 4. Epitelio posterior. (Pequeño aumento. H & E).

B) Esclerótica: (figs. 15 y 18). Es una membrana muy resistente de tejido conectivo fibroso denso constituida por haces de fibras colágenas entrecruzadas, con fibroblastos aplanados entre ellas y redes finas de fibras elásticas. En el polo posterior del ojo está perforada para dar paso a las fibras nerviosas que, procedentes de la retina constituyen el nervio óptico. La parte más externa recibe el nombre de epiesclerótica y es de tejido fibroelástico laxo que se continúa con el tejido conectivo denso de la cápsula de Tenon.

C) Limbo esclerocorneal: Es una zona de transición entre la córnea y la esclerótica que mide un mm. de ancho. Su límite anterior está dado por la terminación brusca de las membranas de Bowman y Descemet. El epitelio se hace más grueso llegando a presentar hasta diez capas celulares, con células secretoras de moco intercaladas en su espesor y pigmento melánico en el estrato basal, especialmente abundante en las personas de piel obscura. La membrana basal es muy gruesa y las láminas del estroma pierden la disposición regular propia de la córnea para adquirir gradualmente la disposición irregular de las fibras colágenas de la esclerótica. En el tejido conectivo subepitelial del limbo hay buen número de vasos sanguíneos que se continúan con el plexo vascular en el tejido epiescleral vecino.

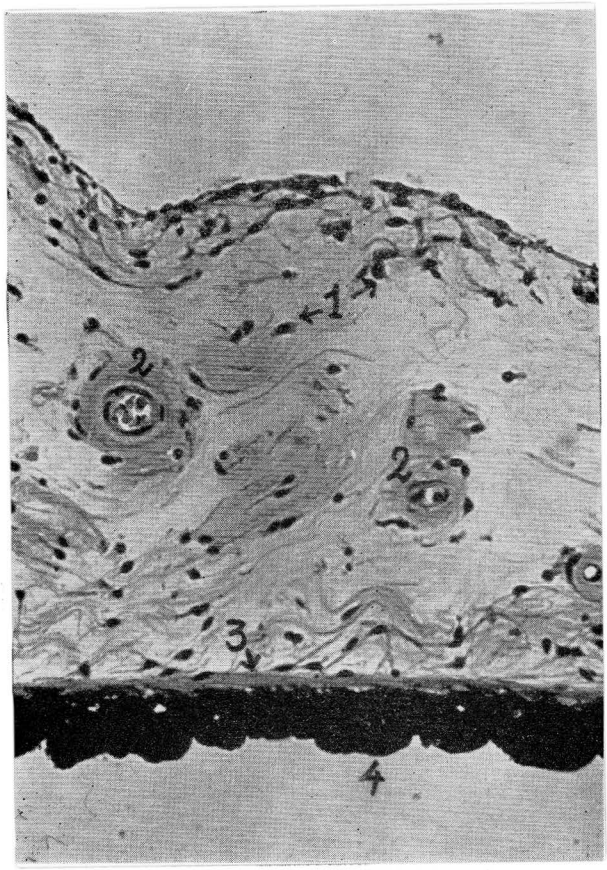
II. Uvea:

Como ya se ha dicho previamente es una túnica vascular y pigmentada situada entre la esclerótica y la retina, constituida de delante atrás por el iris, el cuerpo ciliar y la coroides.

A) Iris. Se halla ubicado por delante del cristalino y separa la cámara anterior de la posterior. Presenta en su parte central el orificio pupilar y se fija a la parte anterior del cuerpo ciliar mediante una porción más adelgazada que suele denominarse zona ciliar o raíz del iris. Su superficie anterior es irregular, con numerosas cisuras y criptas. Está formado por cuatro capas (fig. 5).

a) Limitante anterior, constituida por una condensación de las células del estroma y con un número variable de células pigmentadas. Durante mucho tiempo se describió la presencia de una membrana endotelial, pero el microscopio electrónico ha demostrado que no existe un revestimiento celular continuo.

Figura 6

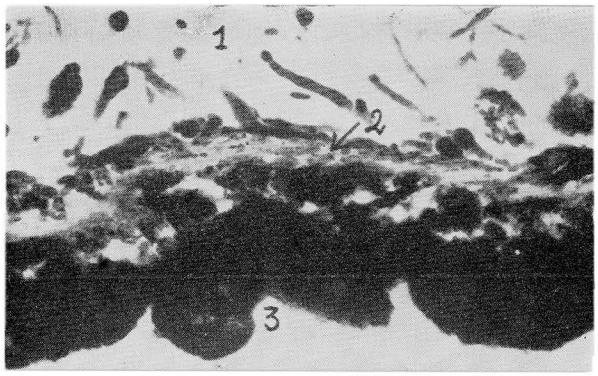


Iris: 1. Melanocitos. 2. Vasos sanguíneos en el estroma. 3. Músculo dilatador. 4. Epitelio. (Moderado aumento. H & E).

b) Estroma (fig. 6). Está constituido por tejido conectivo laxo con un mucopolisacárido ácido sensible a la hialuronidasa, por lo tanto probablemente ácido hialurónico. Presenta vasos sanguíneos de disposición radial y sinuosa que les permite acomodarse a los cambios de longitud dependientes del diámetro pupilar y con una adventicia muy gruesa, rica en fibrillas colágenas. Existen nervios con vaina de mielina y amielínicos y numerosos melanocitos ramificados con abundantes granulaciones melánicas, repartidos difusamente y en acúmulos por todo el estroma, aunque suelen ser más abundantes alrededor de los vasos y en la superficie, donde pueden llegar a formar una lámina continua. El color claro u obscuro del iris depende principalmente de la menor o mayor abundancia de pigmento melánico.

En la región peripupilar del estroma se halla el músculo constrictor del iris o esfínter (fig. 5), el cual recibe fibras nerviosas parasimpáticas.

Figura 7



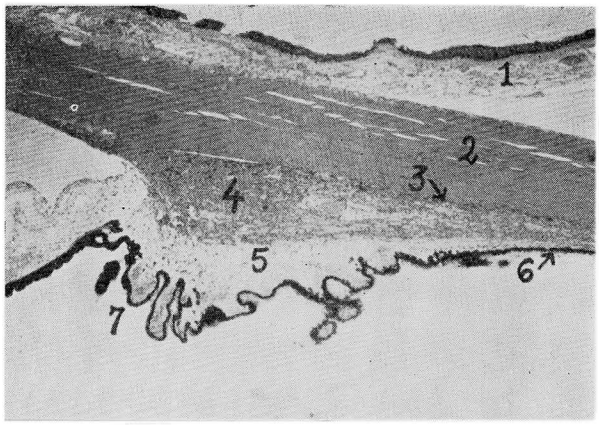
Iris: 1. Estroma. 2. Músculo dilatador. 3. Epitelio. (Gran aumento. H & E).

c) El músculo dilatador de la pupila (figs. 6 y 7) forma la tercera capa del iris. Sus fibras se unen a las del constrictor cerca de la pupila y se extiende hasta la raíz del iris. Está inervado por el simpático. Ambos músculos son lisos y de origen neuroectodérmico.

d) La cuarta capa es el epitelio posterior del iris (figs. 6 y 7), formada por dos hileras de células con tal cantidad de melanina que para distinguirlas es necesario depigmentarlas. La hilera anterior está formada por células aplanadas que presentan los núcleos del músculo dilatador. Las células de la hilera posterior son cúbicas altas o cilíndricas. Ambas son de origen neuroectodérmico. Mediante el microscopio electrónico se ha demostrado la presencia de numerosas microvellosidades en la membrana celular de la superficie posterior del epitelio, las cuales están recubiertas a su vez por una estructura filamentosa semejante a una membrana basal que representaría una "membrana limitante interna".

B) Cuerpo ciliar (fig. 8). Se extiende desde la raíz del iris hasta la coroides en la ora serrata. En los cortes sagitales tiene forma triangular con el lado más corto hacia delante formando el límite lateral de la cámara anterior. Consta de dos partes, la corona ciliaris (pars plicata), con unos 70 procesos ciliares dispuestos radialmente y el orbiculus ciliaris (pars plana) que constituye su porción posterior, aplanada, la cual se continúa con la coroides.

Figura 8



Cuerpo ciliar: 1. Conjuntiva bulbar. 2. Esclerótica. 3. Lámina fusca. 4. Músculo ciliar. 5. Capa vascular 6. Epitelio. 7. Procesos ciliares. (Pequeño aumento. H & E).

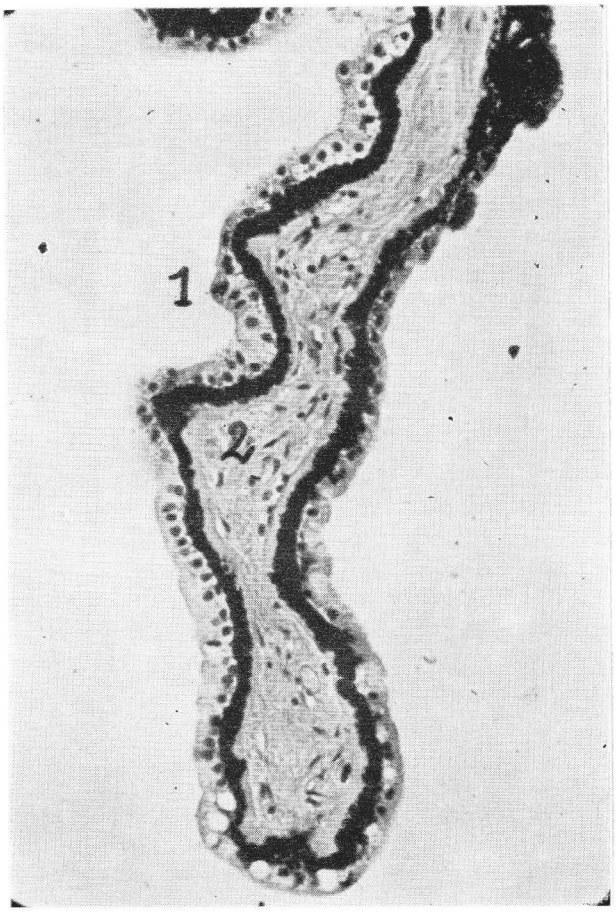
Consta de seis capas, que de fuera adentro son:

a) Lámina fusca o tejido supracoroideo, forma un espacio potencial entre la esclerótica y el cuerpo ciliar.

b) Músculo ciliar. En el hombre está formado por fibras de disposición longitudinal las más externas, radiada las intermedias y circular las internas. En el estroma conectivo del músculo hay algunos vasos sanguíneos y nervios y melanocitos ramificados.

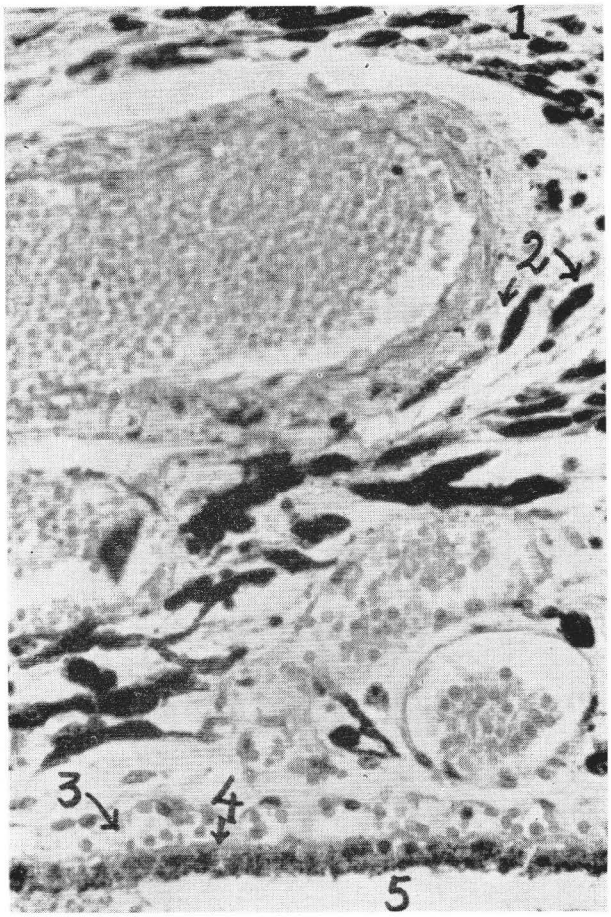
c) Capa vascular, que se continúa con la capa vascular de la coroides y presenta un estroma pare-

Figura 9



Proceso ciliar: 1. Epitelio ciliar con dos hileras celulares, una pigmentada y otra no pigmentada. 2. Eje conectivovascular. (Gran aumento. H & E).

Figura 10



Coroides: 1. Epicoroides o lámina fusca. 2. Melanocitos. 3. Coriocapilar. 4. Membrana de Bruch. 5. Epitelio pigmentado de la retina (Mediano aumento. H & E).

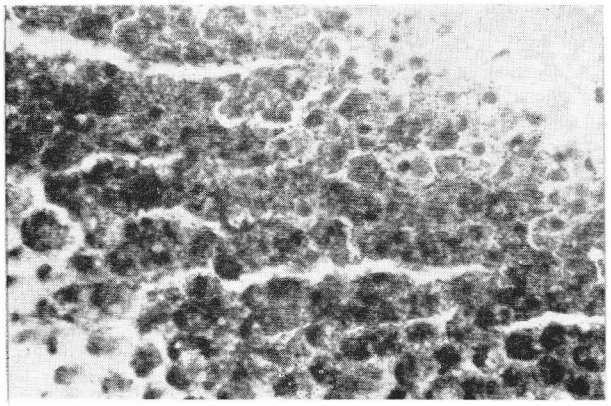
cido al de esta túnica pero más pobre en melanocitos y más fibroso.

Cada proceso ciliar (fig. 9) está constituido por un eje conectivovascular tapizado por epitelio ciliar. Sus vasos tienen la pared muy delgada, con amplios poros que miden de 200 a 1000 Å, lo cual les confiere una gran permeabilidad.

d) Lámina vítrea. Recubre la cara interna de la capa vascular y está formada por una capa elástica externa y una capa cuticular interna separadas entre sí por una delgada zona de tejido conectivo vascular.

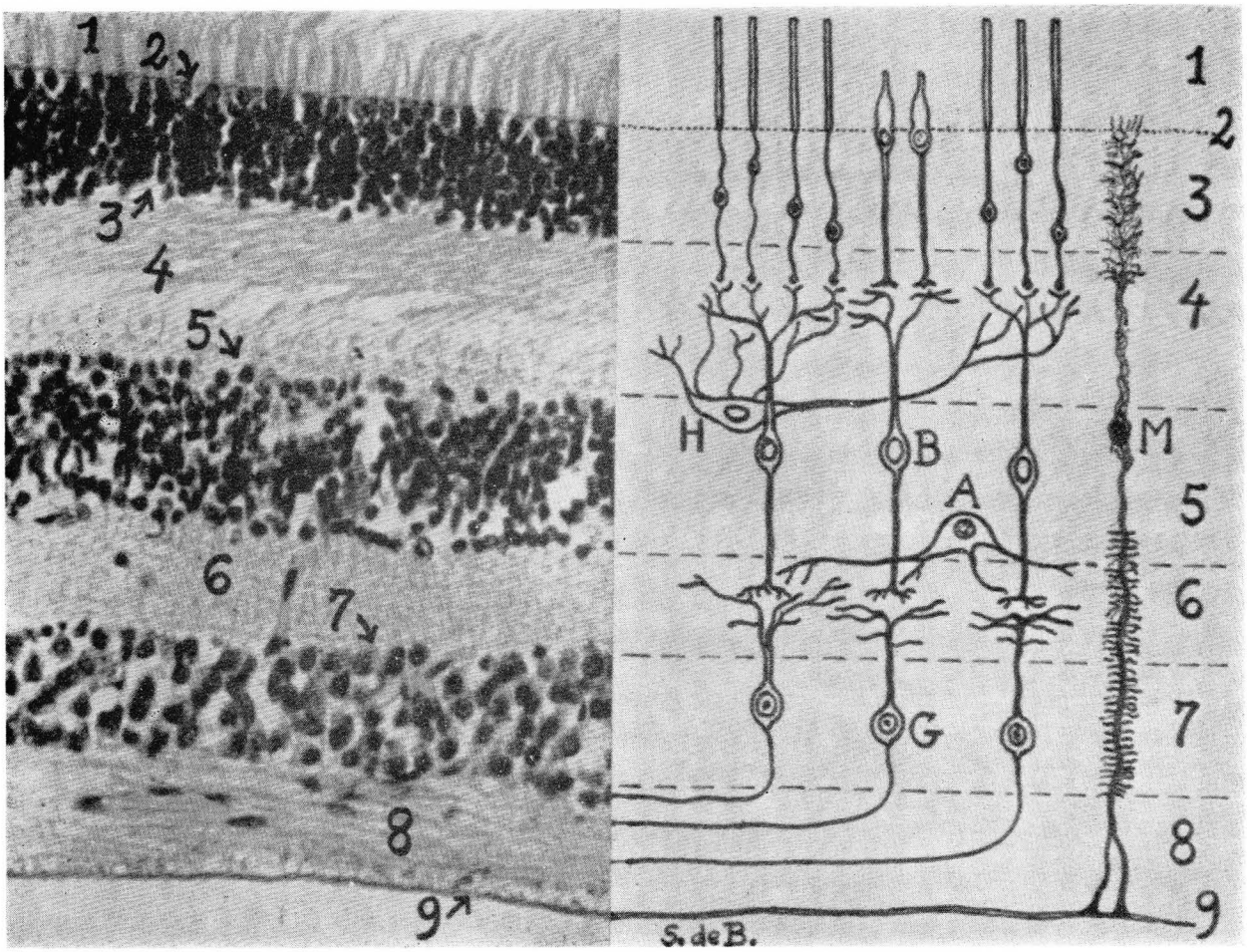
e) Epitelio. Presenta actividad secretora y consta de dos hileras celulares de las cuales la más externa es pigmentada y representa una continuación del epitelio pigmentado de la retina. La hilera inter-

Figura 11



Epitelio pigmentado de la retina en corte transversal. Se aprecia el contorno hexagonal de sus células. (Gran aumento. H & E).

Figura 12



Retina: 1. Capa de conos y bastones. 2. Membrana limitante externa. 3. Capa nuclear externa. 4. Capa plexiforme externa. 5. Capa nuclear interna. 6. Capa plexiforme interna. 7. Capa de células ganglionares. 8. Capa de fibras nerviosas. 9. Membrana limitante interna. H. Célula horizontal. B. Célula bipolar. A. Célula amacrina. M. Célula de Müller.

na, continuación de la retina sensorial, es de células cilíndricas sin pigmento.

f) Membrana limitante interna. Se insinúa en los espacios entre las células vecinas del epitelio y está formada por una delicada red fibrilar entre cuyas mallas existe un material homogéneo de baja densidad, según se ha demostrado mediante el microscopio electrónico. Las fibras de la zónula, que forman el aparato suspensor del cristalino, se unen a esta membrana.

C) Coroides (fig. 10): Se extiende desde la ora serrata hasta el nervio óptico. Está unida a la esclerótica principalmente por los vasos y nervios perforantes. Su espesor varía de 0.1 mm. en su porción anterior a 0.22 mm. en su parte posterior. De fuera adentro se describen cuatro capas:

a) Epicoroides o lámina fusca, formada por fibras colágenas y elásticas, fibroblastos, melanocitos y fibras musculares lisas.

b) Capa vascular, constituida por numerosas venas y algunas arterias entre las cuales hay numerosos melanocitos. Presenta una zona externa de gruesos vasos y otra interna de medianos vasos que no siempre están bien diferenciadas.

c) Capa coriocapilar. Es la región donde terminan las arterias coroideas. Está formada por una capa única de capilares de gran calibre que adquieren su mayor diámetro en la región submacular.

Entre los capilares existe una fina red de fibras elásticas y colágenas con escasos fibroblastos aplanados.

d) Membrana de Bruch, o lámina vítrea, recubre la superficie interna de la coroides. Está formada por una laminilla elástica externa muy delgada, derivada de la red de fibrillas que recubre la coriocapilar, y por una laminilla cuticular interna, secretada por el epitelio pigmentado de la retina. La membrana de Bruch es muy resistente por lo cual actúa como barrera muy eficaz para impedir la extensión de los procesos patológicos de coroides a retina y viceversa.

III. Retina:

Se compone de una capa pigmentada proveniente de la pared externa de la vesícula óptica y de una capa sensorial compleja derivada de su pared interna.

A) El epitelio pigmentado está constituido por una hilera de células hexagonales (fig. 11) de tamaño uniforme, cuyo diámetro mide 16 micras y que contienen un núcleo redondeado situado cerca de la base y gránulos fusiformes de melanina que se concentran hacia su porción interna. Cada célula presenta numerosas finas prolongaciones en su superficie interna las cuales se insinúan entre los conos y bastones. Además existe entre ellas una substancia cementosa de neuroqueratina que las recubre y une a la capa cuticular de la membrana de Bruch de la coroides.

B) La retina sensorial es una capa transparente delicada, débilmente adherida al epitelio pigmentado adyacente, con sólo dos zonas de unión firmes, una anterior en la ora serrata y la otra posterior en la papila óptica donde la retina se continúa con las fibras nerviosas del nervio óptico.

Se reconocen nueve capas (fig. 12) que de fuera adentro son:

1. Capa de conos y bastones.
2. Membrana limitante externa.
3. Capa nuclear (o granulosa) externa.
4. Capa plexiforme externa.
5. Capa nuclear (o granulosa) interna.
6. Capa plexiforme interna.
7. Capa de células ganglionares.
8. Capa de fibras nerviosas.
9. Membrana limitante interna.

Antes de estudiar la retina sensorial por capas se tomarán en cuenta las relaciones funcionales de los elementos que la constituyen, o sea los elementos a cuyo cargo se encuentra la función visual, los de asociación y los de sostén.

ELEMENTOS ENCARGADOS DE LA FUNCIÓN VISUAL

Son los receptores de la sensación luminosa, es decir, las células visuales, y las neuronas que se articulan con ellas en forma directa o indirecta, y que transmiten el impulso nervioso a los centros nerviosos o sea, las células bipolares y las células ganglionares.

a) Células visuales o fotorreceptores: Para algunos autores son neuronas modificadas, semejantes a las neuronas olfatorias que actúan a la vez como receptor y primera neurona de la vía olfatoria. Según otros, tomando en cuenta su origen, deben considerarse células especiales, que se denominan neuroepiteliales.

Los fotorreceptores tienen, desde el punto de vista fisiológico, las siguientes propiedades:

1ª) Reaccionar a la luz en general, o sea de manera cuantitativa a sus diferentes intensidades. A ésto se le denomina sentido de la luminosidad.

2ª) Reaccionar a luces de diferente longitud de onda, o sea, diferente en el aspecto cualitativo. Es la sensibilidad al color.

3ª) Reaccionar especialmente a rayos que se originan en fuentes luminosas de dimensiones limitadas o con una posición definida en el espacio. Es el sentido del espacio, o acuidad visual.

De acuerdo con sus caracteres morfológicos y funcionales se reconocen dos tipos de fotorreceptores: las células visuales con conos y las células visuales con bastones o, simplemente, conos y bastones.

Los bastones se hallan formados por una porción fotosensible, el bastón propiamente dicho. Se encuentra en la primera capa de la retina sensorial, que por tal motivo se denomina capa de los conos y bastones. El bastón se continúa con una porción interna conductora y trófica que comprende el cuerpo en el cual se encuentra el núcleo y la fibra o segmento interno, que hace sinapsis con la célula bipolar.

El bastón propiamente dicho (fig. 13) es una formación cilíndrica, larga y fina, que mide unas 2 micras de ancho por 60 micras de largo. Lo

forman dos segmentos o artículos: externo e interno. El segmento externo, más corto, es una formación de naturaleza cuticular, constituida por la superposición de discos. Contiene un lipoide y una substancia especial, llamada púrpura retiniana o rodopsina, a la cual debe su función. Es un pigmento de color rosado que pertenece a la familia de los carotenoides y, dentro de ellos, al caroteno. Mediante el microscopio electrónico se ha demostrado que el segmento externo de los bastones está formado por la asociación de capas proteínicas y lípidas alternadas. La rodopsina se encuentra unida a las moléculas proteicas.

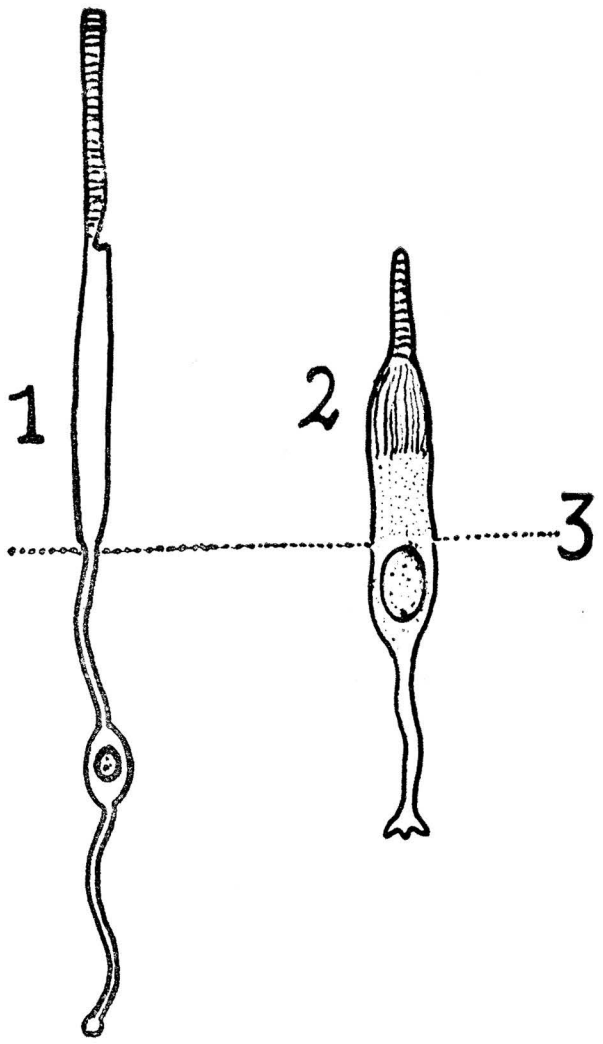
Se acepta que la rodopsina se produce por unión de un carotenoide derivado de la vitamina A con una proteína. Por exposición a la luz se realiza la separación de ambos compuestos y en la obscuridad se efectúa la resíntesis. De esta manera, la luz descompone la rodopsina en retineno y una proteína, la opsina. Entre la rodopsina y el retineno se describen cuerpos intermedios: la luminorrodopsina y la metarrodopsina. Cuando la iluminación es muy intensa, el retineno se transforma en vitamina A. Esto se produce por reducción, que se debe a la acción de un sistema enzimático al cual constituyen la retinenorreductasa y una coenzima, el difosfopiridinucleótido (DPN). La resíntesis puede llevarse a cabo en la obscuridad, pero tarda más que la destrucción. Esto se debe a que el retineno o la vitamina A que aparecen por acción de la luz no se transforman en forma directa en rodopsina, sino en un isómero de ellos. Por lo tanto aparece primero un isómero del retineno que, por acción del DPN se oxida y forma el retineno que se une al grupo SH de la opsina y produce la rodopsina.

La importancia de la vitamina A en la visión en la obscuridad se pone de manifiesto cuando existe carencia de ella. Una de sus primeras manifestaciones es la dificultad para ver la obscuridad.

El segmento interno del bastón es más largo, es homogéneo "in vivo" y posee glucógeno. Después de fijarlo se pueden reconocer en él dos partes: una externa, de apariencia filamentosa y otra interna que tiene la propiedad de contraerse, que reciben los nombres de cuerpo filamentoso y mioide, respectivamente.

El bastón propiamente dicho se continúa con el cuerpo del bastón, que es una formación ovoidea la cual ocupa casi por completo el núcleo. Este es

Figura 13



Células fotorreceptoras: 1. Bastón y 2. Cono. 3. Membrana limitante externa.

más pequeño y cromático que el de los conos y se encuentra a diferentes alturas dentro de la capa nuclear o granulosa externa.

El cuerpo del bastón se une al bastón propiamente dicho por la fibra externa y se prolonga hacia la plexiforme externa mediante la fibra interna del bastón.

Si se considera a la célula visual una neurona, la fibra interna es su axón. Se origina en una porción cónica y su calibre es bastante uniforme. En su extremo presenta un engrosamiento que es la esférula terminal. Esta se encuentra en la capa

plexiforme externa, sobre todo en su parte media, donde hace sinapsis con las células bipolares.

Los conos (fig. 13) son células semejantes a los bastones y entre ambos existen formas de transición. En la retina humana hay de 75 a 170 millones de bastones y unos 7 millones de conos. Existen además diferencias topográficas, pues mientras los bastones aumentan hacia la periferia de la retina, los conos son más abundantes en el polo posterior, habiendo únicamente conos en la fóvea.

Se describen en ellos las mismas partes que en los bastones.

El cono propiamente dicho tiene forma groseramente cónica, es más corto y grueso que el bastón. Presenta un segmento externo semejante al del bastón por su disposición en discos y su contenido lipídico. Difiere de él por la ausencia de rodopsina. En su lugar se describe la existencia de iodopsina, la cual sería sensible a los diferentes colores. El segmento interno es semejante al del bastón pero presenta además el cuerpo graso, coloreado en algunas especies. Además el mioide no es contráctil.

El cuerpo del cono es más grueso que el de los bastones y encierra un núcleo de mayor tamaño y más claro en el cual se nota una fina red cromática y nucleolos. Los núcleos se encuentran inmediatamente por dentro de la membrana limitante externa.

El cuerpo del cono se prolonga hacia la capa plexiforme externa por la fibra del cono. Mucho más gruesa que la del bastón, termina en una formación ensanchada, cónica, el pedículo terminal del cono, que es mucho más grande que la esférula del bastón.

Por medio del microscopio electrónico Sjöstrand y De Robertis, en especial, han aclarado la estructura fina de las células visuales.

El segmento externo de los bastones se halla formado por discos superpuestos que se disponen de modo perpendicular al eje mayor del artículo. Los separa una distancia de unos 100 Å y entre ellos existen prolongaciones que los unen. Cada disco tiene un espesor de 140 Å y una anchura de 2 micras. Se encuentra limitado por una membrana de 30 Å. El tamaño de los discos, la distancia que los separa y el espesor de la membrana varían según la especie en estudio. En la unión del segmento interno con el externo se observa el centrosoma constituido por dos centriolos. Del externo parte un cilio que contiene nueve pares de filamentos. El centriolo interno se dispone en sentido perpendicular al primero.

En el segmento interno existen mitocondrias dispuestas en forma densa, y microsomas. De Robertis describió microsomas vesiculares y granulosos que interpreta como retículo endoplásmico y gránulos ricos en ARN, respectivamente.

b) Células bipolares. Constituyen junto con las ganglionares el sistema de conducción de la retina.

Existen diferentes tipos de neuronas bipolares, pero todas poseen caracteres comunes, a saber: 1) cuerpo oval o piriforme situado en la capa granulosa interna; 2) una prolongación externa con los caracteres de una dendrita, que termina haciendo sinapsis con los conos y bastones; 3) una prolongación interna que presenta las características de un axón y termina en sinapsis con las células ganglionares.

Considerando su forma, tamaño, situación del cuerpo y tipo de sinapsis, Polyak describe distintos tipos de células bipolares que pueden clasificarse en dos grandes grupos: bipolares polisinápticas y difusas y bipolares monosinápticas e individuales. Las primeras hacen sinapsis con varias células visuales, las segundas, en cambio, sólo con una célula visual.

c) Células ganglionares. Son neuronas multipolares que ocupan la séptima capa de la retina sensorial y originan las fibras del nervio óptico. El cuerpo celular es oval o elíptico en las más pequeñas y esférico o estrellado en las grandes. Las dendritas se dirigen a la capa plexiforme interna donde se ramifican en forma más o menos profusa. Los axones se dirigen hacia dentro y constituyen la octava capa de la retina sensorial, llamada de fibras del nervio óptico. Como todas las fibras convergen hacia la papila y se originan en lugares diferentes, siguen un trayecto variable. Debido a la suma de los cilindroejes, la capa de fibras nerviosas se va engrosando desde la periferia hacia el polo posterior de la retina, alcanzando su máximo grosor en la papila.

Neuronas de asociación:

Entre éstas se estudiarán las horizontales y las amacrinas.

a) Las neuronas horizontales (fig. 12) constituyen una variedad única de células. El cuerpo es esférico o elíptico. Las numerosas dendritas se originan en la parte externa y lateral del cuerpo celular, son cortas y se dirigen hacia la capa plexiforme externa, donde hacen sinapsis con los conos y bastones. El axón sigue un trayecto paralelo a la superficie de la retina; es largo y termina en sinapsis con el pie del cono o la esfera del bastón. De esta manera conectan grupos de conos y bastones más o menos distantes entre sí.

b) Con el nombre de amacrina Cajal describió un tipo de célula retiniana en la cual no encontró el axón. Algunos autores la consideran neurona, pero otros niegan su naturaleza neuronal por la falta de axón (fig. 12). Sus prolongaciones dendríticas llegan a la capa plexiforme interna donde terminan formando plexos horizontales.

Además, alrededor de las células amacrinas terminan las fibras centrífugas del nervio óptico (fibras cerebrorretinianas).

ELEMENTO DE SOSTÉN:

Se hallan representados por las células gliales, entre las que se describe un tipo especial, característico de la retina, la fibra de Müller (fig. 12).

Estas fibras se extienden entre ambas membranas limitantes de la retina. Son, por lo tanto, células muy grandes cuyo cuerpo alargado se halla en la capa granulosa interna. Del cuerpo parten dos prolongaciones principales que se dirigen en sentido opuesto y terminan por un pie ensanchado sobre las membranas limitantes contribuyendo a su formación.

Tienen además otras ramificaciones mucho más pequeñas que salen del cuerpo y se disponen entre las células vecinas.

Capas de la retina: Una vez estudiados los distintos elementos retinianos conviene ver cómo se ordenan en el aspecto morfológico para constituir las capas de la retina sensorial (fig. 12).

1. La capa de conos y bastones está compuesta por las partes externas de los elementos fotorreceptores, dispuestas en empalizada. En íntimo contacto con los conos y bastones existe una substancia intersticial mucoide resistente a la hialuronidasa.

2. La membrana limitante externa es muy delicada y acidófila, con perforaciones para permitir el paso de las fibras de los conos y bastones. Forma parte del tejido de sostén de la retina y está constituida por las prolongaciones externas de las células de Müller.

3. La capa nuclear o granulosa externa está compuesta de ocho a nueve hileras mucleares. Se distinguen dos clases de núcleos, unos más pequeños y densamente basófilos que pertenecen a los bastones y otros de mayor tamaño y teñidos más pálidamente, situados inmediatamente por dentro de la membrana limitante externa, que pertenecen a los conos.

4. La capa plexiforme externa presenta aspecto fibrilar. En ella se ponen en contacto los extremos de las células fotorreceptoras con las dendritas de las células bipolares y hacen sinapsis las células fotorreceptoras con las células horizontales.

5. La capa nuclear o granulosa interna presenta tres tipos de neuronas: las células bipolares, las células horizontales y las amacrinas. Además contiene los núcleos de las células de Müller.

6. La capa plexiforme interna presenta aspecto fibrilar y es donde hacen sinapsis las células bipolares con las ganglionares.

7. La capa de células ganglionares está formada por una hilera de neuronas separadas entre sí por fibras de Müller y astrocitos. Son neuronas multipolares con grandes núcleos y granulaciones de Nissl muy visibles. Sus numerosas dendritas se extienden en la capa plexiforme interna y sus cilindroejes constituyen la siguiente capa.

8. Capa de fibras nerviosas. Aumenta de espesor desde la periferia hacia atrás según se van sumando nuevas fibras nerviosas, alcanzando su mayor espesor en la papila, por donde abandonan el ojo, continuándose en el nervio óptico.

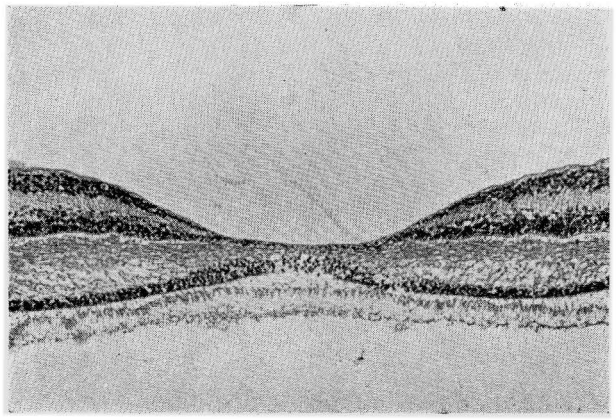
Entre las fibras nerviosas existen escasas células neuróglicas de tipo astrocitario.

9. La membrana limitante interna es muy delicada y se aplica a las expansiones aplanadas de las células de Müller y en cuya superficie interna se insertan finos filamentos del cuerpo vítreo.

Variaciones regionales de la retina:

La región macular es una parte de la retina modificada para obtener el máximo de agudeza visual. Presenta en su parte central una depresión llamada fóvea centralis donde no existen vasos sanguíneos (fig. 14). En la proximidad de la fóvea la

Figura 14



Región macular de la retina mostrando la fóvea centralis. (Mediano aumento. H & E).

capa de células ganglionares está muy engrosada, así como la nuclear interna, pero ambas capas desaparecen en la fóvea, junto con la plexiforme interna y externa y la capa de fibras nerviosas, porque se desplazan en sentido lateral. Además, en la fóvea sólo existen conos, más finos y largos que en el resto de la retina. De esta manera, la luz, al incindir sobre la retina, llega directamente a las células visuales, sin tener que atravesar sus capas internas. Gracias a esto, la fóvea es la zona retiniana donde se cumple mejor la función visual discriminatoria.

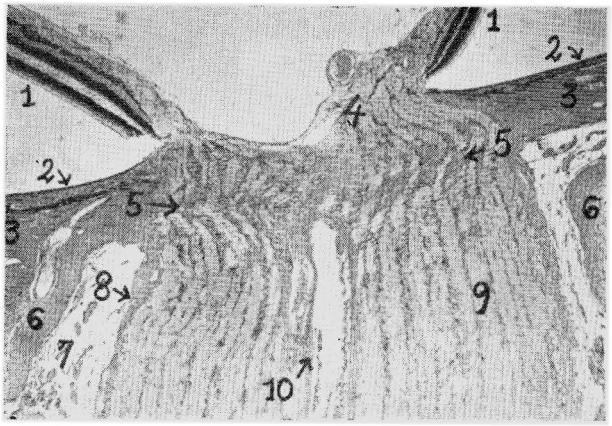
La retina sensorial termina bruscamente en la ora serrata donde se continúa con una hilera única de células, las cuales forman el epitelio no pigmentado del cuerpo ciliar, ya descrito. Cerca de la periferia disminuye gradualmente el número de conos, habiendo un aumento relativo de bastones. Las capas nucleares se fusionan entre sí y las de células ganglionares y fibras nerviosas se adelgazan hasta llegar a desaparecer, mientras que las células neuróglicas y de Müller aumentan. El epitelio pigmentado de la retina se continúa con el del cuerpo ciliar.

En el lado nasal del polo posterior se encuentra la papila, lugar por donde emergen las fibras del nervio óptico, faltando por completo los elementos fotorreceptores, por lo cual esta región es ciega (mancha ciega) (fig. 15).

La papila presenta una ligera depresión hacia el lado temporal (excavación fisiológica) y una discreta elevación hacia el lado nasal por donde emergen la arteria y vena centrales. La arteria central da ramas que irrigan las capas internas de la retina, siendo totalmente avasculares las capas externas, que reciben su nutrición por difusión desde la coriocapilar de la coroides.

Las fibras nerviosas abandonan el ojo a través de la lámina cribosa (fig. 15) que reemplaza a la esclerótica en ese lugar. Se trata de una estructura fibrosa reforzada por células gliales, con numerosas perforaciones para permitir la salida de los fascículos de fibras nerviosas.

Figura 15

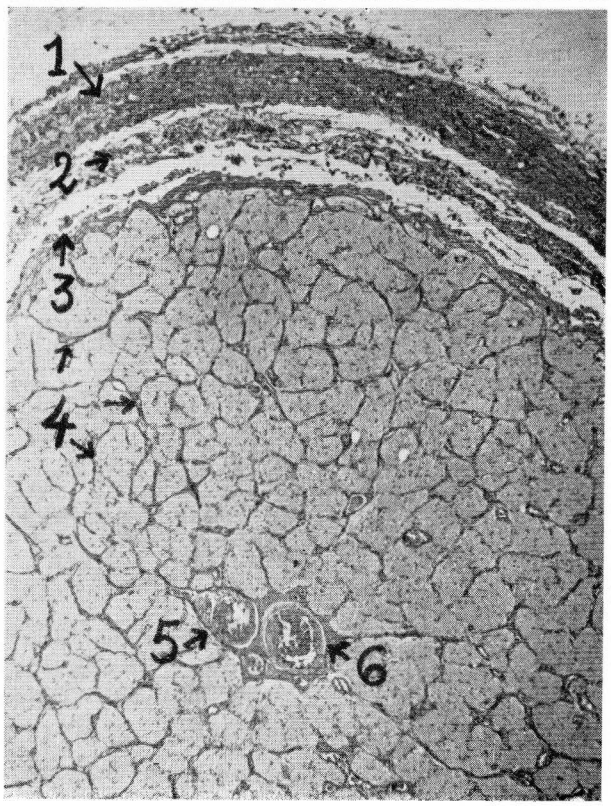


Papila del nervio óptico y estructuras vecinas: 1. Retina desprendida artificialmente. 2. Coroides. 3. Esclerótica. 4. Papila. 5. Lámina cribosa. 6. Duramadre. 7. Aracnoides. 8. Piamadre. 9. Nervio óptico. 10. Vasos centrales. (Pequeño aumento. H & E).

Figura 16

Papila y origen del nervio óptico teñidos con Weil para mielina. Las fibras nerviosas están rodeadas de mielina por atrás de la lámina cribosa y desprovistas de mielina en la papila. (Pequeño aumento).

Figura 17



Corte transversal del nervio óptico: 1. Duramadre. 2. Aracnoides. 3. Piamadre. 4. Tabiques piales. 5. Vena central. 6. Arteria central. (Pequeño aumento. H & E).

IV. Nervio óptico:

Las fibras nerviosas, que en la retina y papila son amielínicas, se rodean por detrás de la lámina cribosa de una vaina de mielina (fig. 16) y de elementos gliales (oligodendrocitos), existiendo también astrocitos y microglia. No hay vaina de Schwann. El nervio óptico no es por tanto un nervio periférico, sino un tracto del sistema nervioso central. Está rodeado por las meninges y espacio subaracnoideo procedentes del cerebro. La duramadre se continúa con la esclerótica (fig. 15) y la piamadre envía numerosos finos tabiques acompañados de vasos sanguíneos que se introducen al parénquima del nervio óptico, rodeando incompletamente a los fascículos de fibras nerviosas (fig. 17).

Además de las fibras aferentes procedentes de los fotorreceptores retinianos, el nervio óptico contiene algunas fibras eferentes cuya función aún no ha sido bien dilucidada.

En el adulto, la arteria y vena centrales atraviesan el nervio óptico para situarse en su centro, a unos 10 o 12 mm. por detrás del globo ocular.

El aparato dióptrico del ojo comprende todos los medios transparentes que debe atravesar la luz para estimular la retina. Ya se ha descrito la córnea, faltando estudiar las cámaras anterior y posterior ocupadas por el humor acuoso, el cristalino y el cuerpo vítreo.

V. Cámara anterior:

Es el espacio limitado por la superficie posterior de la córnea, la superficie anterior del iris y la base del cuerpo ciliar. Se comunica con la cámara posterior a través del orificio pupilar. En el ángulo formado por la córnea y la raíz del iris se encuentra el aparato trabecular que constituye la parte inicial del aparato de filtración por donde drena el humor acuoso.

VI. Cámara posterior:

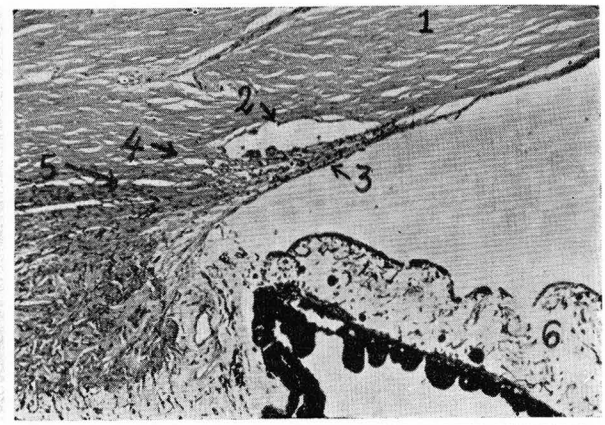
Está limitada por la superficie posterior del iris, por la superficie anterior del cristalino y la zónula, y en la periferia por los procesos ciliares.

Ambas cámaras contienen humor acuoso, que es un líquido tisular producido parcialmente por difusión de los capilares de los procesos ciliares y modificado por la secreción activa del epitelio ciliar. Desde la cámara posterior pasa por la pupila a la cámara anterior, siendo drenado al exterior del ojo a través del aparato de filtración. Cuando disminuye el filtrado por obstrucción de este aparato. se produce una elevación de la presión intraocular, que se conoce en la clínica con el nombre de glaucoma, capaz de ocasionar alteraciones retinianas con disminución de la capacidad visual y hasta ceguera. De ahí la importancia de estudiar detalladamente los diferentes componentes del aparato de filtración.

VII. Aparato de filtración:

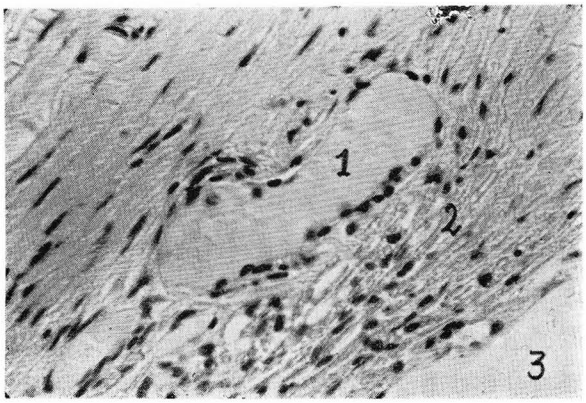
Se inicia, como ya se dijo anteriormente, en el ángulo de la cámara anterior (fig. 18) y está formado por el aparato trabecular, el conducto de Schlemm, 25 a 30 canales colectores y los plexos escleral profundo, intraescleral, epiescleral y conjuntival, este último tributario de las venas ciliares anteriores.

Figura 18



Angulo de la cámara anterior: 1. Córnea. 2. Conducto de Schlemm. 3. Trabéculo. 4. Espolón escleral. 5. Fibras longitudinales del músculo ciliar. 6. Iris. (Pequeño aumento. H & E).

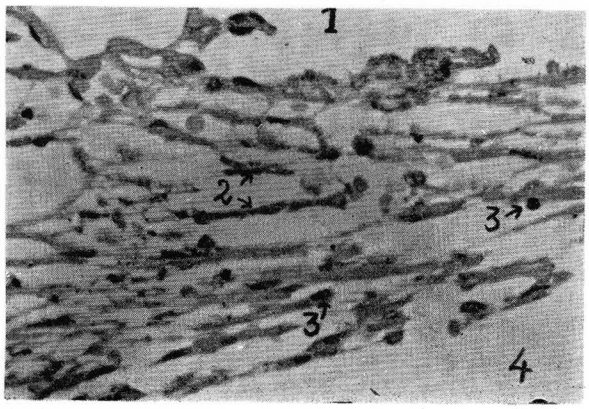
Figura 20



Conducto de Schlemm. 2. Trabéculo. 3. Cámara anterior. Mediano aumento. H & E).

a) Aparato trabecular: En los cortes meridionales presenta forma triangular con su base situada en el espolón escleral y el apex en la linea de Schwalbe. Consta de dos porciones, una uveal, formada de láminas de disposición meridional y otra esclerocorneal cuyas láminas son principalmente circunferenciales. Cada lámina está constituida de una parte central colágena, formada de fibrillas con una periodicidad de 640 Å, rodeada de una substancia fundamental amorfa con fibras con una periodicidad de 1000 Å, y revestida por un delicado endotelio con membrana basal muy fina (fig. 19). Entre las trabéculas hay espacios que comunican la cámara anterior con el conducto de Schlemm. El tejido trabecular adyacente a este conducto contiene un mucopolisacárido ácido sensible a la hialuronidasa.

Figura 19



Aparato trabecular: 1 Conducto de Schlemm. 2. Láminas. 3. Núcleo de célula endotelial. 4. Cámara anterior. (Gran aumento. H & E).

b) Conducto de Schlemm (fig. 20). Rodea al ojo por delante y afuera del espolón escleral. Su pared interna, en contacto con los espacios trabeculares, está constituida únicamente por endotelio. Su pared externa es más gruesa y está compuesta de un endotelio apoyado en una membrana basal desarrollada y un conjunto de fibras colágenas. En su pared externa se originan de 25 a 30 canales colectores que se anastomosan con el plexo intraescleral profundo. Desde aquí unas ramas se dirigen hacia las venas del cuerpo ciliar y otras hacia el plexo intraescleral.

Este se continúa con el plexo episcleral que está situado en la parte más externa del tejido escleral, lindando con el tejido subconjuntival. En cortes tangenciales se ve constituido por una red muy compleja de vasos sinusoidales que rodea por completo al globo ocular en la región del limbo esclerocorneal y esclerótica vecina (fig. 21). Este plexo vascular está situado en el seno de un tejido conectivo laxo rico en mucopolisacáridos ácidos, con numerosas células cebadas y fibras nerviosas libres (figs. 21 y 22).

VIII. Cristalino:

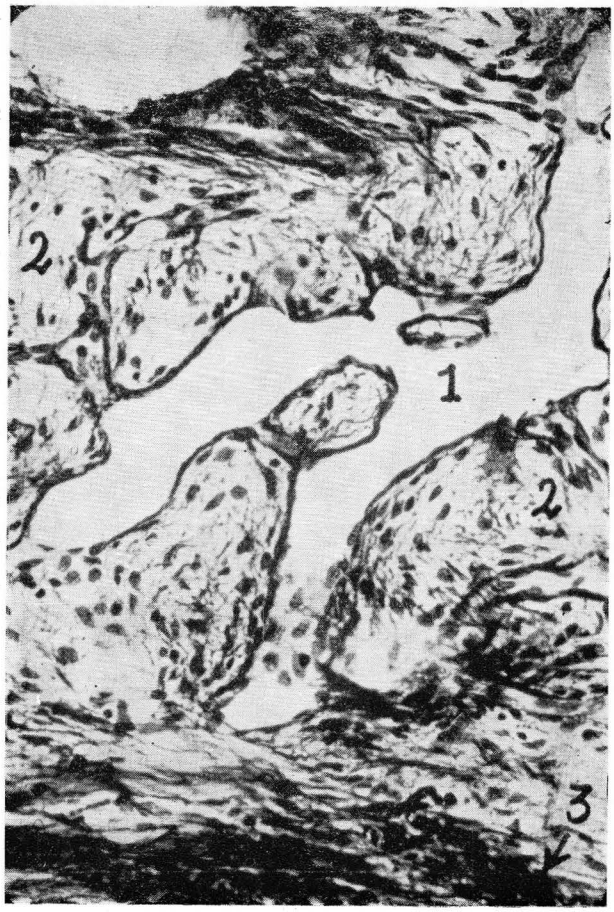
Es una lente biconvexa situada por detrás del iris, elástica, avascular, transparente y de origen ectodérmico. Está compuesta de una cápsula, un epitelio subcapsular y fibras (fig. 23).

Cuando se estudia la cápsula con el microscopio óptico se ve como una membrana anhista, la cual es más delgada en la superficie posterior del cristalino. Es intensamente positiva al ácido peryódico de Schiff y probablemente está compuesta por una proteína insoluble combinada a un polisacárido. El microscopio electrónico demuestra que tiene una estructura laminada.

Por dentro de la superficie anterior de la cápsula se encuentra el epitelio subcapsular, constituido por una hilera de células de aspecto cuboidal, con núcleos redondos. En el ecuador del cristalino estas células se alargan y sus núcleos se tiñen más intensamente. En cortes tangenciales las células tienen contorno pentagonal o hexagonal y se continúan con las fibras cristalinianas (fig. 24). Estas se diponen en capas. Las más externas constituyen la corteza del cristalino y las centrales el núcleo.

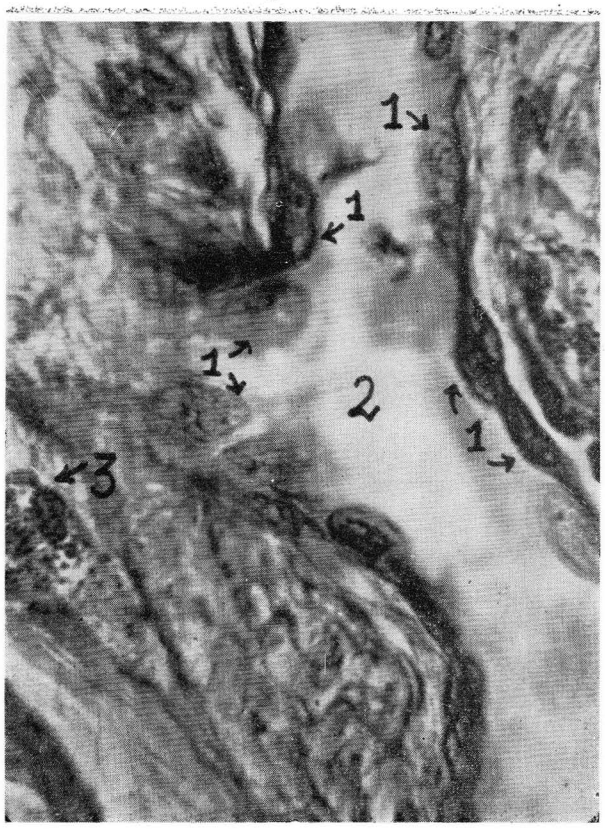
Entre las fibras hay escasa cantidad de substancia cementosa que permite ligeros movimientos de las fibras durante la acomodación. Las fibras superficiales, más jóvenes, tienen núcleo, el cual desaparece en las fibras centrales, más viejas. La conversión de las fibras corticales blandas en la estructura compacta del núcleo del cristalino es un proceso continuo durante toda la vida. Las fibras situadas en puntos opuestos del ecuador se reúnen en los polos del cristalino dando lugar a suturas en forma de Y, de las cuales la correspondiente a la

Figura 21



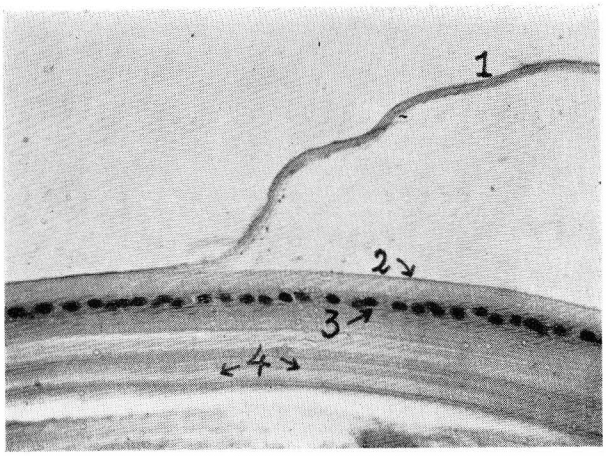
Plexo epiescleral en corte tangencial: 1. Vasos sinusoidales. 2. Tejido conectivo laxo. 3. Esclerótica. (Mediano aumento. Tricrómico de Masson).

Figura 22



Plexo epiescleral: 1. Núcleos de células endoteliales. 2. Luz del vaso sinusoidal. 3. Célula cebada. (Gran aumento. Tricrómico de Gallego).

Figura 23



Cristalino: 1. Fibra de la zónula. 2. Cápsula. 3. Epitelio subcapsular. 4. Fibras corticales. (Mediano aumento. H & E).

superficie anterior está en posición derecha, mientras que la de la superficie posterior está en posición invertida.

El cristalino se encuentra suspendido del cuerpo ciliar por un sistema de fibras que recibe el nombre de zónula. Las fibras se extienden desde el epitelio ciliar, entre los procesos ciliares o a los lados de ellos y desde la pars plana, (fig. 23) hasta la cápsula del cristalino donde se insertan tangenciamente.

IX. Cuerpo vítreo:

Es un gel transparente que ocupa el espacio retrocristaliniano. Es esferoidal, con una depresión anterior para alojar la convexidad posterior del cristalino. Está adherido al epitelio ciliar especialmente en la región de la ora serrata y en su porción posterior alrededor de la papila óptica. Está atravesado en sentido anteroposterior por el conducto hialoideo o de Cloquet y se halla rodeado por una condensación fibrilar que constituye la llamada membrana hialoidea la cual contiene al humor vítreo.

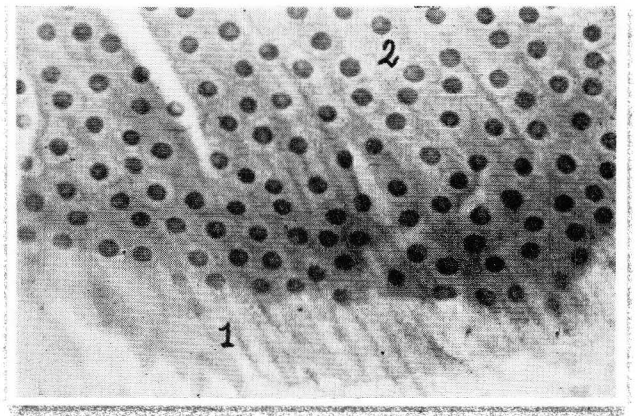
El microscopio electrónico permite comprobar que el cuerpo vítreo está constituido por láminas entrelazadas formadas por filamentos colágenos de 200 a 250 Å de grosor con una periodicidad axial de 220 Å. (fig. 25). Los filamentos colágenos son tan finos que no pueden verse con el microscopio de luz, y aún cuando se reúnen en haces más gruesos es todavía difícil demostrarlos por medio de los métodos histológicos ordinarios. Los espacios que quedan entre los filamentos están ocupados por mucoproteínas altamente hidratadas. Mediante métodos histológicos apropiados se puede demostrar la presencia de abundante ácido hialurónico. En la parte superficial del cuerpo vítreo existen algunas células aplanadas cuya función no es bien conocida, aunque algunos autores les atribuyen una función fagocitaria y otros la capacidad de elaborar ácido hialurónico.

X. Anexos del ojo:

Son diversas estructuras cuya función primordial es de protección del globo ocular.

A) Conjuntiva. Es una membrana mucosa que recubre la superficie posterior de los párpados y la superficie anterior del globo ocular con excepción de la córnea. Está tapizada en casi toda su extensión por dos o más capas de células cilíndricas y solamente en el borde palpebral y cerca del limbo, el epitelio se hace plano estratificado. Las células basales son cilíndricas y cerca del limbo pueden contener granulaciones de melanina. En las capas superficiales hay un número variable de células caliciformes secretoras de moco. El tejido conectivo subepitelial es denso y delgado sobre la lámina tarsal y laxo y grueso en el fornix y sobre el ojo. En el limbo forma papilas semejantes a las de la der-

Figura 24



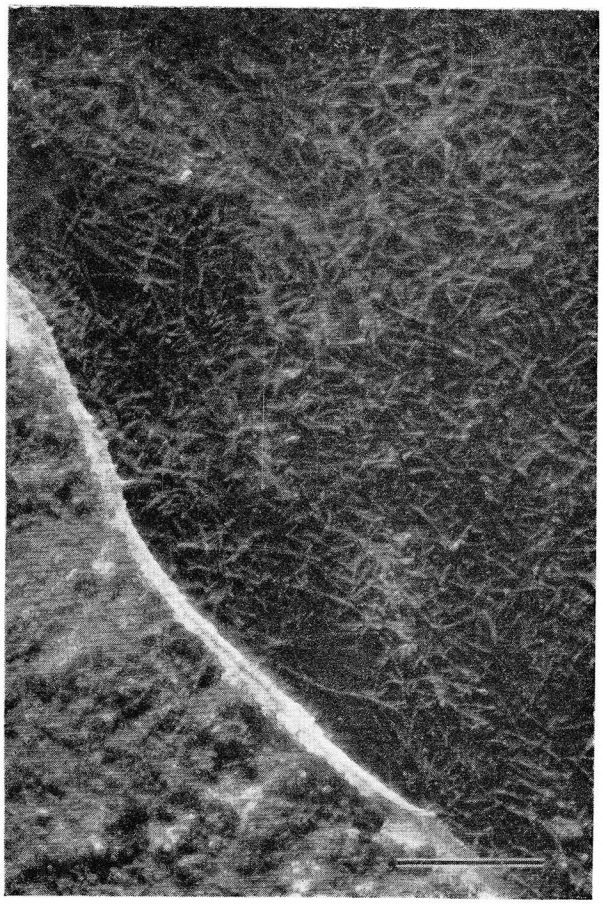
Cristalino: 1. Corte tangencial de las células del epitelio subcapsular. 2. Núcleos. (Gran aumento. Tricrómico de Masson).

mis. Contiene linfocitos que pueden llegar a constituir folículos sobre todo en los fondos de saco. El epitelio en estas regiones presenta repliegues profundos conocidos como pseudoglándulas de Henle. Además, en el tejido conectivo subepitelial hay glándulas lagrimales accesorias, llamadas de Krause, las situadas en los fornix superior e inferior, y de Wolfring, las situadas junto al borde superior de la lámina tarsal del párpado superior.

El pliegue semilunar es un repliegue de la conjuntiva bulbar situado en el canto interno, entre la carúncula y el globo.

La carúncula está formada por otro repliegue en el canto interno. Es un elemento de transición que contiene elementos de membrana mucosa y cutáneos.

Figura 25



Micrografía electrónica que muestra los delicados filamentos colágenos del vítreo (Cortesía del Dr. Ben S. Fine: New and Controversial Aspects of Retinal Detachment. Harper & Row, Nueva York, 1968).

Figura 26

Párpado superior: 1. Piel. 2. Glándulas de Moll. 3. Músculo. 4. Glándula de Meibomio. 5. Conjuntiva. (Pequeño aumento. H & E).

B) Párpados: tanto el superior como el inferior tienen una estructura histológica semejante. Se distinguen de delante a atrás las siguientes capas: (fig. 26).

a) Piel. Es muy fina, presenta numerosos pelos finos con glándulas sebáceas anexas y glándulas sudoríparas pequeñas. Las células de la capa basal contienen una cantidad variable de pigmento melánico y en la dermis hay melanóforos, fibras colágenas, reticulares y elásticas, así como fibras nerviosas y vasos sanguíneos.

b) Tejido celular subcutáneo. Es muy laxo y contiene escasa cantidad de grasa.

c) Capa muscular. Está constituida fundamentalmente por el músculo orbicular, cuyas fibras estriadas presentan una disposición circular en torno

Figura 27

Glándula lagrimal. (Mediano aumento. H & E).

a la hendidura palpebral. En el párpado superior existen además las fibras terminales del elevador del párpado y ambos párpados contienen las fibras lisas del músculo de Müller.

d) Capa submuscular. Está constituída por tejido conectivo muy laxo que contiene los nervios principales del párpado.

f) Capa figrosa. Consiste en una placa de tejido colágeno denso con fibras elásticas que forma la lámina tarsal, en cuyo seno están alojadas las glándulas de Meibomio (sebáceas modificadas) cuyos conductos excretores se abren en el borde palpebral.

f) Mucosa conjuntival. Corresponde a la conjuntiva palpebral que ya ha sido descrita previamente.

En el borde libre de los párpados se encuentran las pestañas, pelos rígidos desprovistos de músculo erector, con glándulas sebáceas anexas llamadas de Zeis. Además cerca del borde libre se encuentran las glándulas apocrinas de Moll.

C) Aparato lagrimal. Comprende la glándula lagrimal y las vías lagrimales.

a) La glándula lagrimal está situada en el borde superoexterno de la órbita ósea y el músculo elevador del párpado la divide en una porción orbitaria profunda y una porción palpebral superficial. Es de tipo seroso, túbuloalveolar compuesta, con células mioepiteliales prominentes. Tiene de diez a doce conductos excretores que se abren en forma aislada en el fornix superior (fig. 27).

b) Las vías lagrimales están formadas por los puntos lagrimales, los conductillos lagrimales, el saco lagrimal y el conducto nasal.

Los puntos lagrimales están situados en el borde libre, a unos seis milímetros del ángulo interno, uno en el párpado superior y otro en el inferior. Cada punto lagrimal se encuentra en una pequeña elevación llamada papila lagrimal.

Los conductillos lagrimales convergen en la pared externa del saco lagrimal. Este se aloja en la pared externa de unguis y su extremo inferior se continúa con el conducto nasal el cual se abre en la parte anterior de la pared externa del meato inferior de las fosas nasales. Los puntos y los conductos lagrimales están revestidos de epitelio plano estraficado no queratinizado y el saco y el conducto lagrimal se hallan tapizados por dos capas de epitelio cilíndrico con células caliciformes.

REFERENCIAS

1. ASHTON, N.: *Anatomical study of Schlemm's canal and aqueous veins by means of neoprene casts.* Parte I. 35: 291, 1951. Parte II. *Aequeous veins* (continuación). Brit. J. Ophthal. 36: 265, 1952.

2. BAR, G. F.: *Investigation of the lamellar structure of the lens capsule by electron microscopy.* Graefe Arch. Ophthal. 155:635, 1954.

3. DE ROBERTIS, E.: *Morphogenesis of the retinal rods; an electron microscope study.* J. Biophys. Biochem. Cytol. 2: 209, 1958.

4. DE ROBERTIS, E. y FRANCHI, C. M.: *Electron microscope observations on synaptic vesicles in synapses of the retinal rods and cones.* J. Biophys. Biochem. Cytol. 2: 307, 1956.

5. BE BLUEN, S.: *Sobre la estructura histológica de la lámina cribosa.* An. Soc. Mex. Oftal. 33: 18, 1960.

6. DE BUEN, S.: *Contribución al conocimiento del plexo epiescleral en el aparato de filtración del ojo humano. Su importancia en relación con el glaucoma.* Gac. Méd. Méx. 96: 135, 1966.

7. DE BUEN, S.: *Nuevos datos sobre la histología y probable funcionamiento del plexo episcleral del ojo humano. Su relación con el glaucoma.* An. Soc. Méx. Oftal. 38: 121, 1965.

8. FINE, B. S., y TOUSIMIS, A. J.: *The structure of the*

vitreous boby and the suspensory ligament of the lens. Arch. Ophth. 65: 95, 1961.

9. FLOCKS, M.: *The anatomy of the trabecular meshwork as seen in tangential section.* Arch. Ophth. 56: 708, 1965.

10. GARRON, L. K., y FEENEY, M. L.: *Electron microscopic studies of the human eye. II Study of the trabeculas by light and electron microscopy.* Arch. Ophth. 62: 966, 1959.

11. HOLMBERG, A.: *The ultraestructure of the capillaries in the ciliary boby.* Arch. Ophth. 62: 949, 1959.

12. HOUSSAY, B.: *Fisiología Humana.* 3a. ed. (reimpr.). El Ateneo, Buenos Aires, 1955.

13. JAKUS, M. A.: Acta XVII Conc. Ophth., 1954.

14. JAKUS, M. A.: *Further observations on the fine structure of the cornea.* Invest. Ophthal. 1: 202, 1962.

15. POLYAK, S.: *The retina.* Ed. Univ. of Chicago Press. Chicago, 1941.

16. REBOLLO, M. A.: Histología. 2a. ed. Inter-Médica, Buenos Aires, 1966.

17. SJOSTRAND, F. S.: *The ultrastructure of the outer segments of rods and cones of the eye as revealed by the electron microscope.* J. Cell. Comp. Physiol. 42: 15, 1953.

18. SJOSTRAND, F. S.: *The ultrastructure of the inner segments of the retinal rods of the guinea pig eye as revealed by the electron microscope.* J. Cell. Comp. Physiol. 42: 45, 1953.

19. THEOBALD, G. D.: *Further studies of the canal of Schlemm; Its anastomo es and anatomic relations.* Am. J. Ophth. 39: 65, 1955.

20. TOUSIMIS, A. J. y FINE, B. S.: *Ultraestructure of the iris; An electron microscopic study.* Am. J. Ophth. 48: 397, 1959.

21. TOUSIMIS, A. J. FINE, B. S.: *Electron microscopy of the pigment epithelium of the iris.* En SMELSER, G. K.: *The Structure of the Eye.* Academic Press Inc., Nueva York. 1961.

22. ZIMMERMAN, L. E.: *Demonstration of hyaluronidase-sensitive acid mucopolysaccharide. In trabecula and iris in routine paraffin sections of adult human eyes. A preliminary report.* Am. J. Ophth. 44: 1, 1957.