

1. Embriología y anatomía del ángulo camerular

Embriology and anatomy of the chamber angle

M. Quintana Casany

Ex Presidente de la Societat Catalana d'Oftalmologia (SCOFT).

Correspondencia:

Manuel Quintana Casany

E-mail: mqcasany@gmail.com

Embriología

A partir del segundo mes de vida intrauterina podemos apreciar un esbozo de lo que será el ángulo camerular. Observamos que se ha producido completamente la dehiscencia del cristalino y que los tejidos de protección (córnea y esclera) están ya bastante desarrollados. Entre la vesícula óptica (futura retina, cuya capa externa pigmentada está ya claramente definida) y la córneo-esclera se aprecia un tejido más laxo, que será la futura úvea y del que se desprenden capilares destinados a la alimentación del cristalino (túnica vascular *lenticis*). Este tejido acompañará a la vesícula óptica en su progresión centrípeta para formar la futura pupila, y constituirá el estroma iridiano (Figura 1 y Figura 2).

También en esta fase cabe observar que el endotelio corneal se continúa con el mencionado tejido e incluso tapiza en cierto modo el ángulo que se formará al avanzar el iris hacia el centro. En un momento determinado, hacia el cuarto mes, esta continuidad del endotelio se rompe (teoría del clivaje) para poder dar paso al acuoso que empieza a formarse (Figura 3, Figura 4, Figura 5 y Figura 6).

A finales del quinto mes, y ya definitivamente en el sexto, las estructuras del ángulo están desarrolladas (Figura 7, Figura 8, Figura 9 y Figura 10). Si este tejido mesodérmico no se atrofia, podremos encontrarnos ante un glaucoma congénito. De todas



Figura 1. Embrión de 9 semanas. Párpados cerrados. Córneo-esclera constituida, así como el cristalino. La vesícula óptica (retina) se halla a nivel de la periferia de la córnea. Se aprecia un tejido mesodérmico laxo entre la retina y la cubierta ocular.

formas, la persistencia de tejido embrionario no presupone que sea impermeable al acuoso. En ocasiones lo es parcialmente, lo que se denomina “glaucoma juvenil disgenético”. Finalmente, no deben confundirse los llamados “procesos del iris” (Figura 11), que son aislados, pigmentados y que proceden del iris, con el tejido embrionario del glaucoma congénito, que tapiza todo el ángulo de manera continua.

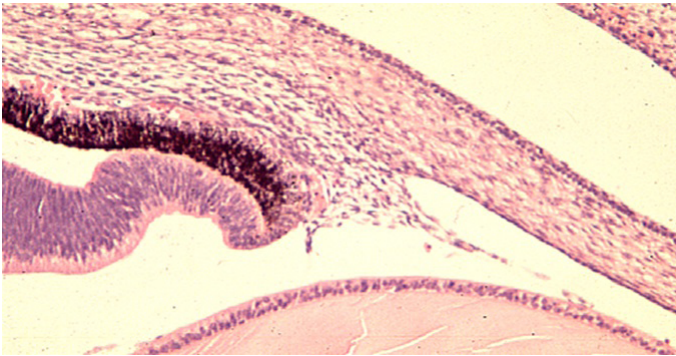


Figura 2. Mismo corte a mayor aumento. Obsérvese la formación de la parte anterior de la túnica vasculosa lentis.

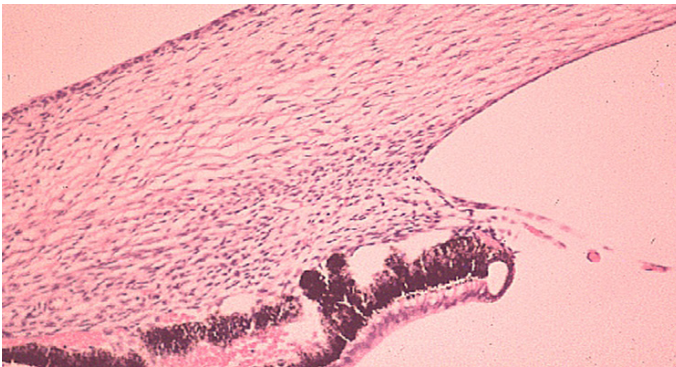


Figura 3. Embrión de 10 semanas. Hay un esbozo de ángulo, tapizado por el endotelio, que parece continuarse con el futuro iris. La retina empieza a avanzar hacia el centro. Obsérvese el llamado anillo retiniano de Von Szily. Empieza el plegamiento retiniano que dará origen a los procesos ciliares.

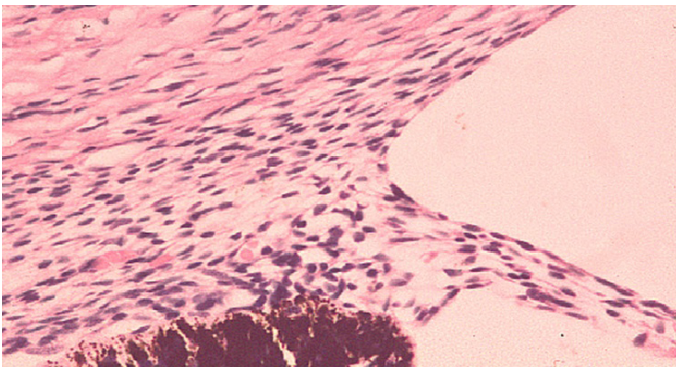


Figura 4. Embrión de 11 semanas. El endotelio, el tejido uveal y la túnica vasculosa parecen ser el mismo tejido en este momento evolutivo. El endotelio parece tapizar el tejido angular y continuar hacia el iris.

Anatomía

La evacuación del humor acuoso hacia la circulación general se efectúa a través del sistema trabecular, situado en el lado córneo-escleral del ángulo camerular. Otras vías de elimina-

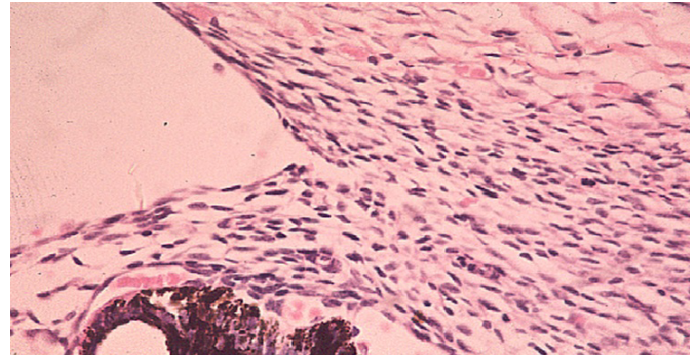


Figura 5. Embrión de 12 semanas. La continuidad se rompe. Obsérvese al anillo de Von Szily, que avanzará hacia el centro arrastrando consigo el estroma iridiano.

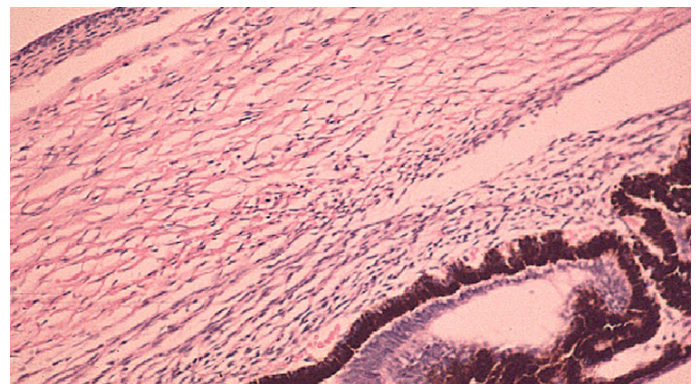


Figura 6. Hacia el cuarto mes es muy evidente la hendidura que se forma entre la córneo-esclera y la úvea. La formación de los procesos ciliares ya es evidente.

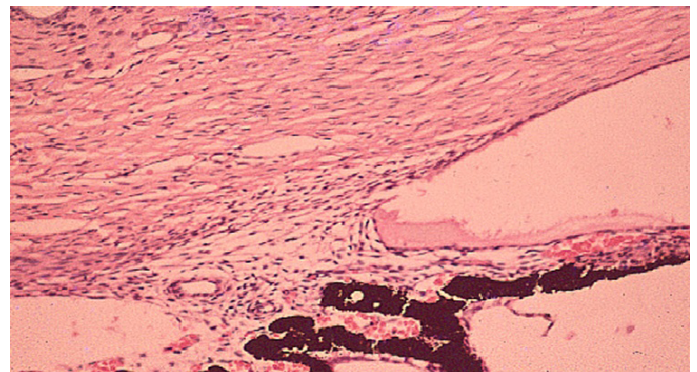


Figura 7. Quinto mes. Se han formado los procesos ciliares y el iris. Incluso puede verse el musculo ciliar. Hay un tejido laxo que ocupa el ángulo. Este tejido debe desaparecer, o por lo menos hacerse permeable al humor acuoso.

ción (cuerpo ciliar) son de menor trascendencia. La Figura 12 muestra una imagen del aparato de filtración. Éste consiste en una serie de láminas de colágeno, fenestradas y tapizadas por células de estirpe endotelial, que se extiende entre la línea

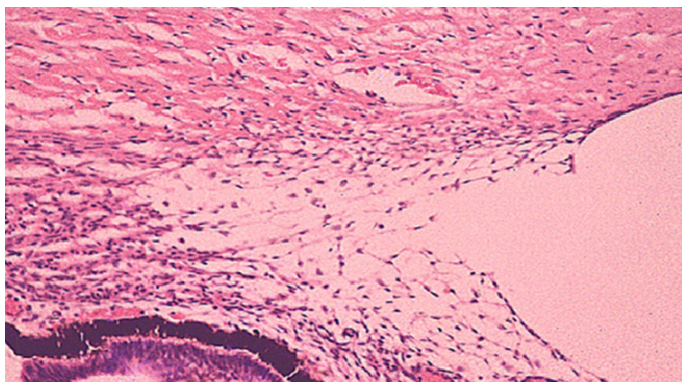


Figura 8. Sexto mes. Se aprecia perfectamente la rarefacción del tejido angular, así como la pérdida de solución de continuidad del endotelio con la raíz del iris.

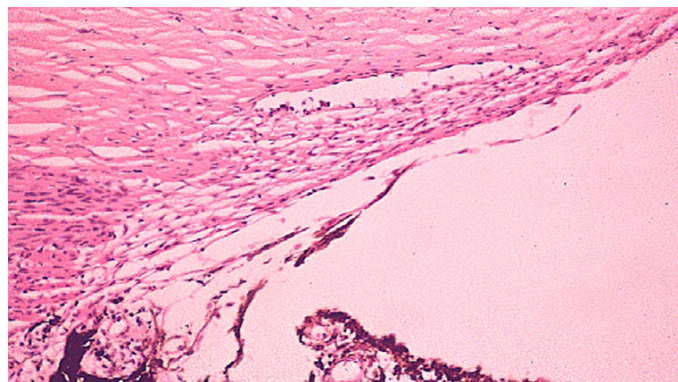


Figura 11. Globo con 6 meses de edad. Ejemplo de los llamados procesos ciliares, diferentes del tejido embrionario persistente. Proceden de la raíz del iris y son pigmentados. En la gonioscopia son discontinuos, mientras que el tejido disgenético del glaucoma es continuo.

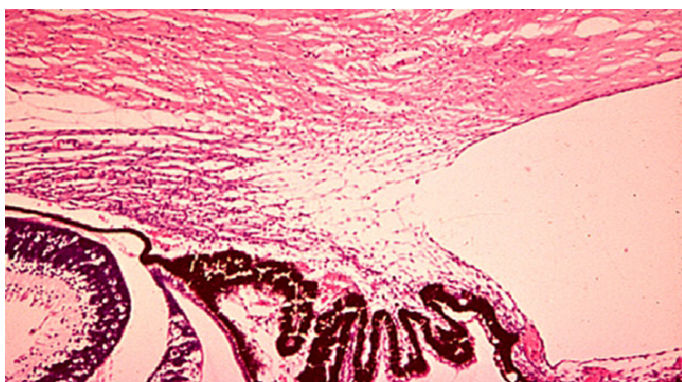


Figura 9. Idéntica imagen en otro feto. Procesos ciliares e iris ya formados. También el músculo ciliar. Nótese la periferia de la retina (pliegue de Lange), que persiste hasta el final de la gestación.

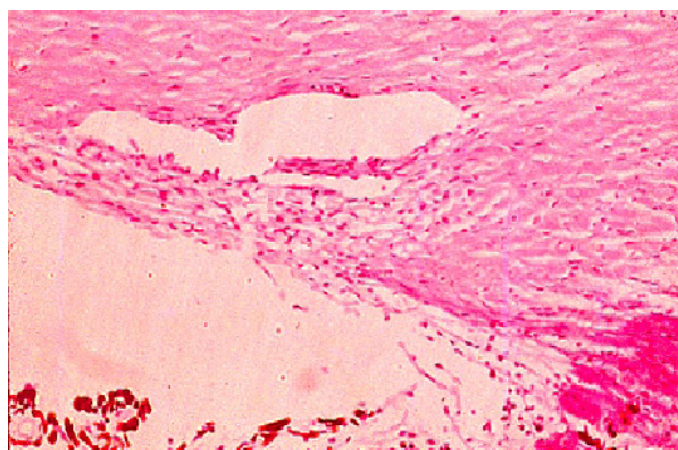


Figura 12. Ángulo camerular. Nótese la inserción del músculo ciliar en el espolón y su continuación por la parte superficial del *trabeculum*. El canal de Schlemm es de sección irregular.

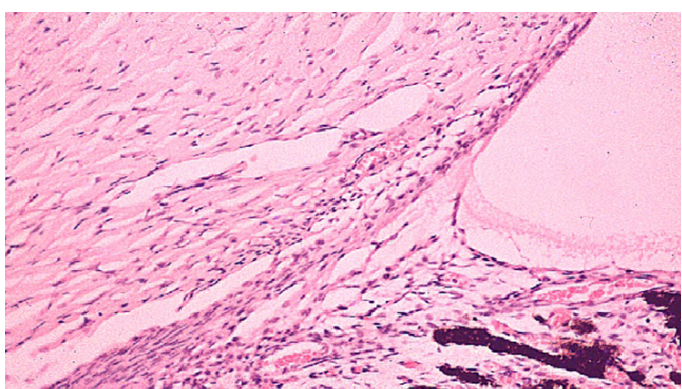


Figura 10. Octavo mes. El sistema trabéculo-canal de Schlemm y vasos intraesclerales es patente. En este caso hay todavía una línea celular que tapiza el ángulo, pero que debe ser permeable pues no se trata de un glaucoma congénito. Este caso demuestra la variabilidad entre distintos individuos. Si este tejido no fuese permeable, estaríamos hablando de una "membrana de Barkan".

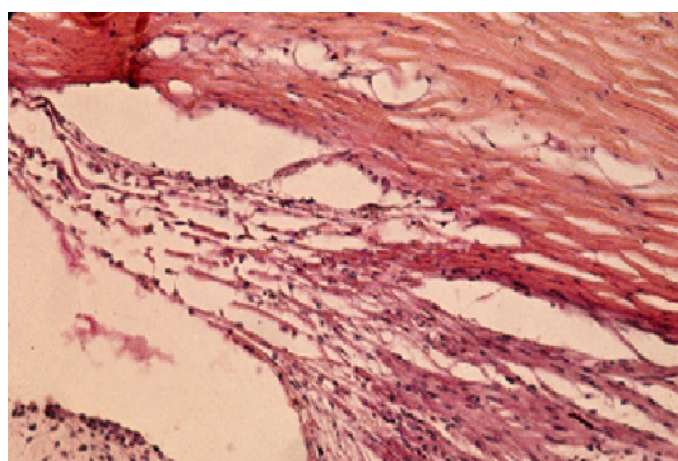


Figura 13. Inserción del músculo ciliar. Una parte del tendón de inserción se continúa con el *trabeculum* interior (*trabeculum uveal*).

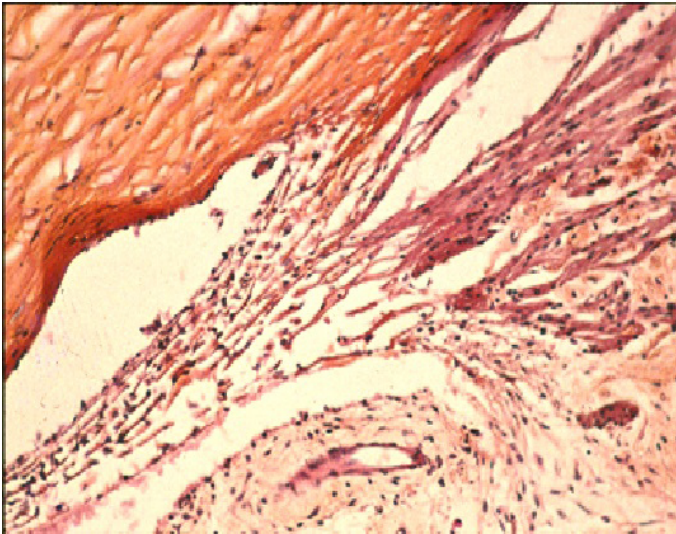


Figura 14. Se observan las mismas características. Es muy evidente la inserción de parte del músculo en el mismo *trabeculum*.

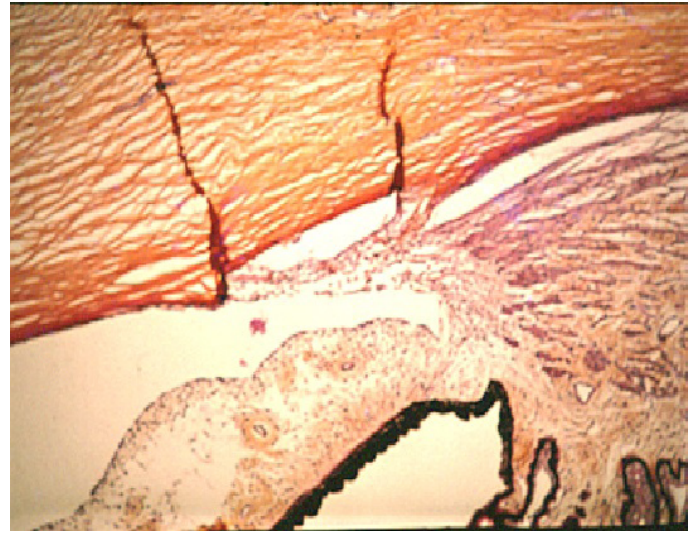


Figura 15. Nótese el espacio virtual supracoroideo.

de Schwalbe y el espolón escleral. Se distinguen dos tipos de *trabeculum*: el llamado “uveal”, más interno, de mallas más laxas y fenestraciones más amplias, que se extiende hacia el músculo ciliar longitudinal (Figura 13 y Figura 14) y que no interviene en la formación de resistencia a la salida de humor acuoso, y el llamado esclerocorneal, que llega hasta el mismo canal de Schlemm y sí tiene un papel regulador sobre el flujo de acuoso. Entre la parte más externa de este *trabeculum* y el canal de Schlemm hay una fina capa de tejido mucoproteínico denominado tejido yuxtacanalicular (o lámina cribiforme). Se admite que la mayor parte de la resistencia a la salida de acuoso se ejerce en esta zona, donde también hay células (trabeculocitos) de tipo fibroblástico. Este tejido se halla en íntimo contacto con el endotelio del canal de Schlemm y parece tener una función de filtro. El transporte de acuoso hacia el canal se ejerce mediante vesículas transendoteliales. Es poco probable que haya transporte interendotelial, puesto que las células se hallan fuertemente unidas por una suerte de cemento.

La línea de Schwalbe marca el fin de la membrana de Descemet. En realidad debería llamarse anillo de Schwalbe, pues consiste en fibras colágenas dispuestas circunferencialmente demarcando el limbo córneo-escleral. A su vez, el espolón escleral es también circunferencial y está constituido igualmente por fibras colágenas. Así pues, el sistema consiste en dos anillos sólidos entre los que se extiende el *trabeculum*. Es importante

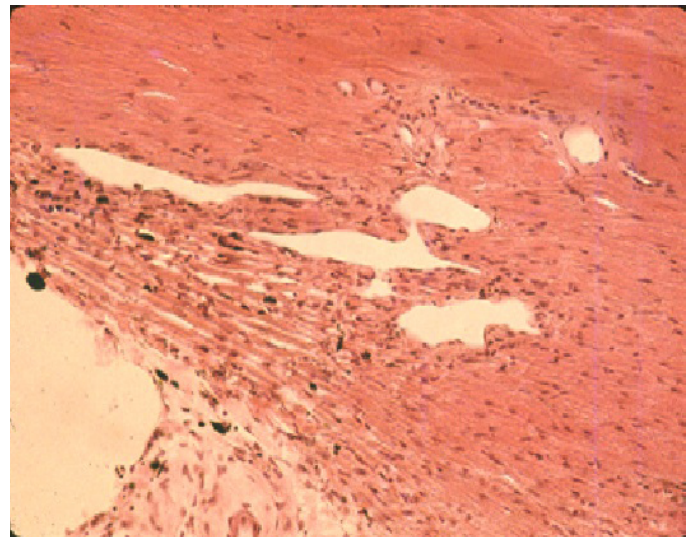


Figura 16. Nótese la irregularidad del canal de Schlemm. Hay pigmento en el *trabeculum*, que aparece aumentado de grosor.

tener en cuenta el papel del músculo ciliar longitudinal, pues se inserta en el espolón escleral pero también en la línea de Schwalbe, puesto que el *trabeculum* uveal viene a ser como una prolongación, un tendón de inserción, del músculo ciliar. Por lo tanto, la contracción de este músculo moviliza todo el sistema trabecular; este es el mecanismo de acción de la clásica pilocarpina. En su día se demostró que la desinserción del músculo desactivaba su efecto facilitador de la salida de

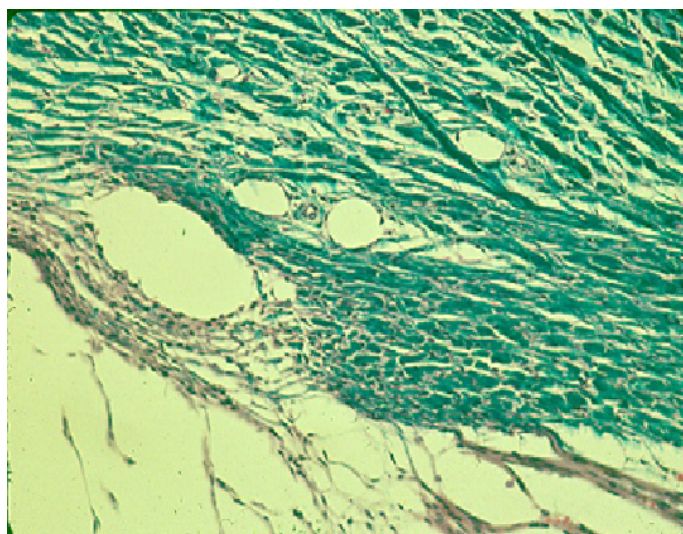


Figura 17. Coloración tricrómica para tejido conectivo. Espolón escleral. Inserción del músculo ciliar en el espolón y en el *trabeculum*. Canal de Schlemm regular. Plexo intraescleral de evacuación de acuoso.

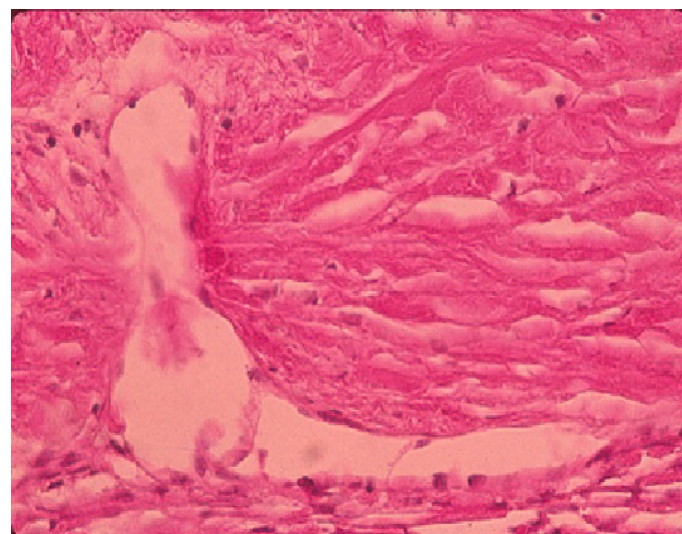


Figura 19. Canal de Schlemm con salida hacia los colectores intraesclerales.

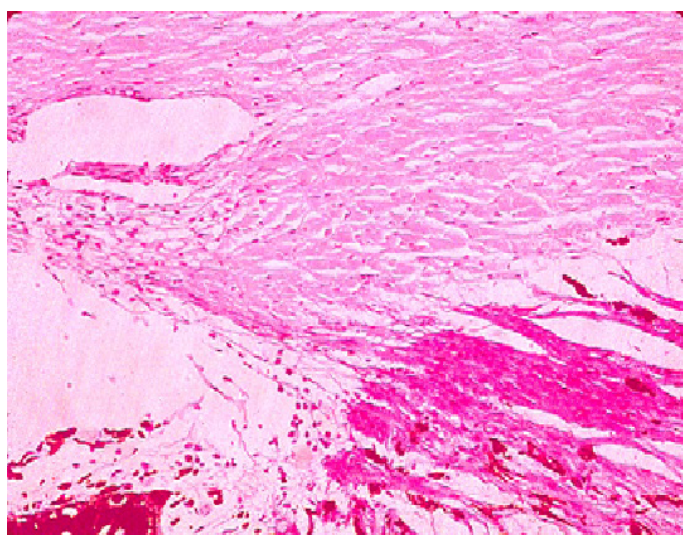


Figura 18. Inserción del músculo ciliar en el espolón. Hay hematíes en el canal de Schlemm.

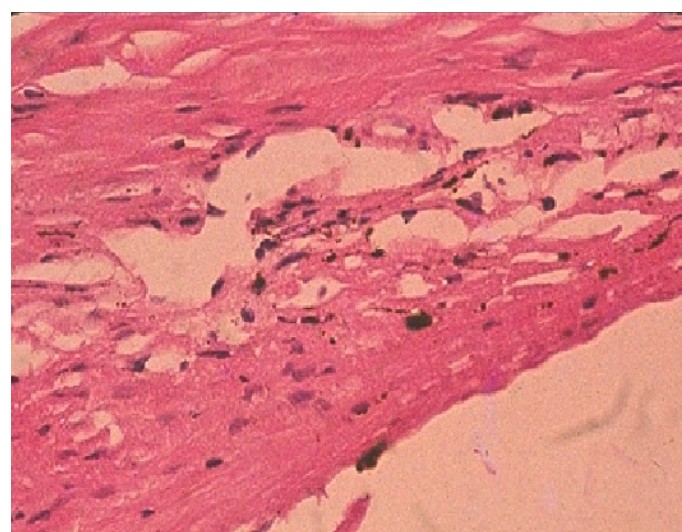


Figura 20. Glaucoma crónico avanzado. Se ha perdido la fenestración trabecular. Todo el tejido aparece como una masa uniforme, con pérdida de células y engrosamiento del tejido colágeno.

acuoso. Otro detalle a destacar sobre el músculo ciliar es que sólo se inserta en el espolón; el resto de músculo y de úvea se hallan en contacto y aposición con la esclera, pero no unidos a ella. Existe, por tanto, un espacio virtual que puede ser aprovechado quirúrgicamente. Esta es la idea de la antigua ciclodíálisis y de las actuales técnicas (*cy-pass*) de derivación del acuso al espacio supracoroideo (Figura 15).

El canal de Schlemm es una suerte de capilar linfático circunferencial. Su forma es irregular, con una sección no circular sino ovalada e inconstante (Figura 16 y Figura 17). Ello puede explicar las dificultades que siempre se han encontrado en las técnicas de cirugía canalicular o transtrabecular.

Finalmente, el acuoso que llega al canal sale de este a través de capilares colectores que lo llevan a la circulación intraescleral y epiescleral (Figura 18 y Figura 19. Se admite que la pared

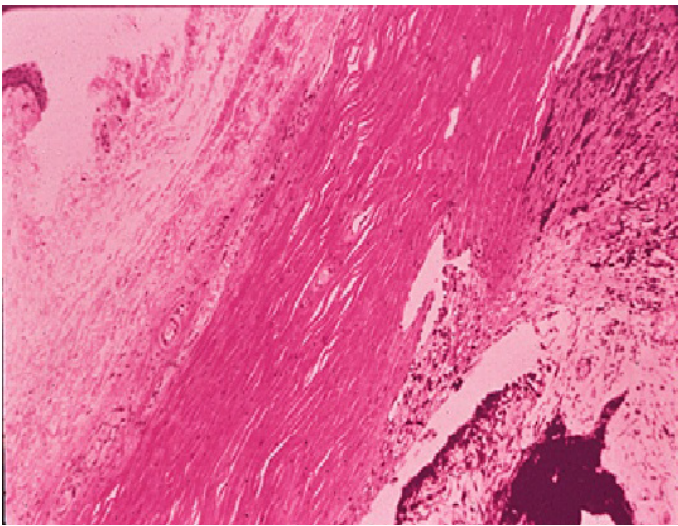


Figura 21. Glaucoma de ángulo estrecho. El receso angular se halla libre todavía. Nótese una vez más el calibre irregular del canal de Schlemm.

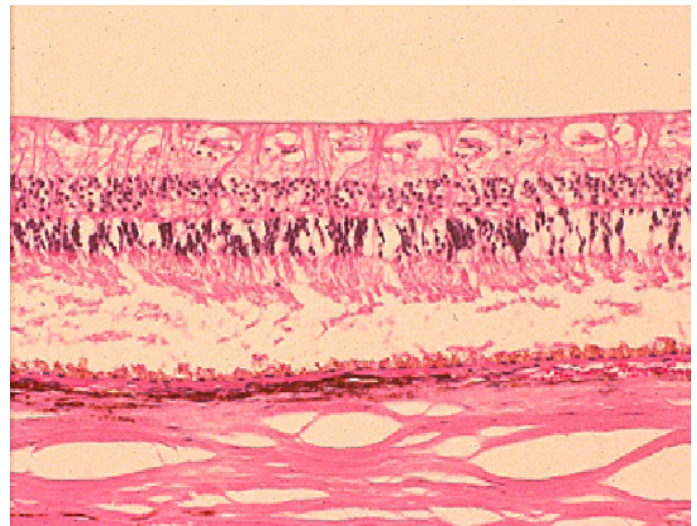


Figura 23. Atrofia de las capas internas de la retina.

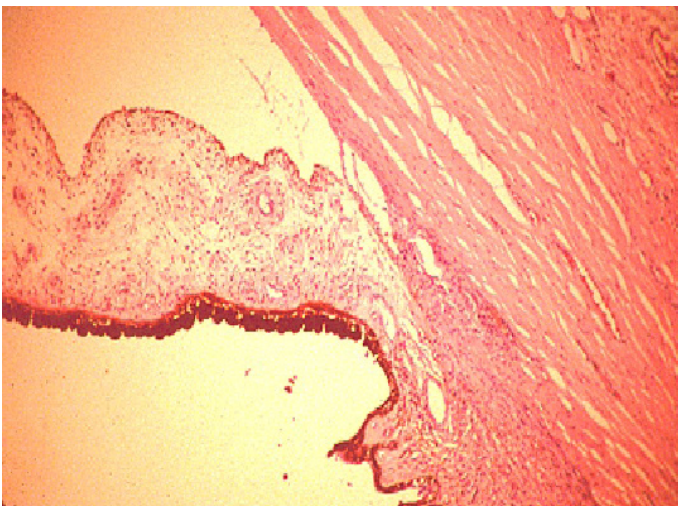


Figura 22. Iris en *plateau*. El iris no está abombado y la cámara anterior no es estrecha. Sin embargo, la raíz del iris está casi en aposición con el *trabeculum*.

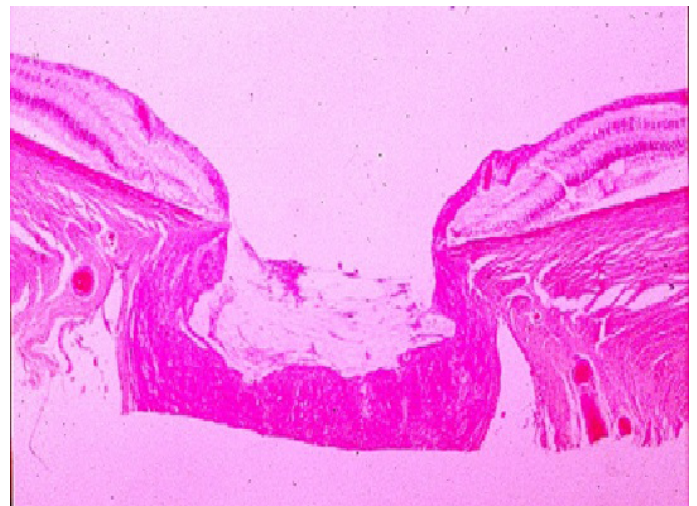


Figura 24. Excavación de la papila y abombamiento hacia atrás de la lámina cribosa.

externa del canal y los colectores carecen de influencia en la patogenia del glaucoma, teoría defendida por Krasnov en su día (la “sinusotomía” propuesta por este autor consistía en la escisión de la pared externa del canal).

En glaucomas avanzados, el *trabeculum* se muestra homogéneo y acelular. Las trabéculas parecen fusionarse (Figura 20).

El glaucoma de ángulo estrecho no presenta ninguna particularidad desde el punto de vista histológico (Figura 21). El

denominado “iris en *plateau*” se diferencia del ángulo estrecho en que la cámara anterior es de profundidad normal y en cambio la periferia del iris se halla casi en aposición con el *trabeculum* (Figura 22).

En el glaucoma avanzado se aprecia atrofia de las capas internas de la retina (Figura 23), así como una excavación característica de la papila (Figura 24, Figura 25 y Figura 26).

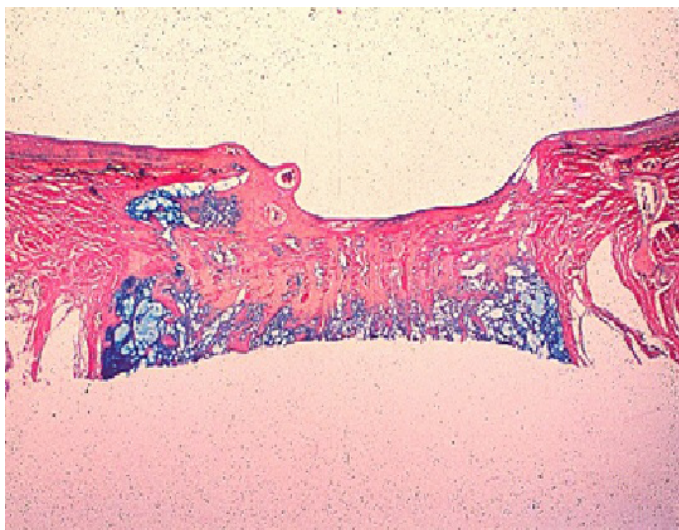


Figura 25. Excavación papilar. Tinción para mucopolisacáridos ácidos que evidencia su presencia en la porción retrolaminar.

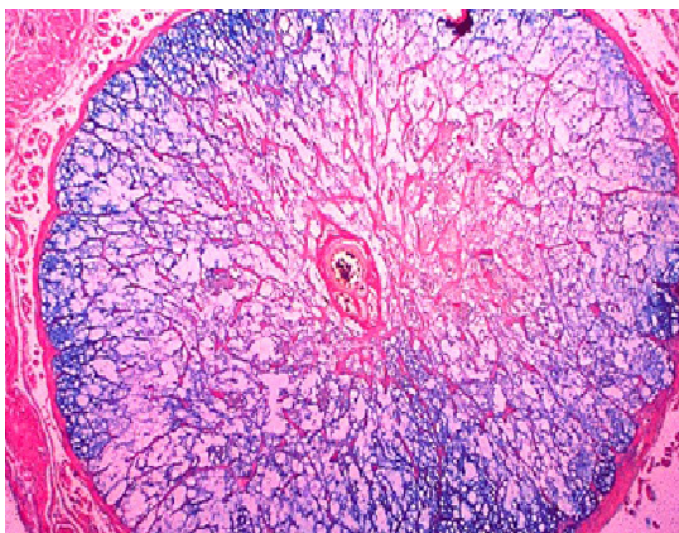


Figura 26. Sección transversal del nervio óptico. Misma coloración. Presencia abundante de ácido hialurónico.

Bibliografía recomendada

- Grierson I, Lee WR. Light microscopic quantitation of the endothelial vacuoles in Schlemm's canal. *Am J Ophthalmol.* 1977;84:234-46.
- Hogan MJ, Alvarado A. Ultrastructure of the deep corneolimbic region. *Doc Ophthalmol.* 1969;26:9-30.
- Jerndal T, Hanssen HA, Bill A. *Goniodysgenesis*. Copenhagen: Scriptor; 1978.
- Krasnov MM. Externalization of Schlemm's canal (sinusotomy) in glaucoma. *Br J Ophthalmol.* 1968;52(2):157-61.
- Overby DR, Bertrand J, Schicht M, Poulsen F, Starner WD, Lütjten, *et al.* The structure of the trabecular meshwork, its connection to the ciliary muscle and the effect of pilocarpine on outflow facility in mice. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2014;55:3727-36.
- Rosengren B. Sinusotomy according to Krasnov. *Trans Ophthalmol Soc U.K.* 1966;86:261-9.
- Saheb H, Ahmed II. Micro-invasive glaucoma surgery: current perspectives and future directions. *Curr Opin Ophthalmol.* 2012;23(2):96-104.