

El ojo: estructura y función

Dr. Enrique Graue Wiechers

CAPÍTULO

1

Párpados y conjuntiva • Aparato lagrimal

Capas del globo ocular: Túnica externa • Túnica media • Túnica interna

Contenido del globo ocular: Cámara anterior • Cámara posterior • Cristalino • Cámara vítrea

Vía óptica

PÁRPADOS Y CONJUNTIVA

Los párpados son pliegues cutáneos modificados que se continúan con el resto de la piel facial, y cuya función es proteger el globo ocular de los estímulos externos. El parpadeo es la función de los párpados y con él se distribuye y renueva la película lagrimal. Hay dos tipos de parpadeo: el reflejo y el voluntario; ambos se llevan a cabo gracias a las funciones de los músculos palpebrales por estimulación de los pares craneales. En forma espontánea se parpadea de cuatro a seis veces por minuto, y de manera refleja cuando existe algún estímulo sobre las pestañas o la superficie ocular. Tanto el párpado superior como el inferior son continuación de los tegumentos faciales; comienzan desde arriba en el borde inferior de las cejas y, desde abajo, en el surco palpebrogeniano. Los párpados se acercan hasta tocarse en cada parpadeo cubriendo el globo ocular. Este mecanismo de cierre se realiza de modo imperceptible desde la porción externa hacia la porción interna.

Los párpados cierran en forma de cremallera; este mecanismo les permite empujar la película lagrimal hacia el borde interno, haciendo llegar la lágrima al punto lagrimal (orificio de salida que se encuentra situado inmediatamente por detrás de la última pestaña interna), lo cual facilita la evacuación lagrimal.

Con los párpados abiertos, se observa un espacio libre que deja ver la porción externa del globo ocular. Esta abertura formada por los párpados se conoce como **HENDIDURA PALPEBRAL**.

Si se observa la hendidura palpebral de frente, se notarán dos cosas importantes: primero, que ambos párpados se unen nasalmente dejando entrever una estructura rojiza conocida como **CARÚNCULA**, situada en la unión palpebral interna; y segundo, que, en esta región, la unión nasal interna da un aspecto ojival a la hendidura. Este aspecto, que permite la observación de la carúncula, es normal en las razas caucásica, negra y cobriza, mientras que en la raza amarilla la unión interna de ambos párpados es más inferior; esto da un aspecto característico a los sujetos de esta raza.

Con la vista al frente y los párpados abiertos, en el párpado superior se nota un pliegue paralelo al borde libre del párpado; éste es el **SURCO PALPEBRAL**, y se forma en el sitio de unión del músculo elevador del párpado con las estructuras cartilaginosas y subdérmicas. Si se hace que el sujeto examinado cierre los párpados se observará que el surco desaparece por ausencia de tracción muscular.

Con los párpados cerrados se puede explorar el aspecto de la piel. Por debajo del surco y hacia el borde libre del párpado se apreciará que la piel es lisa, tiene vellos muy delgados y pierde su tersura a medida que se aleja hacia

el borde orbitario. Esta piel es muy delgada, tersa y difícil de sustituir.

Las pestañas deben examinarse cuando los párpados estén abiertos. Se hallan dispuestas en el borde libre del párpado en tres o cuatro hileras, miden de 8 a 12 mm y las superiores poseen una concavidad hacia arriba, mientras que las inferiores la tienen hacia abajo; esto permite que, al parpadear, las pestañas no entren en la hendidura palpebral ni rocen la superficie del globo ocular. En ocasiones esta disposición puede alterarse, de tal modo que las pestañas se dirijan hacia adentro y lastimen la superficie ocular. Esta entidad se conoce como distriquia y su tratamiento depende del número y disposición de las pestañas implicadas.

Los folículos pilosos de las pestañas se insertan en la piel del borde libre del párpado y son extraordinariamente sensibles. Las pestañas sirven para proteger el globo ocular de estímulos que puedan dañarlo; al tocarlas y estimular las terminaciones nerviosas en el folículo piloso se desencadena de inmediato el reflejo del parpadeo. Una de sus funciones secundarias es disminuir los reflejos causados por el sol. Alrededor de los folículos pilosos hay pequeñas glándulas sudoríparas conocidas como glándulas de Moll, que sirven para lubricar el tallo piloso.

En el borde libre del párpado, por detrás de las hileras de pestañas, hay una zona de transición dérmica: la piel se transforma de un epitelio escamoso queratinizado a uno estratificado no queratinizado; esta zona se conoce como línea gris. Por detrás de ella hay conjuntiva y, por delante, piel. Si se examina esta área con una lente de aumento, por detrás de la línea gris se observan unos pequeños orificios que a la presión expulsan una secreción oleosa de aspecto seroamarillento; éstos constituyen los orificios de salida de las **GLÁNDULAS DE MEIBOMIO** (glándulas tarsales), cuyo cuerpo está situado en el espesor del párpado, inmediatamente por delante del cartílago tarsal.

Las glándulas de Meibomio excretan constantemente una secreción sebácea que se mezcla con la lágrima y juntas crean una superficie oleosa que impide que la película lagrimal se evapore con facilidad. Su secreción, junto con aquella de las glándulas de Zeiss (glándulas sebáceas conjuntivales), contribuye también a dar textura y lubricación a las pestañas.

Las glándulas de Meibomio, más de 40 en total para cada uno de los párpados, por lo general se ocluyen e infectan, lo que la gente conoce como “perrilla”, y cuyo nombre correcto es orzuelo.

En un corte palpebral se encuentran, de afuera hacia adentro, epidermis, dermis, músculo orbicular, fibras del músculo elevador del párpado, glándulas de Meibomio, cartílago tarsal y conjuntiva tarsal (Fig. 1-1).

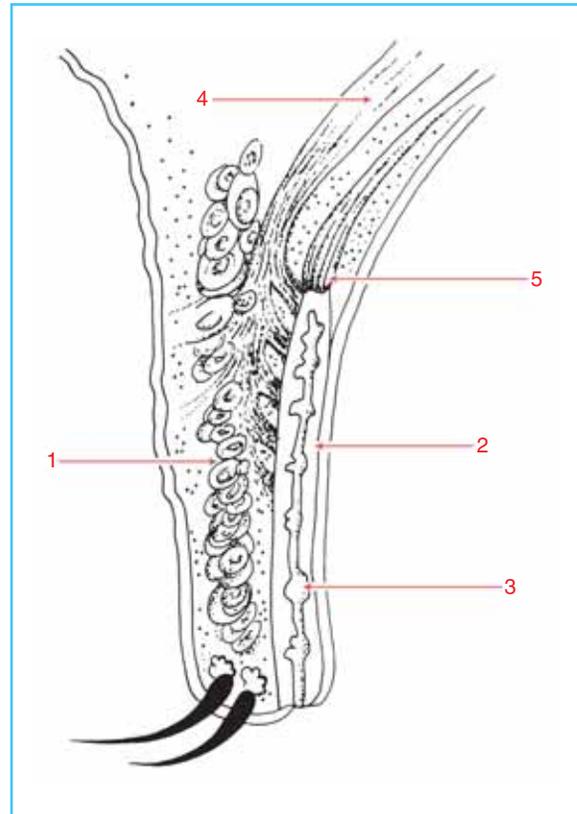


Fig. 1-1. Corte de un párpado. Se observan piel, músculo orbicular (1) y placa tarsal (2), y en ella los cuerpos de las glándulas de Meibomio (3); en la porción superior del tarso se insertan el músculo elevador (4) y las fibras del músculo de Müller (5).

El **MÚSCULO ORBICULAR** está comprendido en el espesor del párpado, justo por debajo de la dermis. Está compuesto por haces de fibras musculares en forma de anillo que nacen del músculo facial y se dirigen de manera concéntrica hacia el borde libre del párpado. Su porción más importante es la palpebral y en ella se monta sobre el cartílago tarsal. La contracción del músculo orbicular produce el cierre de los párpados, función del **VII PAR CRANEAL**. La parálisis del nervio facial da origen a una disfunción del músculo orbicular, lo que impide la oclusión palpebral. Cuando esto ocurre se habla de lagofthalmos, nombre que alude al lago de lágrima que se forma debido a un párpado flácido que al no cerrar acumula lágrimas.

La función del músculo orbicular puede evaluarse al sostener intencionalmente los bordes de los párpados, y al

mismo tiempo pedir al paciente que los ocluya; al hacerlo se nota la fuerza de contracción orbicular y se puede comparar con la del otro ojo.

Al efectuar esta prueba forzada se detecta que al tiempo que el paciente intenta cerrar los párpados, el ojo gira hacia arriba; éste es un reflejo condicionado conocido como fenómeno de Bell, que se ha desarrollado como protección para el globo ocular. Bell describió el cuadro clínico de la parálisis facial, por lo que ésta también se conoce como parálisis de Bell. Cuando hay una parálisis facial, debe buscarse el fenómeno de Bell, ya que de no existir, el paciente queda expuesto a problemas corneales; además, esto ha de registrarse como fenómeno de Bell negativo. Es necesario que el oftalmólogo tome medidas adicionales en tales casos.

Por debajo del músculo orbicular se encuentran las fibras del músculo elevador del párpado. Éste nace en el vértice de la órbita y se dirige hacia adelante acompañando en su trayecto al músculo recto superior. Por detrás de la inserción del recto superior, las fibras musculares del elevador del párpado penetran en el párpado, y pasan frente al cartílago tarsal para insertarse sobre la cara tarsal anterior y en la dermis (Fig. 1-2). La **FUNCIÓN DEL MÚSCULO ELEVADOR DEL PÁRPADO** está mediada por el **III PAR CRANEAL**. Por esta razón, la parálisis del nervio motor ocular común, aparte de las parálisis de los músculos extraoculares, produce ptosis palpebral.

Por debajo del músculo elevador del párpado nacen algunas fibras musculares que se dirigen al borde tarsal superior, donde se insertan. Estas fibras reciben el nombre de músculo de Müller y su función está mediada por inervación simpática. El músculo de Müller ayuda a mantener, durante el estado de alerta, la elevación palpebral. De ahí que en los síndromes donde se afecta el simpático, como en el síndrome de Horner, se presente ptosis incompleta.

Por detrás de las capas musculares se encuentra el tarso, el cual da consistencia a los párpados; es como su esqueleto. Está constituido por fibras de tejido conjuntivo muy apretadas entre sí, lo que le da consistencia cartilaginosa. El tarso superior mide aproximadamente 30 mm de largo × 10 mm de ancho y tiene una leve concavidad que permite al párpado adherirse bien a la superficie ocular.

El tarso inferior es más pequeño y en general menos importante. Ambos tarsos presentan extensiones fibrosas que los unen en las regiones lateral y medial con el borde orbitario. Estos ligamentos ayudan a mantener la posición palpebral.

Por detrás, el tarso se halla cubierto por la conjuntiva tarsal; ésta nace del borde libre, en la zona de transición. Ahí se convierte en un epitelio estratificado no queratinizado, con algunas células productoras de moco. La conjuntiva,

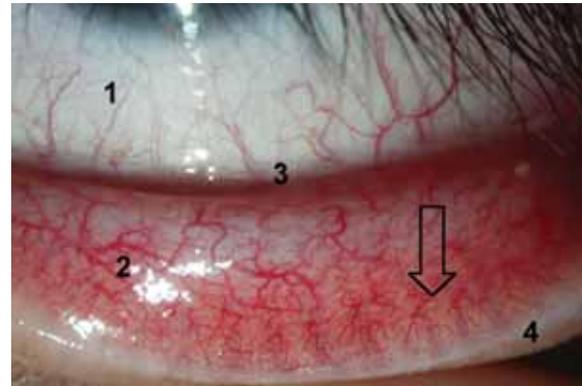


Fig. 1-2. Anatomía clínica de la superficie del ojo y de la cara interna de los párpados. 1. La conjuntiva que recubre la esclerótica es la conjuntiva bulbar. 2. La conjuntiva que recubre la cara interna de los párpados es la conjuntiva tarsal. 3. La reunión de la conjuntiva bulbar y tarsal se encuentra en los fondos de saco. La flecha señala unos cuerpos columnares de aspecto amarillento, que son las glándulas de Meibomius y que descargan su secreción en el borde palpebral (4).

en su capa profunda, se encuentra firmemente adherida al tarso.

Al dejar el cartílago tarsal, la conjuntiva pierde sus adherencias fibrosas y se torna laxa a medida que se acerca al fondo de saco, de donde se refleja para cubrir el globo ocular y se une con firmeza alrededor de la córnea. La conjuntiva que recubre el globo ocular se denomina **CONJUNTIVA BULBAR**.

Así, la conjuntiva tiene tres partes: una que recubre la porción posterior de los párpados o conjuntiva tarsal, otra que posee adherencias muy laxas para permitir el movimiento del ojo, y que es la de los fondos de saco, y por último la que recubre el globo ocular o conjuntiva bulbar.

En la región nasal, cerca de la unión con los párpados se encuentra un promontorio de color rojo amarillento de alrededor de 4 mm, al que se da el nombre de carúncula, que tiene algunos vellos y que está recubierta por mucosa; contiene algunas glándulas sebáceas y lagrimales accesorias. Desde la carúncula y hacia la conjuntiva bulbar se observa un pliegue enrojecido, que va de arriba hacia abajo y al que se conoce como repliegue semilunar, el cual se considera un remanente de la evolución filogenética del ser humano, ya que en ciertos mamíferos y aves se encuentra un párpado que cierra lateralmente y que se conoce como tercer párpado. La carúncula y el repliegue semilunar no tienen importancia práctica y no realizan función alguna en el aparato ocular.

APARATO LAGRIMAL

Se constituye de una parte secretora y una excretora. La función secretora la realizan la glándula lagrimal principal así como las glándulas accesorias. La glándula lagrimal principal se sitúa en la pared superotemporal e interna de la órbita; consta de dos lóbulos, uno ligado a la pared ósea y el otro cerca de la órbita. La glándula lagrimal principal secreta líquido a los fondos de saco superiores a través de túbulos que nacen de los acinos glandulares. El producto de la secreción es la lágrima. Ésta es el componente acuoso de la película lagrimal y está formada por agua y sustancias sólidas disueltas. El contenido sólido de la lágrima representa 1.8% del total de ésta, lo que le proporciona una constitución parecida a la de la solución salina. Los componentes sólidos más notables son cloruro de sodio, albúminas y globulinas. El pH lagrimal, aunque cambiante, es cercano a 7.3.

La **GLÁNDULA LAGRIMAL PRINCIPAL** produce la **SECRECIÓN REFLEJA**; su inervación está dada por fibras eferentes del VII par y por fibras aferentes del V par craneal, de tal manera que ante estímulos dañinos, irritativos y psicógenos, la glándula lagrimal principal es la que vacía su contenido sobre la superficie ocular.

Las **GLÁNDULAS LAGRIMALES ACCESORIAS** se sitúan en los párpados y fondos de saco, y reciben el nombre de **GLÁNDULAS DE KRAUSE Y WOLFRING**; son múltiples, 50 en cada ojo, y vierten su secreción de manera constante. Ésta se llama secreción lagrimal basal, y es la que mantiene húmeda la superficie ocular de manera continua.

Con cada parpadeo, la película lagrimal se distribuye y reforma sobre la superficie, ya que el menisco lagrimal se acerca al aparato excretor de la lágrima, renovándose aquél de modo constante; a ello contribuyen los distintos componentes de la lágrima (cap. 11).

El aparato excretor de la lágrima comienza a unos 4 mm del límite interno de los párpados; ahí se localizan dos pequeños orificios de aspecto ovalado, uno en el párpado superior y otro en el inferior, los cuales se conocen como **PUNTOS LAGRIMALES**. Éstos son espacios que se comunican con conductillos por los que se excreta la lágrima, llamados **CONDUCTOS LAGRIMALES**. Ahí la lágrima es conducida hacia un receptáculo situado nasal e inferiormente en una fosita ósea formada por repliegues periósticos adheridos con firmeza entre sí y que constituyen el saco lagrimal. Éste se fija a planos profundos, así como a los músculos y tendones.

Con cada oclusión palpebral, el saco se distiende creando una presión negativa que atrae a la lágrima. De dicha manera, ésta se elimina continuamente de la superficie ocular. Al

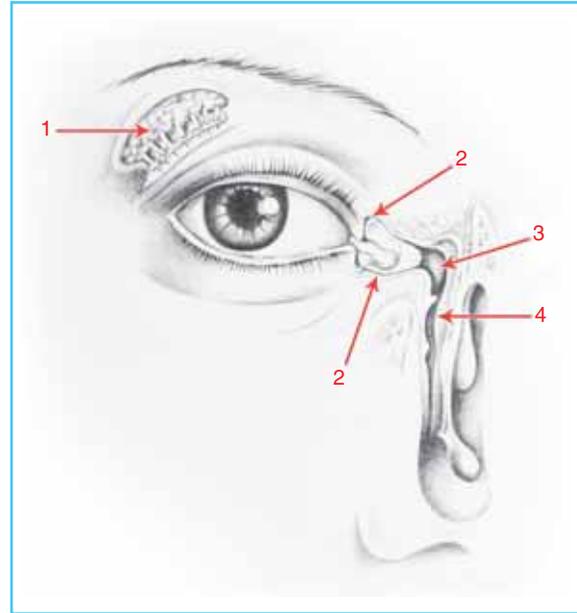


Fig. 1-3. Aparato lagrimal. Temporal y superior se encuentra la glándula lagrimal principal (1). Nasal e inferior se halla el aparato excretor compuesto por los puntos y los conductos lagrimales (2), que se comunican con el saco lagrimal (3), y éste, a su vez, con el conducto nasolagrimal (4) hacia el meato nasal.

abrir los párpados el saco se contrae expulsando su contenido hacia el conducto nasolagrimal, un conducto óseo forrado de mucosa que desciende verticalmente hacia un orificio nasal situado en el meato inferior (Fig. 1-3). En la trayectoria de este conducto (punto lagrimal, conductillos, saco lagrimal, conducto nasolagrimal y orificio lagrimonasal), la vía suele estrecharse y encontrarse con pliegues mucosos que forman pseudoválvulas, las cuales en ocasiones pueden ocluirse, dando lugar a obstrucciones que suelen complicarse con infecciones. En todos los casos el síntoma cardinal de las obstrucciones es el escurrimiento de lágrima por el borde de los párpados o epífora.

CAPAS DEL GLOBO OCULAR

En un corte lateral del globo ocular se distinguen tres capas: una túnica externa más resistente que las otras, formada por colágena donde se localiza hacia adelante la **CÓRNEA**, la cual se prolonga hacia atrás con la **ESCLERA**, que rodea y protege el globo ocular hasta la salida del nervio óptico; una túnica media, fundamentalmente vascular, que en general

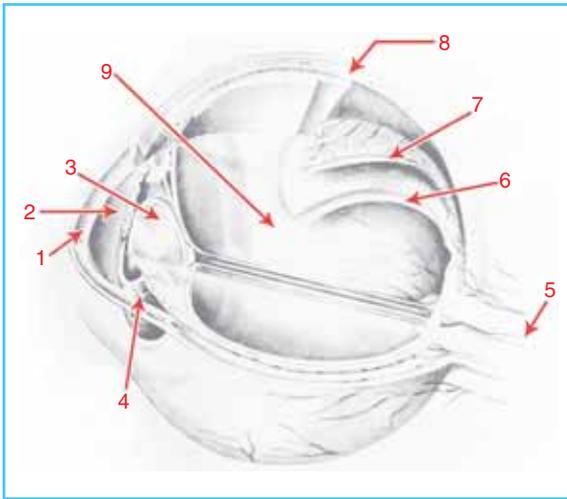


Fig. 1-4. Corte de un globo ocular. 1, córnea; 2, cámara anterior; 3, cristalino; 4, iris; 5, nervio óptico; 6, retina; 7, coroides; 8, esclera; 9, humor vítreo.

se conoce como **ÚVEA** y que por delante constituye el **IRIS**, en su parte intermedia el **CUERPO CILIAR**, y hacia atrás, en contacto con la retina, la **COROIDES**; y una túnica interna sensorial, que forma la **RETINA** (Fig. 1-4).

Dentro del globo se hallan el **HUMOR ACUOSO** (que llena el espacio anterior o **CÁMARA ANTERIOR**), el **CRISTALINO** (situado en la cámara posterior) y una sustancia transparente de consistencia gelatinosa en contacto con la retina que se conoce como **HUMOR VÍTREO**.

Túnica externa

La túnica externa está constituida por la córnea y la esclera.

Córnea

Debido a su índice de refracción y curvatura, la córnea funciona como una lente; de hecho, es la lente más poderosa del sistema óptico ocular. La córnea presenta tres capas: la más anterior es el **EPITELIO CORNEAL**, el cual es estratificado no queratinizado con células planas en su superficie y columnares en sus capas profundas; mide de 50 a 90 μm de espesor y su función es preservar el estroma de elementos externos e impedir el paso indiscriminado de lágrima. Para conseguir lo anterior, el epitelio tiene múltiples uniones intercelulares que lo hacen funcionar como una membrana

semipermeable. En su superficie tiene microvellosidades que capturan el moco secretado en la conjuntiva y, así cubierto el epitelio, genera una superficie homogénea que permite que la lágrima se mantenga estable sobre él. En las capas profundas epiteliales se encuentra distribuida una abundante red de terminaciones nerviosas trigeminales que dan a la córnea una gran sensibilidad. El epitelio se nutre de la lágrima; de ella obtiene los elementos proteicos y calóricos para su continua regeneración. El epitelio se une con el estroma por medio de una membrana basal, producto de la secreción de las células basales epiteliales.

Por debajo del epitelio se encuentra la segunda capa de la córnea, el **ESTROMA CORNEAL**, compuesto por colágena. La colágena corneal es única en el organismo humano y su distribución es por completo uniforme. Las fibras corren a espacios regulares y los diámetros de éstas son perfectamente uniformes. Esa distribución particular da a la córnea su característica esencial, la transparencia. Si no fuera por esa distribución, la córnea, como la esclera, sería opaca. Este arreglo regular de la colágena se pierde en la unión con la esclera, en la región llamada limbo esclerocorneal (Fig. 1-5).

Después del limbo, la colágena adquiere un color blanquecino debido a que la disposición de sus fibras carece, como en otros tejidos conjuntivos, de uniformidad; esto hace que refleje los rayos luminosos y se torne por ello de color blanco. De esta manera, la luz entra por una lente transparente hacia la pupila y es reflejada por el resto del globo a través de la esclera, lo que permite una visión de fijación.

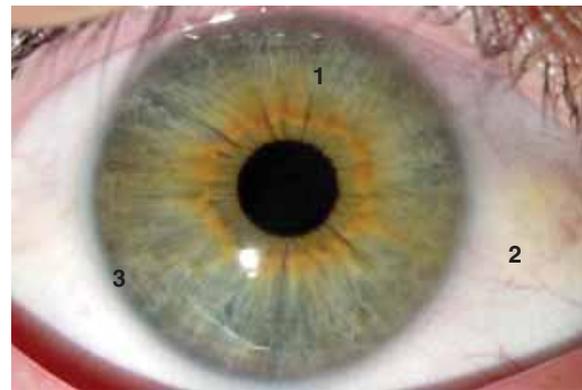


Fig. 1-5. Anatomía clínica de la superficie del globo ocular. 1. Córnea. 2. Esclerótica (su superficie está cubierta por la conjuntiva bulbar). 3. Limbo esclerocorneal. (Por dentro se localiza el ángulo de la cámara anterior.)

El estroma corneal constituye 95% del espesor total de la córnea, que es de 0.50 mm en el centro y de 0.80 mm en la periferia. El estroma corneal presenta en su parte anterior una condensación de fibras que se conoce como lámina de Bowman y que sirve de anclaje a la membrana basal del epitelio; en su cara posterior, el estroma corneal tiene una membrana transparente constituida por colágena y fibras elásticas, conocida como membrana de Descemet. Esta membrana es de hecho la membrana basal de la capa posterior de la córnea o **ENDOTELIO**.

La tercera capa (endotelio) tapiza en su cara posterior a la córnea. Es una capa única de células hexagonales íntimamente vinculadas entre sí por uniones desmosómicas y una zónula de oclusión (*zonula occludens*); de esta forma, el endotelio funciona como membrana semipermeable al impedir el ingreso de humor acuoso en el estroma corneal. El endotelio humano no puede regenerarse y su función especializada es, además de actuar como membrana, la de extraer agua al estroma corneal mediante bombas metabólicas, impidiendo así que el estroma se edematice y las fibras colágenas pierdan su distribución regular. El endotelio tapiza todo el estroma corneal posterior y termina en la región del limbo esclerocorneal.

La terminación interna de la córnea en la cámara anterior es la malla trabecular, que corresponde por dentro de la cámara anterior al limbo esclerocorneal. La **MALLA TRABECULAR** se sitúa en la cara posterior de la córnea y está limitada por delante por el limbo esclerocorneal y por atrás está en contacto con el humor acuoso. En esta región se inserta la raíz del iris, formándose así un ángulo agudo cuyos lados serían la cara posterior de la córnea y la cara anterior del iris, siendo su vértice la malla trabecular. Por ello esta región se conoce como **ÁNGULO DE LA CÁMARA ANTERIOR**.

En la malla trabecular hay fibras colágenas no tan compactas como aquellas del estroma corneal y forman poros por los que circula humor acuoso hacia un espacio vacío situado en el estroma, que se localiza en los 360° del limbo esclerocorneal y al que se conoce como **CONDUCTO DE SCHLEMM**. A partir de él, el flujo continuo del humor acuoso pasa a las venas episclerales y de ahí a la circulación sistémica (Fig. 1-6).

Esclera

Más allá del limbo esclerocorneal, la túnica externa se continúa como esclerótica. La esclera o esclerótica está compuesta por fibras colágenas de distribución irregular y se caracteriza por ser dura, opaca y elástica. Contiene los elementos intraoculares, dando al ojo protección y forma.

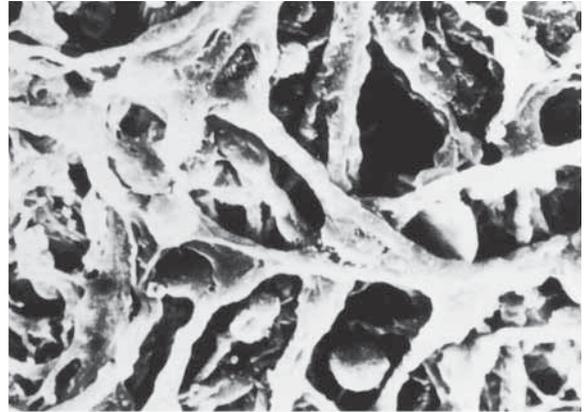


Fig. 1-6. Malla trabecular. Fotografía por microscopio electrónico de rastreo. En la región del ángulo de la cámara anterior las fibras colágenas crean poros y espacios por donde circula el humor acuoso (imagen superior) y se recolecta en un túbulo conocido como conducto de Schlemm (imagen inferior).

Inicia en el limbo esclerocorneal y se prolonga hacia atrás hasta la salida del nervio óptico. En este sitio tiene perforaciones que permiten el paso de los axones nerviosos y vasos sanguíneos. A esta región escleral se la conoce como lámina cribosa.

En su cara externa tiene fibras elásticas (epiesclera), que se adhieren a una capa fibrosa que las une a la conjuntiva y a las vainas musculares, la cápsula de Tenon. Por dentro está en íntimo contacto con la túnica vascular del globo ocular o coroides.

La esclerótica ancla los músculos extrínsecos del ojo; por ella penetran también los vasos sanguíneos de la coroides y los nervios al interior del globo ocular.

Túnica media

La túnica media o úvea está conformada por tres estructuras: la coroides, el cuerpo ciliar y el iris.

Coroides

Ésta es una capa vascular y pigmentaria. Se inicia en la porción posterior del ojo, donde es más gruesa, y termina hacia la porción media en la región llamada cuerpo ciliar.

La coroides se relaciona por fuera con la esclera a través de unas laminillas colágenas dispuestas en forma laxa que constituyen un espacio virtual conocido como supracoroides, en el cual existen fibroblastos y múltiples melanocitos. La supracoroides sirve como punto de fijación a las estructuras esclerales y como pantalla térmica al paso de luz.

Por debajo de la supracoroides está la coroides, una capa gruesa y vascular formada por ramificaciones múltiples de las arterias ciliares posteriores, ramas a su vez de la arteria oftálmica, rama de la carótida interna. Es una capa vascular pletórica de vasos con anastomosis en su zona intermedia. La circulación coroidea drena a través de las venas vorticosas, que salen del ecuador del ojo en los cuatro cuadrantes para desembocar en la vena oftálmica y después al seno cavernoso. Entre toda esta gran red vascular existen múltiples melanocitos y fibroblastos.

La gran cantidad de vasos sirve para asegurar el aporte nutricional de la retina y mantener siempre una temperatura adecuada para el globo ocular. La pigmentación intensa de esta capa impide el paso de luz al interior, mientras permite que se mantenga en su interior una temperatura adecuada al absorber luz.

La retina se encuentra en íntimo contacto con la capa coriocapilar, una zona de transición de arteriolas a capilares. Los capilares carecen de pericitos, y en su endotelio hay muchos poros a través de los cuales se filtran los nutrientes al epitelio pigmentario de la retina. Es la zona de intercambio de sustancias y está separada de la retina por la membrana basal conocida como membrana de Bruch, el filtro para el intercambio indiscriminado de sustancias entre el epitelio pigmentario y la coriocapilar. Como toda membrana basal, tiende a engrosarse con la edad y a formar excrescencias llamadas drusas (*drüsen*) y que mediante oftalmoscopia se observan como puntos amarillentos en el fondo de ojo de los pacientes de edad avanzada.

Cuerpo ciliar

La prolongación anterior de la coroides está constituida por el cuerpo ciliar; tiene una forma triangular cuyo vértice es el

límite anterior de la retina y su base, dirigida anteriormente, se sitúa atrás del iris.

El cuerpo ciliar está integrado de manera fundamental por un engrosamiento coroideo, que aloja un pequeño músculo que se inserta, hacia adelante, en la zona del ángulo de la cámara anterior en una condensación de esclerótica conocida como espolón escleral. En esta zona la coroides presenta algunas particularidades: desaparece la membrana coriocapilar al no tener retina que nutrir; el epitelio pigmentario de la retina se engruesa para formar el epitelio pigmentario, primero del cuerpo ciliar y luego de la cara posterior del iris (carente en los albinos), y la retina, aunque no es parte de la coroides, se adelgaza y atrofia en esta zona para formar un epitelio que tapiza el cuerpo ciliar y se conoce como epitelio no pigmentario.

El cuerpo ciliar muestra dos partes: *pars plana*, situada en la parte posterior del cuerpo ciliar, constituida por los epitelios pigmentario y no pigmentario de la retina, y que sirve de inserción a la porción anterior del vítreo y a la zónula del cristalino, y *pars plicata*, situada en la parte anterior, formada por un engrosamiento vascular de la coroides y otro de los epitelios, engrosamientos que constituyen los procesos ciliares, que aumentan la superficie vascular; en ellos existe una gran filtración de agua y elementos nutricios que tienden, por extravasación, a pasar al interior del ojo.

Los epitelios pigmentario y no pigmentario regulan la difusión, el transporte activo y la filtración, que permiten el ingreso de elementos y agua al interior del ojo en el espacio conocido como cámara posterior. Al producto de esta filtración se le conoce como humor acuoso, el encargado de proporcionar nutrición a los elementos internos del globo ocular y mantener la tensión intraocular (Fig. 1-7).

Iris

La porción más anterior de la úvea está constituida por el iris, formado por tejido conjuntivo, abundante pigmento y vasos. Esta membrana divide al ojo en dos compartimientos, uno anterior y otro posterior (cámaras anterior y posterior), que se continúan a través del espacio redondo que deja el iris y que se conoce como **PUPILA**. A través de ésta pasa el humor acuoso de la cámara posterior a la cámara anterior, y de ahí a la malla trabecular para después abandonar el ojo. La pupila regula la cantidad de luz que penetra al interior del ojo.

Por detrás del iris se encuentra el **CRISTALINO**, que en contacto con la superficie posterior proporciona consistencia al iris. La falta de cristalino produce en el iris un temblor que se conoce como iridodonesis, también presente en los pacientes en quienes el cristalino se ha luxado.

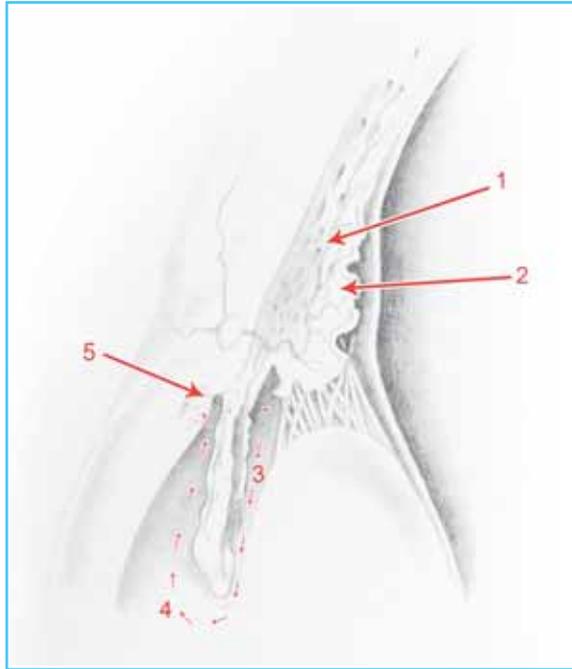


Fig. 1-7. Aparato productor del humor acuoso. El cuerpo ciliar (1). Los procesos ciliares (2). El humor acuoso circula entre la cara posterior del iris y la cara anterior del cristalino (3) hacia la cámara anterior (4). En ella, se filtra por la malla trabecular (5).

El iris se inserta por fuera en el vértice de la cámara anterior, región conocida como raíz del iris. Es una inserción débil que en los traumatismos tiende a romperse y sangrar.

En el iris se pueden distinguir dos capas: una anterior, constituida por el estroma iridiano, y una posterior, formada por los epitelios pigmentario y no pigmentario.

El estroma iridiano es rico en fibras colágenas dispuestas de manera irregular, lo que da al iris un aspecto poroso. Entre las fibras se encuentran numerosos melanocitos que producen la coloración del ojo. El pigmento iridiano siempre es negro, y de la abundancia de este pigmento depende el color del iris. Iris claros, azules o verdes tienen poco pigmento, e iris oscuros (marrón) presentan mucho pigmento.

En el estroma iridiano hay vasos distribuidos de manera circular provenientes de las arterias ciliares anteriores, que forman el círculo arterial del iris. Esta configuración circular permite al iris contraerse y dilatarse sin alterar su flujo.

En el estroma iridiano se encuentran incluidos dos músculos: uno circular que rodea la pupila y se llama **ESFÍN-**

TER DEL IRIS, inervado por el nervio motor ocular común mediante la acción de la acetilcolina; su acción es la de contraer la pupila (**MIOSIS**); y otro músculo, el **DILATADOR DE LA PUPILA**, situado más periféricamente y distribuido en forma radiada que se encarga de dilatar la pupila (**MIDRIASIS**), mediante la acción de la adrenalina liberada por el simpático.

La miosis y la midriasis son los reflejos pupilares que regulan la cantidad de luz que entra en el interior del ojo e indican la integridad de las vías fotomotoras.

La cara posterior del iris se encuentra tapizada por el epitelio pigmentario (prolongación del epitelio pigmentario de la retina), constituido por numerosos melanocitos que en esta región se engrosan para impedir el paso indiscriminado de luz.

Túnica interna

La túnica interna o retina es una capa que abarca toda la parte interna del globo ocular (Fig. 1-8). Hacia adelante se prolonga sobre el cuerpo ciliar en forma de epitelio no pigmentario. La función de la retina sensorial es la de recoger, elaborar y transmitir sensaciones visuales.

La retina se encuentra en contacto con la coroides (coriocapilar) por fuera, y por dentro con el vítreo. Hacia el polo posterior se localiza la mácula (véase también Capítulo 15); una región ovalada de alrededor de 5 mm de diámetro, situada aproximadamente a 4 mm de la porción temporal de la papila óptica (inicio del nervio óptico). La mácula se caracteriza por tener una coloración un poco más amarillenta que el resto de la retina y por la disminución notable del

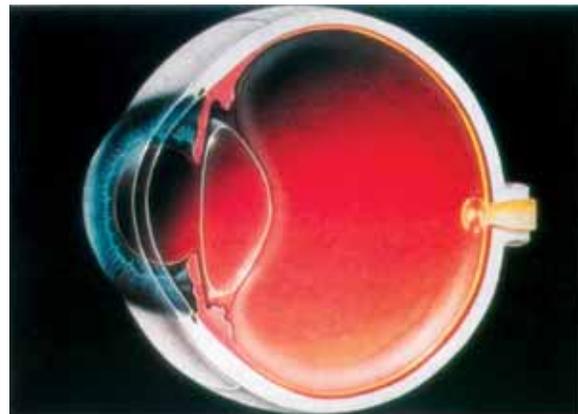


Fig. 1-8. Corte de un globo ocular. Reproducción autorizada por *Highlights of Ophthalmology*. Color Portafolios, 1992.

calibre de los vasos retinianos en esa región. Su centro se encuentra a 1.5 diámetros papilares (vista mediante oftalmoscopia). En él se localiza la fovea, una región de 1.5 mm, donde la retina es más gruesa por tener mayor número de células ganglionares. En el centro de la fovea se encuentra la foveola, una depresión central que al oftalmoscopio tiene un color rojizo intenso con un reflejo luminoso. En ella se localizan exclusivamente elementos fotorreceptores (conos) y carece de células ganglionares; es la zona donde se capta la imagen luminosa con toda precisión, es decir, el área de mejor agudeza visual.

Por fuera de la mácula se encuentra el resto de la retina con elementos ganglionares y vasculares. Las capas retinianas se adelgazan hacia la periferia en la llamada ora serrata, donde los conos, bastones y las neuronas de transmisión desaparecen para dejar su lugar a abundantes células gliales. En esta región la retina termina en una zona dentada con abundante pigmento; por este aspecto dentado se la conoce como ora serrata. Los remanentes retinianos se prolongan hacia adelante, hacia la *pars plana*, como epitelios no pigmentarios, carentes ya de cualquier función visual.

Histológicamente, la retina se constituye por epitelio pigmentario, fotorreceptores, células bipolares, horizontales, amacrinas y ganglionares.

El **EPITELIO PIGMENTARIO** está en contacto con la membrana de Bruch y ésta a su vez con la membrana coriocapilar. El epitelio pigmentario es la capa más profunda de la retina y tiene una relación íntima con los conos y bastones. Es una capa que comprende células hexagonales con abundantes gránulos de pigmento. Los fotorreceptores se hallan inmersos en ella y su función es la de absorber radiación lumínica, regular el medio extracelular y coadyuvar en la regeneración del pigmento visual.

Los fotorreceptores son células nerviosas encargadas de la absorción de luz y de la transformación de ésta en un estímulo eléctrico. Contienen cromoproteínas: rodopsina y yodopsina, que al transformarse por la luz, producen cambios de potencial en la membrana celular.

Hay dos formas de fotorreceptores: conos y bastones. En la retina posterior, el área macular y la fovea sólo existen conos. Por fuera de la mácula hay las dos formas, con predominio de bastones. Los conos permiten la visión de precisión, y su umbral de excitabilidad es alto, mientras que los bastones tienen un umbral de excitación bajo y sus funciones incluyen la visión periférica y la visión en la penumbra.

Ambos se interconectan con las células bipolares, que a su vez hacen sinapsis (única o múltiple) con las células ganglionares. Los axones de las células ganglionares se dirigen hacia el polo posterior, integrando al nervio óptico. Este

último, por tanto, es la colección de células ganglionares que envían su mensaje eléctrico a la corteza occipital.

Hay múltiples sinapsis de las células bipolares a través de neuronas de interconexión distribuidas horizontalmente, cuya función no se conoce bien aún, pero que intervienen en la regulación del estímulo visual. Existe también un número variable de células gliales.

La nutrición de la retina tiene un doble origen. Las capas profundas, el epitelio pigmentario y los fotorreceptores se nutren por medio de la difusión de sustancias de la membrana coriocapilar, mientras que las capas más internas, hacia el vítreo, se nutren de la vascularización retiniana (Fig. 1-9).

La vascularización de la retina proviene de la arteria central de la retina, que emerge por la papila y es visible mediante oftalmoscopio.

Después de emerger, esta arteria se divide en una rama superior y una inferior, y antes de abandonar la papila óptica, ambas ramas se vuelven a dividir en una nasal y otra temporal al dirigirse a los cuadrantes retinianos. Las arterias en su trayecto se dicotomizan y envían ramas capilares profundas que transcurren en la capa de células ganglionares. A cada vaso arterial lo acompaña un vaso venoso de igual calibre. Las venas se unen entre sí para formar vasos más gruesos hasta alcanzar una rama superior y una inferior que salen por la retina, fusionándose en la vena central de la retina.

Funcionalmente, la luz proyectada atraviesa la capa de células ganglionares y bipolares y se absorbe de manera parcial en el epitelio pigmentario; luego es captada por los pigmentos visuales, y ocasiona un cambio en éstos, de 11 *cis*-retinal a una forma *trans*, que concluye en la separación completa del retinal y la opsina. Antes de separarse se produce la excitación eléctrica de la célula fotorreceptora por excitación local de su membrana interna (disco). Esta excitación da lugar a cambios locales en la concentración de sodio y calcio, que genera un potencial eléctrico. De este modo, ante la estimulación de un fotón, los pigmentos retinianos se degradan y reconstituyen de manera continua por el epitelio pigmentario de la retina, el cual almacena grandes cantidades de vitamina A. Ésta se transforma en pigmento retiniano, y viceversa, manteniendo siempre una concentración adecuada de pigmentos intraoculares (rodopsina y yodopsina). Ante un estímulo luminoso el pigmento se degrada y, en la oscuridad, se reconstituye. Por ello cuando se fija la vista en una luz intensa durante mucho tiempo, la capacidad para ver bien se reduce porque el pigmento se ha reducido (es insuficiente para la visión). Los pigmentos retinianos responden selectivamente a luces de colores rojo, verde y azul. Una persona percibirá un color distinto, por ejemplo amarillo, cuando recibe en un ojo una luz con

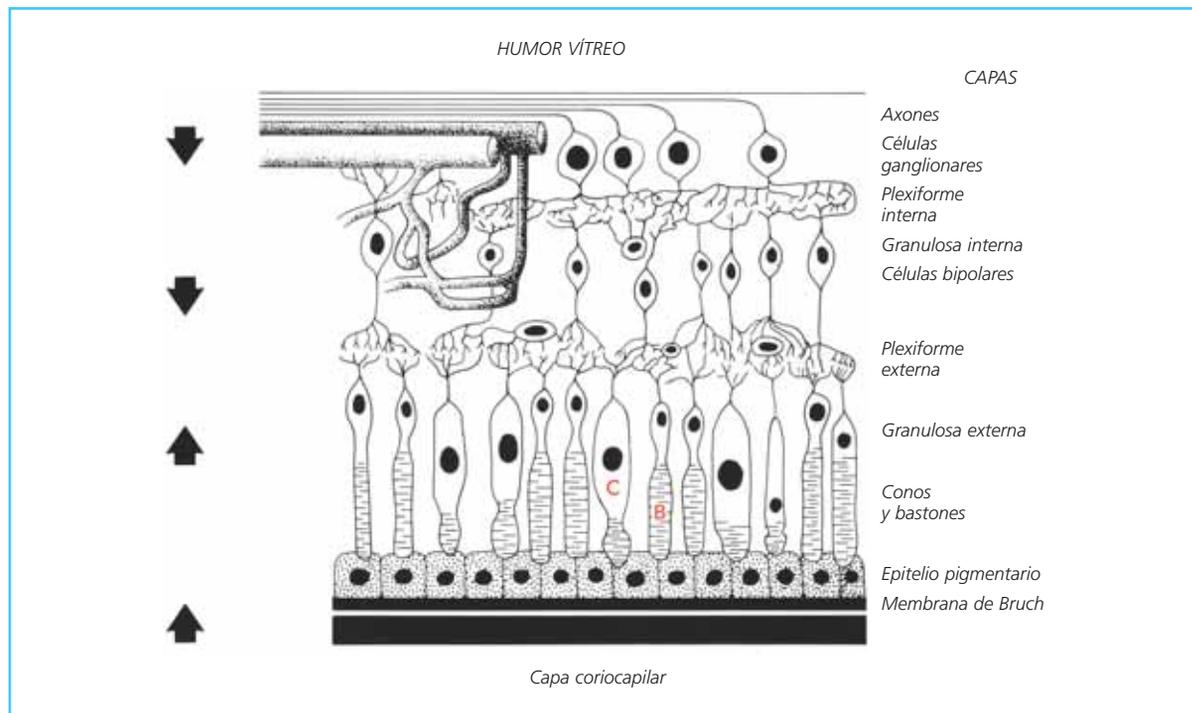


Fig. 1-9. Sinapsis retinianas y nutrición. Las capas internas de la retina, en contacto con el humor vítreo, reciben nutrientes por ramas provenientes de la arteria central de la retina. Las capas externas de la retina, bastones (B), conos (C) y epitelio pigmentario, en contacto con la coroides, reciben los nutrientes por difusión a través de la membrana de Bruch por la coriocalilar.

longitudes de onda verde y roja de la misma intensidad; en ese momento se estimulan los pigmentos verde y rojo del cono, dándole al individuo la sensación del color amarillo. De igual manera sucede para el blanco y los demás colores. Se distingue un color dependiendo de la cantidad de pigmentos estimulados por las diferentes longitudes de onda de la luz que se capta.

Toda esta información luminosa tiene mecanismos de selección. Un número determinado de células bipolares excitadas, que corresponden al campo de acción de una célula ganglionar, se estimula con estímulos positivos o de activación, o negativos, de inhibición, de acuerdo con la información que procesen las células horizontales y según sea la orientación espacial de la luz proyectada.

Estas células ganglionares tienen a su vez una organización territorial. Hay tres tipos de campos de acción predeterminados: en el centro de un determinado campo hay células de encendido (on) que responden a un estímulo eléctrico, una zona externa que contiene fibras de apagado (off) y al recibir el estímulo provoca eliminación, y una zona

intermedia que puede dar cualquiera de dichas respuestas (on-off). De esta manera, la retina procesa buena parte de la información visual y colabora así con la corteza calcarina en la discriminación de información, al enviar al cerebro estímulos eléctricos que modulan entonces el contraste de los objetos, el color y el movimiento. Su interpretación y distribución en el espacio corresponden al sistema nervioso central (SNC).

CONTENIDO DEL GLOBO OCULAR

Una vez analizadas las capas del globo ocular: córnea y esclera; coroides, cuerpo ciliar e iris; y retina, queda por estudiar el contenido del mismo. Para su mejor entendimiento debe dividirse en tres áreas: la cámara anterior, que comprende el espacio entre la córnea y el iris; la cámara posterior, un espacio reducido entre la cara posterior del iris y la cara anterior del vítreo, y la cámara vítrea, que comprende el espacio entre la cara posterior del cristalino y la retina (Fig. 1-8).

Cámara anterior

Éste es un espacio lleno de humor acuoso producto de la actividad secretora del cuerpo ciliar. La cámara anterior mide de 3 a 4 mm en su porción central (en el eje de la pupila), y tiende a estrecharse hacia la periferia, donde forma un ángulo agudo. En el vértice está el mecanismo de filtración del humor acuoso, la malla trabecular, el conducto de Schlemm y los túbulos colectores (Fig. 1-6).

La cámara anterior tiende a ser más amplia en los pacientes miopes, debido a su eje axial, y mayor y más estrecha en los sujetos hipermétropes por la razón contraria. Por ello en este último grupo el ángulo de la cámara anterior se puede estrechar aún más con el crecimiento del cristalino y por último ocluir la malla trabecular, produciendo una de las formas de glaucoma.

Cámara posterior

Ésta se comunica con la cámara anterior a través de la pupila y por ella fluye el humor acuoso producido en el cuerpo ciliar. La cámara posterior está ocupada por humor acuoso y por el cristalino (Fig. 1-8).

Cristalino

El cristalino ocupa la mayor parte de la cámara posterior y está suspendido por unos pequeños ligamentos llamados zónula de Zimm. Por su transparencia y capacidad de modificar sus curvaturas, constituye un elemento importante en la visión.

En el cristalino debe reconocerse la cápsula, que es una membrana delgada y elástica que corresponde a la membrana basal del epitelio del cristalino, el cual está dispuesto por debajo de la cápsula. La cápsula es impermeable a partículas grandes y rodea en su totalidad al cristalino. Hay, por tanto, una cápsula anterior y una posterior. El epitelio sólo se encuentra por abajo de la anterior. La cápsula posterior es un poco más delgada y elástica que la anterior. La principal función de la cápsula es servir de zona de fijación a la zónula e impedir el paso indiscriminado de agua y partículas proteicas al interior del cristalino (Fig. 1-10).

La otra estructura importante del cristalino es la zónula, que está constituida por fibras que se extienden desde los procesos ciliares hasta el cristalino. Las fibras zonulares miden de 3 a 9 μm de espesor y su longitud desde su área de fijación en los procesos ciliares hasta la cápsula alcanza como máximo 7 mm. Cuando el músculo ciliar se contrae, la distancia entre las fibras y el cristalino se reduce, relaja así la zónula y aumenta la curvatura del cristalino.

El epitelio del cristalino se sitúa por debajo de la cápsula anterior; su función es la de crear fibras, las cuales nacen del ecuador y se distribuyen de modo radial. Estas fibras son transparentes y elásticas; están constituidas por agua y proteínas (betacristaloides).

La composición química del cristalino es 65% de agua, 33% de proteínas y sales inorgánicas, y el resto es lecitina, glucosa y colesterol, entre otros. El cristalino carece de vascularización, su nutrición la consigue por intercambio de agua y solutos a través de la cápsula anterior con el humor acuoso, en el que vierte también sus productos de desecho.

Al nacimiento se ha formado casi 75% del cristalino y éste se engruesa con el paso de los años en forma más o menos constante gracias a las nuevas fibras depositadas.

Al momento de nacer, el cristalino es transparente y con el tiempo, debido al intercambio metabólico de agua,



Fig. 1-10. Zónula y cristalino. Fibras elásticas parten de la *pars plicata* y se insertan en la porción ecuatorial del cristalino. La contracción o relajación de las fibras origina el fenómeno llamado acomodación.

colesterol y otros solutos, se opaca de manera gradual. Cuando esta opacidad se hace evidente, se denomina catarata. El tiempo de aparición de la catarata es variable y depende del estado nutricional y de factores hereditarios; pero si los seres humanos vivieran 150 años, prácticamente en todos se presentaría esta opacidad. En ocasiones, por situaciones metabólicas o traumáticas, el cristalino puede sufrir un ingreso brusco de agua; en estos casos la opacificación es brusca y rápida.

La función del cristalino es la acomodación, que se lleva a cabo por la contracción del músculo ciliar. Cuando éste se contrae, las fibras zonulares se relajan, ya que en reposo se mantienen tensas. Al relajarse, el cristalino se abomba, cambia así su curvatura y con ella el poder dióptrico del ojo. A este fenómeno se le conoce como acomodación, y se realiza cada vez que se ve de cerca. La acomodación está controlada por fibras parasimpáticas del III par craneal. Asociados con la acomodación, suceden dos fenómenos simultáneos: los ojos se dirigen hacia adentro para ver de cerca (convergencia) y la pupila se contrae (miosis). La miosis sirve para evitar las distorsiones de la curvatura causadas por el cambio de grosor del cristalino. Acomodación, convergencia y miosis son un solo reflejo.

Al aumentar la edad, el cristalino va perdiendo elasticidad al punto en que los cambios de su curvatura son insuficientes para mantener la visión cercana enfocada. Este fenómeno se conoce como vista cansada o presbiopía.

Cámara vítrea

Ocupa las dos terceras partes del contenido ocular, desde la cara posterior del cristalino hasta la retina, ora serrata y *pars plana* (Fig. 1-8). El contenido de la cámara vítrea es el humor vítreo, un gel con un volumen cercano a 4 ml, transparente y que contiene agua en 98%; tiene además colágeno, proteínas, ácido hialurónico, mucopolisacáridos y solutos. Hacia la periferia y en contacto con la retina hay una condensación de sus fibras colágenas que forman una pseudomembrana o hialoides que se adhiere a la retina. Los sitios de adherencia de la hialoides son múltiples, pero los más importantes son la ora serrata (base del vítreo) y el polo posterior. Cuando la hialoides se desprende de sus adherencias en ocasiones suele producir desgarros en la retina, que a su vez pueden ser el inicio de un desprendimiento retiniano.

VÍA ÓPTICA

El **NERVIO ÓPTICO** está formado por los axones de las células ganglionares; más que un nervio es un fascículo de axones

que lleva la información al SNC. Una vez que abandona el globo ocular está cubierto en su trayecto orbitario por una vaina de mielina. El nervio tiene una longitud de 25 a 30 mm para cubrir la distancia de 15 mm entre su salida del globo ocular hasta su ingreso en el canal óptico; en ese trayecto, tiene una forma sinuosa que le permite distenderse con los movimientos y tracciones sin sufrir elongaciones traumáticas.

En su ingreso a la órbita se recubre de meninges y con ellas atraviesa el canal óseo; esto implica su contacto con el líquido cefalorraquídeo, por lo que en un cuadro de hipertensión intracraneal el nervio óptico se edematiza. Al salir del agujero óptico se dirige posterior y temporalmente para alcanzar el quiasma óptico (Fig. 1-11).

El quiasma es el sitio de entrecruzamiento de los dos nervios ópticos. Se sitúa por arriba del cuerpo del hueso esfenoides y de la silla turca a unos 5 a 10 mm de la hipófisis. Ésta es una relación anatómica importante, pues los tumores hipofisarios suelen comprimir esta región. Tiene

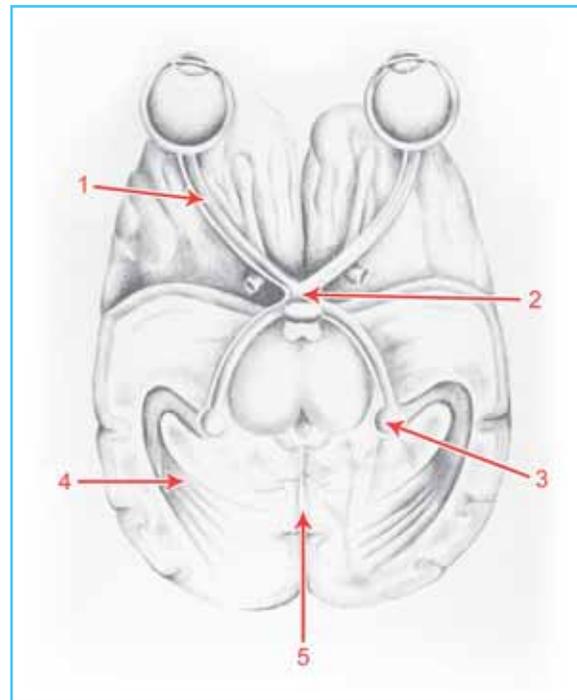


Fig. 1-11. La vía óptica. Los nervios ópticos (1) se dirigen al quiasma (2), donde las fibras nasales se cruzan. Del quiasma óptico corren a su segunda sinapsis en el cuerpo geniculado lateral (3). De ahí, como radiaciones ópticas (4), llegan a la cisura calcarina en la corteza occipital (5).

relación estrecha con la porción media y superior de las arterias carótidas internas.

El punto más interesante del quiasma óptico es la decusación de fibras. En el nervio óptico las fibras ganglionares que llevan la información de la retina temporal son temporales, y las que conducen la información de la retina nasal son nasales. Cuando llegan al quiasma óptico, las fibras temporales se mantienen del mismo lado; en cambio, las fibras nasales se cruzan, y al abandonar el quiasma quedan en forma de cintillas ópticas con la información completa de una parte del campo visual y así la cintilla óptica del lado derecho tiene la información de la retina temporal del mismo lado (que ha visto el campo nasal izquierdo) y de las fibras cruzadas en el quiasma óptico, provenientes de las de la retina nasal izquierda (que ha visto el campo temporal izquierdo). De esta manera, una cintilla óptica lleva, por proceso de cruzamiento de fibras nasales, la información visual de un campo que se mirará en la cisura calcarina con la información visual contralateral para dar una mejor proyección espacial a las imágenes observadas (Fig. 1-11).

Es fácil suponer que si hay una lesión hipofisaria que comprima el quiasma óptico, la zona afectada es el cruzamiento de las fibras, es decir, se alteran las fibras nasales que llevan la información temporal de cada ojo, lo cual produce hemianopsia bitemporal, patognomónica de las lesiones quiasmáticas.

Las cintillas ópticas salen del quiasma óptico con la información procedente de un hemicampo para seguir su trayecto hacia el cuerpo geniculado lateral, donde hacen sinapsis. Hasta allí siguen corriendo los axones de las células ganglionares retinianas. En su trayecto las acompañan fibras pupilomotoras que abandonan las cintillas antes de su sinapsis

en el cuerpo geniculado lateral. Las fibras pupilomotoras van a los núcleos pretectales.

La lesión de una cintilla óptica origina una hemianopsia homónima, es decir, una lesión bilateral en donde se afecta, según sea el caso, el campo derecho o izquierdo. Por ejemplo, si la cintilla óptica derecha se altera, en ella transcurren las fibras temporales derechas que llevan la información del campo izquierdo y las nasales izquierdas que conducen la información del mismo campo. Por tanto, todo el campo izquierdo se afecta.

En el **CUERPO GENICULADO LATERAL** hacen sinapsis las cintillas ópticas. Se condensan y organizan por sectores para salir en forma de radiaciones ópticas hacia la corteza occipital.

La corteza visual se ubica en la parte interna y profunda de la cisura calcarina. La proyección visual de esta región se conoce también como área estriada o 17 de Brodmann. Las lesiones del cuerpo geniculado lateral, de las radiaciones ópticas o de la corteza visual causan hemianopsia homónima. En la corteza visual las fibras nasales y temporales provenientes del área macular abarcan una gran representación cerebral, por lo que es rara la pérdida total de la visión central aun en lesiones extensas.

Adyacentes al área 17 de Brodmann se encuentran las zonas paraestriada y periestriada o áreas 18 y 19 de Brodmann que se han implicado en la retención de impresiones sensoriales visuales.

Recibida la información en la corteza occipital, el procesamiento y la interpretación de aquélla se lleva a cabo en el lóbulo parietal dominante, el cual recibe la información ipsilateral en forma directa y la contralateral a través del cuerpo calloso.

