

# Anatomía Ocular

Dra. Encarna García Garrido

Universidad Europea De Madrid

2005-06



1. La órbita	... pág. 1.
2. Globo ocular	... pág. 3.
3. Anejos oculares:	
3.a. Párpados	... pág. 5.
3.b. Conjuntiva	... pág. 9.
3.c. Aparato lagrimal	... pág. 11.
4. Túnica fibrosa ocular:	
4.a. Esclerótica	... pág. 15.
4.b. Córnea	... pág. 16.
5. Túnica vascular:	
5.a. Coroides	... pág. 20.
5.b. Cuerpo ciliar	... pág. 21.
5.c. Iris	... pág. 22.
6. Túnica nerviosa: Retina	... pág. 24.
7. Vía visual primaria	... pág. 29.
8. Medios refringentes del ojo:	
8.a. Humor acuoso	... pág. 32.
8.b. Cuerpo vítreo	... pág. 32.
8.c. Cristalino	... pág. 34.
9. Aponeurosis orbitaria o de Tenon	... pág. 37.
10. Músculos extrínsecos oculares	... pág. 39.



# 1. La órbita.

Las órbitas son dos cavidades óseas situadas a ambos lados de las fosas nasales, bajo la bóveda craneana, en la parte superior de la cara (entre el neurocráneo y el esplanocráneo).

La morfología de la órbita se compara clásicamente con la de una pirámide cuadrangular de base anterior y vértice posterior. En realidad no sería una pirámide regular, ya que la parte más ancha no se sitúa a nivel de la base, sino 1,5 cm. más atrás, coincidiendo con el ecuador del globo ocular y la glándula lagrimal.

Las paredes mediales de las órbitas están dispuestas sagitalmente y pueden considerarse paralelas. Las paredes laterales, en cambio, se orientan en un ángulo de  $45^\circ$ . De este modo, los ejes de las órbitas forman entre sí un ángulo de  $45^\circ$ . Cuando los ojos miran al frente ("P.P.M." = "Posición Primaria de Mirada") el eje visual forma un ángulo de  $22,5^\circ$  con el eje orbital.

Como es habitual en la superficie externa de cualquier hueso, las paredes de la órbita están tapizadas por periostio (conjuntivo fibroso delgado, resistente y poco adherido al hueso) que en este caso se denomina "periórbita". El saco perióstico encierra las estructuras oculares permitiendo el paso de vasos y nervios. Se continúa con el periostio de las estructuras óseas vecinas y con la duramadre.

El contenido de la órbita incluye, además del globo ocular, el nervio óptico, los músculos extraoculares y sus nervios, la arteria oftálmica y sus ramas, las venas orbitarias, los nervios sensitivos y la glándula lagrimal. Los tabiques aponeuróticos ubicados entre los músculos y el periostio (periórbita) estructuran la posición de los elementos anatómicos, mientras que los espacios generados están rellenos de tejido adiposo que actúa como cojín de apoyo.

- Volumen: 27 c.c. aprox.
- Anchura: de 32 a 48 mm.
- Altura: de 28 a 45 mm.

## **Anatomía.**

A continuación describiremos la base de la órbita, sus cuatro paredes, su vértice posterior y sus hendiduras y agujeros.

- **Base de la órbita.** El orificio de entrada a la órbita es más o menos cuadrangular con los ángulos redondeados. Este orificio se denomina "reborde orbitario" y es fácilmente palpable desde el exterior.
- **Pared superior.** Es la bóveda o techo orbitario, y está formada anteriormente por la porción orbitaria del frontal y posteriormente por el ala menor del esfenoides. Es muy delgada. En su parte externa se sitúa la fosa lagrimal donde se aloja la glándula del mismo nombre. En su parte medial encontramos la fosita troclear donde se inserta la polea de reflexión del músculo oblicuo superior.
- **Pared inferior.** Está formada anterointernamente por la cara superior del maxilar superior, anteroexternamente por la apófisis orbitaria del zigomático, y posteriormente, ocupando una superficie muy pequeña, por la apófisis orbitaria del palatino.

El suelo orbitario reposa sobre el seno maxilar. Tiene un espesor entre 0,5 y 1 mm., por lo que los procesos tumorales o infecciosos pueden llegar con facilidad a la órbita a su través provocando exoftalmos. Destacamos en ella el surco infraorbitario, que se continúa anteriormente con el conducto del mismo nombre, para desembocar finalmente en el agujero infraorbitario a unos 5 mm. más abajo del reborde infraorbitario.

- Pared interna. Es la pared nasal. Los huesos que la articulan son, de anterior a posterior, la apófisis frontal (ascendente) del maxilar, el unguis o lagrimal, la cara orbitaria del etmoides (lámina papirácea) y una pequeña porción de la cara lateral del cuerpo del esfenoides.

Es la más delgada de todas las paredes y se relaciona con el seno esfenoidal posteriormente y con las celdillas etmoidales en la mayor parte de su extensión, explicando el paso de aire hacia la órbita y los párpados (enfisema palpebral) en caso de fractura.

Destacamos la fosa lagrimal (anteroinferior). Por debajo de la fosa se labra el canal lagrimal que se continúa con el conducto lagrimonasal del maxilar.

- Pared externa. Llamada temporal por orientarse hacia la fosa de ese nombre. Está formada por la porción vertical de la apófisis orbitaria del maxilar y la apófisis orbitaria externa del frontal, anteriormente, y, en la parte posterior, por el ala mayor del esfenoides. Es la pared más fuerte de la órbita.
- Vértice orbitario. Se suele considerar como vértice de la órbita el agujero óptico, situado en el ala menor del esfenoides que comunica la órbita con la cavidad endocraneana. A su través discurren el nervio óptico y la arteria oftálmica rodeados de las envolturas meníngeas.
- Hendidura esfenomaxilar o "fisura orbitaria inferior". Entre las paredes inferior y externa. Comunica la órbita con las fosas ptergopalatina e infratemporal. Es atravesada por el nervio maxilar, las venas infraorbitarias y el nervio zigomático.
- Hendidura esfenoidal o "fisura orbitaria superior". Situada en la arista superoexterna, entre las alas mayor y menor del esfenoides, tiene forma de coma, con la parte más ancha situada medialmente. Comunica con la fosa craneal media.
- Conductos frontoetmoidales. Se encuentran en la arista formada por las paredes superior e interna de la órbita. Son dos, uno anterior y otro posterior.

## 2. El globo ocular.

Es la estructura esférica que contiene al aparato óptico ocular y al tejido nervioso fotorreceptor. Su ubicación en la órbita le sirve de protección y le proporciona una superficie ósea de origen para los seis músculos extrínsecos que lo mueven.

### **Forma y dimensiones.**

Está constituido por dos casquetes esféricos contiguos de diferente radio de curvatura. El segmento anterior, llamado "córnea", es más pequeño, transparente y constituye aproximadamente la sexta parte del globo ocular. Su radio de curvatura es de unos 8 mm. de media (valores normales entre 6,8 mm. y 8,5 mm.). El segmento posterior, llamado "bulbo ocular", es opaco y tiene un radio de curvatura de entre 11,5 y 12 mm.

El segmento anterior está limitado por la córnea y el cristalino, y queda dividido de forma incompleta por el iris en una cámara anterior y una cámara posterior comunicadas a través de la pupila.

Recordando su geometría esférica, en el globo ocular se pueden determinar dos polos. El polo anterior se corresponde con el centro de curvatura corneal, mientras que el polo posterior se corresponde con el centro de curvatura escleral. La línea recta imaginaria que conecta ambos polos constituye el eje óptico o "geométrico". El eje visual es la línea que une la fóvea (ligeramente temporal e inferior al polo posterior) con el punto nodal y, por tanto, no coincide con el eje óptico. Como en cualquier esfera, el ecuador del globo ocular se localiza como un plano equidistante de ambos polos, con lo que define dos hemisferios, el anterior y el posterior. Así pues, el ecuador es el plano imaginario (en el caso del globo ocular, es plano frontal o coronal) que es perpendicular al eje óptico y equidistante a ambos polos. Cualquiera de las líneas circunferenciales imaginarias que unen ambos polos son consideradas, por lo tanto, meridianos.

- Diámetro anteroposterior (de polo anterior a polo posterior): 24 mm. En la miopía, este diámetro aumenta. En la hipermetropía, es menor.
- Diámetro vertical (de superior a inferior): 23-23,5 mm.
- Diámetro horizontal (de nasal a temporal): 23,5-24 mm.
- Peso: 7-8 gr.

### **Anatomía.**

El globo ocular se compone de tres capas o tunicas, y de tres cámaras.

TÚNICAS OCULARES. Son tres tunicas de disposición concéntrica, que de fuera a dentro son:

Capa o túnica fibrosa. Compuesta a su vez por la esclerótica y la córnea.

Capa o túnica vascular (úvea). Comprende, de posterior a anterior, la coroides, el cuerpo ciliar y el iris.

Capa interna o túnica nerviosa. Es la retina

CÁMARAS. Hay tres cámaras, que de anterior a posterior son:

Cámara anterior. Entre córnea e iris. Está rellena por el humor acuoso.

Cámara posterior. Comprendida entre el iris y el cristalino. También bañada en humor acuoso.

Cámara vítrea. Es la zona entre el cristalino y la retina. Rellena de un gel transparente y avascular llamado "humor vítreo".

Para completar la estructura del ojo debemos mencionar, además de las capas del globo ocular, a sus medios refringentes: lágrima, córnea (pertenece a la capa fibrosa), humor acuoso, cristalino y humor vítreo.

El globo ocular, para su perfecta función, necesita además un conjunto de órganos y estructuras accesorias. El término "accesorio" no significa en absoluto "poco importante". Entre estas estructuras están los músculos extrínsecos o extraoculares (rectos: superior, inferior, medial y lateral; oblicuos: mayor y menor; y elevador del párpado superior) y los llamados "anejos oculares" (cejas, párpados, conjuntiva, aparato lagrimal, y resto de elementos presentes en la órbita y relacionados directamente con el globo ocular).



# 3. Anejos oculares.

Son los párpados, la conjuntiva y las vías lagrimales.

## 3.a. Párpados.

Se trata de dos pliegues cutáneos modificados que son continuación de los tegumentos de la cara. Cuando están cerrados obturan la base de la órbita y recubren la cara anterior del globo ocular. No tienen unos límites definidos. Sólo tienen bien definida su cara profunda a nivel del reborde orbitario. De este modo, el párpado superior se extiende hasta el borde inferior de la ceja en tanto que el párpado inferior se continúa con la piel de la mejilla en la zona llamada "surco palpebrogeniano".

Ambos párpados se unen y dan lugar a la llamada "hendidura palpebral", que es un rasgo de expresión facial que varía su forma atendiendo a los sujetos.

Tienen dos funciones:

- Gracias a su capacidad de cierre, representan un factor importante en la protección del globo ocular frente a los agentes externos: luz, calor, frío, polvo, etc.
- Con sus incesantes parpadeos aseguran la hidratación constante de las capas anteriores de la córnea, distribuyendo el líquido secretado por las glándulas lagrimales.

### Anatomía.

#### a) Partes de los párpados.

En los párpados distinguimos:

- Dos bordes: el borde libre y el borde adherente.
- Dos ángulos o cantos: el ángulo externo o "lateral", y el ángulo interno o "medial".
- Dos caras: una anterior o externa, también llamada "cutánea", y otra posterior o interna, también llamada "profunda" o "conjuntival" por estar recubierta de conjuntiva.

Veamos estas partes individualmente:

#### Borde libre.

Presenta un espesor de 2-3 mm. y su longitud es de aproximadamente 3 cm. Hay dos en cada ojo (superior e inferior). Cuando los párpados están abiertos, la abertura palpebral presenta forma ovalada o elíptica, y cuando los párpados están cerrados ambos bordes libres están en contacto.

En el borde libre de ambos párpados, cerca del ángulo interno, hay una pequeña elevación que recibe el nombre de "papila lagrimal", en cuyo vértice se encuentran los puntos lagrimales que forman parte de las vías de drenaje de la película lagrimal.

Los puntos lagrimales dividen el borde libre en una zona interna o "lagrimal", que se extiende desde el ángulo interno hasta los puntos lagrimales y es una zona pequeña

caracterizada porque no hay pestañas, y otra zona externa o "cuticular", que se extiende desde los puntos lagrimales hasta el ángulo externo, es de mayor tamaño y contiene folículos pilosos y orificios glandulares.

En el borde libre se implantan las pestañas en 3 ó 4 hileras dispuestas irregularmente. Su número es variable según el sujeto, oscilando entre 70 y 160 pestañas en el párpado superior y 70 a 80 pestañas en el párpado inferior. Su longitud oscila entre 8 y 12 mm. Las pestañas del párpado superior son cóncavas hacia arriba, mientras que las del inferior lo son hacia abajo, lo que evita que se entremezclen al cerrar los párpados. Su forma, longitud y color varían de un individuo a otro teniendo distinto aspecto en el hombre, la mujer y el niño, y tienen la característica de no encanecerse.

### Borde adherente.

Son repliegues cutáneos paralelos al borde libre que se acentúan en la abertura palpebral. Estos repliegues se denominan "surcos orbitopalpebrales" y se extienden coincidiendo con los rebordes orbitarios superior e inferior.

### Ángulos.

Se forman en la zona donde se unen los bordes libres de los párpados superior e inferior. En la parte interna se constituye el ángulo interno o "medial", y en la parte externa el ángulo externo o "lateral".

En el ángulo interno se diferencian dos formaciones anatómicas: la carúncula y el pliegue semilunar. Se encuentran en el óvalo que queda delimitado por ambos párpados al unirse en su canto interno.

- Carúncula: Es un saliente redondeado y rosado, de 4 x 4 mm., de superficie regular cubierta por una mucosa que contiene algunos pelos finos y cortos. A este nivel se sitúan también glándulas sebáceas y una glándula lagrimal accesoria.
- Pliegue semilunar: Es la persistencia atrófica del tercer párpado de ciertos mamíferos (membrana nictitante). El epitelio de esta zona posee abundantes células caliciformes. En su tejido conjuntivo hay algunos vasos y fibras musculares lisas.

### Cara cutánea.

Dividida en dos zonas: zona tarsal y zona orbitaria. La zona tarsal se extiende desde el borde libre hasta el surco orbitopalpebral correspondiente. La zona orbitaria en el párpado superior se extiende desde el surco orbitopalpebral superior hasta la ceja, mientras que en el párpado inferior se extiende desde el surco orbitopalpebral inferior hasta la mejilla.

### Cara conjuntival.

Se extiende desde el borde libre del párpado hasta el borde adherente. Está cubierta por la conjuntiva palpebral.

Entre ambas caras (la cara cutánea y la cara conjuntiva) nos encontramos con los tarsos, el septum orbitario o "ligamento ancho", y los músculos palpebrales, que son los componentes de los párpados.

## b) Componentes de los párpados.

### Tarsos.

Constituyen el esqueleto o armazón de los párpados, a los que proporcionan un cierto grado de rigidez. El superior y el inferior difieren en su forma y extensión. Son tejidos conjuntivos densos con fibras muy compactas para conseguir una consistencia cartilaginosa. En su interior se sitúan las glándulas de Meibomio que se alinean en el borde libre, donde drenan.

El borde de los tarsos es de gran consistencia y constituye el llamado "borde libre de los párpados". El ligamento palpebral externo se constituye por la unión de los extremos externos de los tarsos superior e inferior, y el ligamento palpebral interno se constituye por la unión de los extremos internos de los tarsos superior e inferior.

### Septum orbitario.

Es un tabique fibroso que separa los párpados y la órbita. Une los tarsos con el reborde orbitario. Se continúa con el periostio. En el párpado superior, el septum orbitario se relaciona, además de con el tarso y con el reborde orbitario, con la aponeurosis tendinosa del músculo elevador del párpado superior. El septum orbitario también es denominado "ligamento ancho".

### Músculos palpebrales.

Son tres músculos: el elevador del párpado superior, el orbicular, y el de Müller.

- Músculo elevador del párpado superior: Para muchos autores es un músculo extrínseco ocular, cuyo origen es el vértice de la órbita (el anillo de Zinn). Su trayectoria es rostral situándose craneal al recto superior, ya que en realidad el elevador es una porción del recto superior. Finaliza en la piel del párpado y sobre todo en el tarso superior. La inserción en la piel se realiza por unos haces que atraviesan el músculo orbicular insertándose en la cara profunda de la dermis del párpado superior. El MEPS posee fibras musculares estriadas y lisas y es inervado por el III par craneal o "motor ocular común".
- Músculo orbicular: Es un músculo estriado, plano, que se dispone en forma concéntrica alrededor de la hendidura palpebral. Se encuentra en el espesor de los párpados, a cuya piel se adhiere. Tiene una porción orbitaria y otra palpebral. La inervación la realiza el VII par craneal o "facial".
- Músculo de Müller: Está formado por fibras lisas que se desprenden de la cara inferior del MEPS y se dirigen al borde superior del tarso. Su inervación es simpática.

### Glándulas.

Las glándulas del párpado son múltiples. Su importancia radica en su participación en la formación de la película lagrimal. En este cometido destacan las de secreción sebácea (glándulas de Meibomio y glándulas de Zeis) cuya secreción lipídica forma la capa más superficial de la película lagrimal que sirve para evitar la evaporación de la porción acuosa lagrimal.

Las glándulas de Meibomio se encuentran en el interior del tarso y se disponen verticalmente. Drenan en la parte posterior del borde libre del párpado. Su secreción es sebácea. Las glándulas de Zeis también son sebáceas, y están anexas al folículo piloso de las pestañas.

## **Histología.**

Desde la cara anterior a la cara posterior nos encontramos con:

1. Piel. Es la más fina de todo el organismo. Presenta folículos pilosos y algunas glándulas sudoríparas y sebáceas. En el borde palpebral, la piel de los párpados se adelgaza ya que se continúa con la conjuntiva palpebral. En esta zona del borde se pasa de un epitelio queratinizado a un epitelio estratificado no queratinizado.
2. Tejido conjuntivo laxo. También llamado "capa celular subcutánea". Nunca aparece tejido adiposo. Es una capa fina que une los fascículos de las fibras musculares que forman la siguiente capa.
3. Capa muscular. Es la porción palpebral del orbicular, también llamada "capa de fibras musculares estriadas". En la zona del borde libre es atravesada por folículos pilosos.
4. Tejido conjuntivo laxo o "capa celular submuscular". Es más delgada que la subcutánea. Por ella discurren las ramas principales de las arterias palpebrales.
5. Capa fibrosa o fibroelástica. Su parte central está constituida por los tarsos. Su parte periférica es el septum orbitario. Es tejido conjuntivo denso. En el interior de los tarsos nos encontramos con unas glándulas alveolares llamadas "glándulas de Meibomio".
6. Capa de fibras musculares lisas. En el párpado superior corresponde al músculo de Müller.
7. Mucosa conjuntival. También llamada "conjuntiva palpebral". Está bañada por la película lagrimal.

## **Vascularización.**

Está asegurada por las arterias palpebrales, que son ramas de la arteria oftálmica. Distinguimos dos arterias, la superior y la inferior. Ambas se abren en abanico creando un gran número de ramas que irrigan los párpados, la conjuntiva y la musculatura palpebral.

La circulación venosa termina en las venas oftálmicas superior e inferior.

## **Inervación.**

La inervación es de dos tipos: sensitiva y motora.

### Inervación sensitiva o visceral.

La sensibilidad del párpado superior se transmite por ramas del nervio oftálmico, y la del párpado inferior por ramas del nervio maxilar.

Párpado superior -> ramas del n. oftálmico: n. lacrimal (1/3 externo), n. supraorbitario (1/3 medio), n. frontal medio (1/3 interno) y n. nasal externo o "nasociliar" (1/3 interno).

Párpado inferior -> ramas del n. maxilar: n. temporomalar (1/3 externo), n. infraorbitario (1/3 medio) y n. nasal externo o "nasociliar" (1/3 interno).

### Inervación motora o somática.

El músculo orbicular está inervado por ramas palpebrales del VII par craneal o "nervio facial" que provoca el cierre de los párpados.

El M.E.P.S. está inervado por la rama ascendente o superior del III par craneal o "motor ocular común" que retrae al párpado superior.

El músculo de Müller está inervado por fibras simpáticas que viajan a través del V par craneal. Cuando estas fibras se contraen, regulan la apertura de la hendidura palpebral. Este músculo es el responsable del movimiento reflejo e involuntario del parpadeo.

## 3.b. Conjuntiva.

### Anatomía.

Es una membrana mucosa transparente que cubre o tapiza la cara posterior de los párpados extendiéndose desde el borde libre hasta el borde adherente. Continúa tapizando la cara anterior del globo ocular hasta llegar al limbo esclerocorneal. El epitelio de la conjuntiva del limbo se continúa con el epitelio corneal. Por tanto, la conjuntiva se extiende desde el borde libre palpebral superior hasta el inferior, estando siempre ausente alrededor de la córnea.

Sus funciones son proteger la cavidad orbitaria y el globo ocular ante la presencia de cuerpos extraños, unir los párpados al segmento anterior del globo ocular, y participar en la elaboración de la película lagrimal.

Se divide en: conjuntiva palpebral, conjuntiva del fórnix o "fondo de saco", y conjuntiva bulbar.

### Conjuntiva palpebral.

Se subdivide en conjuntiva palpebral marginal, conjuntiva palpebral tarsal, y conjuntiva palpebral orbitaria.

- Conjuntiva palpebral marginal: Es delgada, transparente, y muy vascularizada. Se extiende desde el tercio posterior del borde libre de los párpados hasta la zona donde se inician los tarsos. Siempre se encuentra cubierta de película lagrimal y en ella se abren los puntos lagrimales. Comienza por detrás de los orificios de drenaje de las glándulas de Meibomio o "tarsales".
- Conjuntiva palpebral tarsal: Está muy vascularizada y tapiza los tarsos a los que se adhiere con gran fuerza.
- Conjuntiva palpebral orbitaria: Se sitúa por detrás de la parte posterior de la aponeurosis tendinosa del M.E.P.S. Esta conjuntiva se une más laxamente que la anterior, lo que permite que el globo ocular gire sin tensiones. También aparecen pliegues y surcos.

### Conjuntiva del fórnix o "fondo de saco".

Es donde la conjuntiva se refleja para tapizar la parte anterior del globo ocular, concretamente parte de la esclera y la totalidad del limbo.

### Conjuntiva bulbar.

Es la más delgada y transparente. Está menos vascularizada y se subdivide en conjuntiva bulbar escleral y conjuntiva bulbar perilímbica o "pericorneal".

- Conjuntiva bulbar escleral: Se extiende desde la conjuntiva del fórnix hasta la conjuntiva perilímbica.
- Conjuntiva bulbar perilímbica o "pericorneal": Aproximadamente de 3 mm. Se encuentra alrededor de la córnea.

Ambas conjuntivas bulbares, la escleral y la perilímbica o "pericorneal", presentan forma anular.

### **Histología.**

Está formada por dos tipos de tejido, una capa más superficial que está bañada por la película lagrimal y es epitelio conjuntival, y una capa más profunda que es tejido conjuntivo denso y a la que también se llama "lámina o sustancia propia".

El epitelio de la conjuntiva es estratificado no queratinizado de células prismáticas. La cantidad de capas celulares de este epitelio difiere dependiendo de la localización de la conjuntiva, de forma que en la conjuntiva marginal el epitelio es estratificado, en la conjuntiva tarsal hay dos capas de células, en la conjuntiva orbital hay 2 o 3 capas, los epitelios del fórnix y de la conjuntiva escleral tienen 3 capas de células, en el limbo vuelve a aumentar el número de capas celulares, y en las proximidades de la córnea el epitelio de la conjuntiva perilímbica puede llegar a tener hasta 10 capas celulares.

Lo más significativo es que este epitelio es de dos tipos: de revestimiento y glandular. Las glándulas son unicelulares. Producen mucus o "mucina" (células caliciformes). Pueden encontrarse de forma aislada en el epitelio o bien agrupándose formando un islote en cuyo interior hay gran cantidad de producto de secreción. En la conjuntiva del limbo y en la palpebral es donde menos cantidad de células caliciformes hay.

En las células epiteliales de la conjuntiva bulbar hay microvellosidades.

### **Vascularización.**

Tiene una doble procedencia: la red palpebral, formada por las arterias palpebrales, y la red de arterias ciliares anteriores.

La red palpebral tiene dos arcadas superiores, la arcada palpebral periférica y la arcada palpebral marginal, y una arcada marginal inferior. Las dos superiores se anastomosan formando el plexo retrotarsal. Esta red palpebral nutre a la conjuntiva palpebral y a la conjuntiva del fórnix, creando las arterias conjuntivales posteriores.

La red de arterias ciliares anteriores, antes de penetrar en el limbo que está a unos 2 mm., da lugar a las arterias conjuntivales anteriores que vascularizan la conjuntiva bulbar hasta alcanzar la conjuntiva perilímbica. Una vez que la alcanzan se anastomosan con las ramas de las arterias conjuntivales posteriores y forman en la conjuntiva perilímbica una red vascular en empalizada.

### **Drenaje.**

Tiene dos vías. Una se realiza a través de las venas conjuntivales palpebrales, ramas de las venas oftálmicas superior e inferior, y la otra a través de las venas ciliares anteriores que drenan en las venas musculares. En la conjuntiva hay una rica red de vasos linfáticos que forman un plexo linfático en la conjuntiva pericorneal.

### **Inervación.**

Es fundamentalmente sensitiva, porque no hay músculos.

La conjuntiva palpebral superior y la del fondo de saco o "fórnix" superior se inervan a través de los nervios lagrimal y frontal. La conjuntiva palpebral inferior y la del fondo de saco o "fórnix" inferior se inervan a través del nervio lagrimal y el nervio infraorbitario. La conjuntiva bulbar se inerva a través de ramas del V par craneal.

También están presentes órganos nerviosos terminales sensitivos, como los corpúsculos táctiles de Meissner y los corpúsculos de Krause.

## **3.c. Vías lagrimales.**

El sistema lagrimal está formado por dos componentes, uno *secretor de película lagrimal* (glándulas lagrimales), y otro *excretor de película lagrimal* (vías lagrimales).

### **Película lagrimal.**

Las lágrimas bañan permanentemente la córnea, la conjuntiva y los fondos de saco conjuntivales. Están organizadas en una película completa, la "película lagrimal", que forma una barrera entre el epitelio córneoconjuntival y el medio externo. Su función es triple:

- Nutritiva: la lágrima aporta oxígeno diluido de la atmósfera y nutrientes (glucosa fundamentalmente).
- Protectora: como humectante evita la desecación del epitelio corneal y conjuntival. También tiene acción antiséptica (lisozima). Como la córnea es avascular, necesita de la lágrima para protegerse contra el frío. Además, la lágrima arrastra mediante el parpadeo los desechos del metabolismo corneal y los cuerpos extraños.
- Óptica: proporciona perfección óptica al dioptrio aire-córnea al cubrir irregularidades microscópicas del epitelio corneal (tienen índices de refracción prácticamente iguales).

La película lagrimal es estable excepto en circunstancias particulares (traumatismos, patología ocular, emociones). Esta estabilidad se consigue a costa de una estructura compleja y a un equilibrio entre la secreción (glándulas lagrimales) y la eliminación (vías lagrimales).

## Glándulas lagrimales.

Las lágrimas son el producto de dos series de glándulas (componente secretor del aparato lagrimal), las primarias y las secundarias.

### a) Primarias:

#### Glándula lagrimal principal.

**Anatomía:** Situada en el ángulo superotemporal orbitario. Está dividida parcialmente por la aponeurosis lateral del M.E.P.S. en dos porciones:

- Porción orbitaria: de mayor tamaño, superior y alojada en la fosa lagrimal.
- Porción palpebral: de menor tamaño, alojada en el párpado superior (zona craneolateral del fórnix conjuntival superior).

Su secreción es acuosa, de ahí que se denomine "humor acuoso", y se libera a través de los conductos excretores que se abren en el fórnix conjuntival superior.

**Histología:** Es una glándula túbuloalveolar constituida por varios lóbulos divididos en lobulillos cuya unidad secretora recibe el nombre de "acino". En estos acinos, las glándulas secretoras se disponen alrededor de una luz central por la que envían el producto. Alrededor y en su parte basal hay unas células mioepiteliales llamadas "células de Boll" encargadas de comprimir a estas células secretoras de los acinos para que envíen su producto de secreción hacia la luz.

**Vascularización:** Fundamentalmente a partir de la arteria lagrimal, rama de la arteria oftálmica, que es rama a su vez de la carótida interna.

**Drenaje:** A través de la vena lagrimal que drena en la vena oftálmica superior y que en algunos casos se vacía directamente en el seno cavernoso.

**Inervación:** A través del nervio lagrimal, que lleva tres tipos de fibras nerviosas, las sensitivas, las parasimpáticas y las simpáticas.

- Sensitivas (aférentes): se originan en el ganglio de Gasser. Recogen la sensibilidad de la glándula, el párpado superior, la conjuntiva y la pared lateral de la frente.
- Parasimpáticas (eferentes): parten del núcleo lagrimonasal, próximo al núcleo del facial en la protuberancia. A continuación, estas fibras se introducen en el nervio facial, cuyo trayecto siguen hasta que se introducen en el nervio lagrimal. Su estímulo produce la secreción de la glándula lagrimal principal.
- Simpáticas (eferentes): se originan en el plexo pericarotídeo.

#### Glándulas accesorias:

Su secreción es acuosa (serosa). Son de dos tipos: de Wolfig y de Krause.

Las de Wolfig tienen sus acinos localizados tanto en la periferia de los tarsos como en el fórnix. Son más abundantes en el superior que en el inferior.



Las de Krause tienen acinos tubulosos situados en el tejido conjuntivo subconjuntival del fórnix superior e inferior. Son más abundantes en el fondo de saco superior.

#### b) Glándulas secundarias:

Células de Goblet: Son de secreción mucosa.

Glándulas de Manz: raras en el ser humano adulto. Se localizan en la conjuntiva perilímbica.

Criptas de Henle: formaciones similares a las células caliciformes. Se localizan en la conjuntiva tarsal superior e inferior.

Glándulas palpebrales: Son de secreción lipídica.

Glándulas de Meibomio: en el espesor de los tarsos (también llamadas "glándulas tarsales"). Se disponen paralelas entre sí y perpendiculares al borde libre de los párpados. Su orificio de secreción se abre en la parte posterior de este borde libre formando una hilera. Las del tarso superior son más largas y numerosas.

Glándulas de Zeiss y Moll: anejas a las pestañas. Las de Zeiss son sebáceas y su orificio de secreción se sitúa en la base de las pestañas. Las de Moll son sudoríparas modificadas y su orificio de excreción se sitúa en el borde libre del párpado, entre las pestañas.

#### **Estructura de la película lagrimal.**

La película lagrimal se compone de una capa mucosa, una capa intermedia acuosa, y una capa lipídica en la superficie, con un espesor total de 7 µm aprox.

- Capa mucosa. Representa el 0,7% del espesor total de la película lagrimal. Es una capa glucoproteica secretada por las células de Goblet. Está íntimamente unida al epitelio corneal gracias a las microvellosidades de las células epiteliales. La mucina forma una capa protectora húmeda sobre el epitelio debido a su capacidad de ligarse al agua y retenerla (capa hidrofílica). También baja la tensión superficial del componente acuoso y ayuda a que éste se extienda sobre las superficies corneal y conjuntival. Otras de sus funciones son lubricar la córnea para facilitar el deslizamiento palpebral, y atrapar microorganismos y cuerpos extraños. La córnea se vuelve hidrofóbica si esta capa se elimina artificialmente.
- Capa acuosa. Corresponde al 98% del espesor de la película lagrimal. Es secretada por la glándula principal y las glándulas accesorias. El 98,2% es agua y el resto son componentes inorgánicos y gases. Esta capa es la más importante en el intercambio de materiales a través de la superficie corneal y en la protección de la córnea.
- Capa lipídica. Constituye el 1,5% del espesor total de la película lagrimal. Es producida por las glándulas de Meibomio y en menor medida por las glándulas de Zeiss y Moss. Separa la película lagrimal del medio externo. Su función principal es retrasar la evaporación de la capa acuosa y proporcionar mayor estabilidad a la película lagrimal.

#### **Vías lagrimales de excreción.**

El aparato excretor de las lágrimas está constituido por las vías lagrimales.

Anatomía: las vías lagrimales drenan desde el lago lagrimal, que es un espacio triangular donde se acumulan las lágrimas y cuyo vértice se encuentra en el ángulo interno de los párpados. La base es una línea que une los puntos lagrimales superior e inferior, y el fondo está ocupado por el repliegue semilunar. Está constituido por:

- Puntos lagrimales: Son dos, uno en cada párpado, en su borde libre y en el ángulo interno o medial. Se abren sobre unas zonas más elevadas llamadas “papilas lagrimales”. Son redondos u ovalados y están rodeados por un tejido denso avascular que emana del tarso y permite que los puntos lagrimales permanezcan siempre abiertos. Se continúan con los canalículos lagrimales.
- Canalículos lagrimales: son también dos, el superior y el inferior. Cada uno de ellos presenta dos porciones:
  - porción vertical que presenta una forma más estrecha llamada "sifón lagrimal" en la zona de unión con los puntos lagrimales, y una zona más dilatada llamada "ampolla lagrimal".
  - porción horizontal: se unen las porciones de ambos párpados, superior e inferior, en un corto segmento intermedio llamado “canal o conducto de unión”. Su longitud es de 7 a 10 mm.
- Saco lagrimal: Se aloja en el canal óseo lagrimal constituido por detrás por el unguis, y por delante por la apófisis ascendente del maxilar superior. El canal de unión desemboca en este saco lagrimal, y de aquí parte el conducto lagrimonasal. Su longitud es de 10 a 15 mm.
- Canal lagrimonasal: Puede considerarse la parte inferior del saco y desemboca en el meato nasal inferior, con una longitud de 15 mm.
- Orificio nasal inferior: Situado aprox. a 3 cm. de la ventana de la nariz. Está frecuentemente recubierto por un repliegue mucoso que forma la válvula de Hesner, la cual favorece el drenaje de la película lagrimal a la cavidad nasal.

Histología: En los canalículo,s el epitelio es muy similar al de la conjuntiva, presentando un epitelio pavimentoso (células planas) estratificado no ciliado. Por debajo hay tejido conjuntivo que es poco vascularizado, con abundantes fibras elásticas, y rodeado por una red de fibras musculares. En la porción vertical las células epiteliales que dan a la luz presentan numerosas microvellosidades inexistentes en la porción horizontal. En el saco y canal lagrimonasal existe el mismo tipo de epitelio cilíndrico estratificado no ciliado. Es un epitelio mixto, secretor (presenta células caliciformes) y de recubrimiento. El tejido conjuntivo presenta abundantes fibras elásticas y plexos vasculares.

Vascularización: arterias palpebrales internas (superior e inferior), arteria nasal y arteria angular. Todas ellas son ramas de la arteria oftálmica.

Drenaje: O por las venas oftálmicas o por la vena angular.

Inervación: Es fundamentalmente sensitiva, a través de ramas descendentes del nervio nasal externo y del nervio infraorbitario.

## 4. Túnica Fibrosa Ocular.

La túnica fibrosa del globo ocular está constituida por la esclerótica, posterior y opaca, y la córnea, anterior y transparente. En conjunto constituyen una cápsula para el globo ocular.

### 4.a. La esclerótica.

Constituye la envuelta externa del globo ocular, “el blanco de los ojos”. Su color blanco se debe a la dispersión de la luz por la disposición irregular de los haces de colágeno. Si se adelgaza se vuelve más azulada y, con la edad, se amarillea ligeramente. Sus funciones son protección, conformación de la forma del globo ocular y anclaje para estructuras intra y extra oculares.

Histológicamente está constituida por fibras de colágeno y, en menor proporción, por fibras elásticas agrupadas en fascículos con diferentes direcciones. La ordenación de dichos fascículos de fibras se va haciendo más regular a medida que llega al limbo esclerocorneal y a la córnea para conferir transparencia a la córnea. Otro factor que hace que la córnea sea transparente es la elevada hidratación que posee.

#### **Forma y dimensiones.**

Espesor:

Ecuador: 0,5 mm.

Polo posterior: 1 mm.

Limbo: 0,7 mm.

Inserción de los músculos rectos: 0,3 mm. (0,6 mm. sumando el tendón).

Radio de curvatura:

Posterior al ecuador: 11,5 mm.

Anterior al ecuador: 12,5 a 15 mm.

#### **Estructura.**

La esclera comienza a formarse desde la quinta semana de gestación, a partir del mesodermo (mesénquima), derivando, asimismo, la coroides y las capas superficiales de la córnea.

Desde la superficie hacia el interior la esclerótica posee tres láminas: epiesclera, estroma escleral, y lámina fusca.

- **Epiesclera.** Es una capa gruesa de tejido conjuntivo laxo vascularizado ubicado entre la vaina del globo ocular o "cápsula de Tenon" y el estroma escleral. Las fibras de colágeno que posee se continúan con las de estas dos capas adyacentes. En su parte anterior está muy vascularizada a expensas del plexo que forman las arterias ciliares anteriores, que le proporcionan gran aporte nutritivo y reaccionan intensamente a la inflamación de la esclera.
- **Estroma escleral.** Es la capa más gruesa. Tejido conjuntivo fibroso denso que contiene fibras elásticas entremezcladas, escasos fibroblastos y sustancia fundamental relativamente

avasascular. A diferencia de la córnea, las fibras de colágeno (de tipos I y III) son de diámetro variable (28-280  $\mu\text{m}$ ) y su distribución es irregular.

- Lámina fusca. Es la capa más profunda, delgada. Es también tejido conjuntivo, y tiene un característico color oscuro por su contenido en melanocitos. Está en contacto con la túnica vascular y sus fibras, que forman débiles trabéculas, unen el estroma escleral a la coroides y el cuerpo ciliar. Aloja vasos y nervios que se dirigen a otras regiones del globo ocular.
- Limbo esclerocorneal. Existe una zona especial de transición entre esclera y córnea que es lo que denominamos "limbo esclerocorneal", que en la superficie externa delimita el surco escleral ("surco esclerocorneal"). Constituye la pared externa del ángulo iridocorneal. En la cara interna del surco escleral, la esclera en su unión con la córnea presenta una proyección denominada "espolón escleral", sobre el que se insertan fibras meridionales del músculo ciliar.
- Lámina cribosa. Con forma de embudo y un diámetro de 1,5 a 3 mm., es el área perforada en su porción posterior que permite la salida del globo ocular de los axones que constituyen el nervio óptico, así como la entrada y la salida de los vasos sanguíneos y nervios ciliares cortos.

### **Vascularización.**

Es bastante escasa, excepto en la episclera. En su parte anterior mediante ramas de las arterias y venas ciliares anteriores y en la posterior, entorno a la cabeza del nervio óptico mediante un sistema de venas y arterias llamado círculo de Haller-Zinn.

### **Inervación.**

Está inervada por los nervios ciliares cortos y largos (ramas del V par craneal o "trigémico") que perfora la esclera alrededor del nervio óptico.

## **4.b. La córnea.**

Es la porción anterior y transparente de la capa fibrosa ocular que proporciona cerca de dos terceras partes del poder refractivo necesario para enfocar la luz en la retina. Sus dos superficies están en contacto con medios líquidos. La anterior está cubierta por la película lagrimal y, a través de ésta, en contacto con la atmósfera (ojos abiertos) o la conjuntiva de los párpados (ojos cerrados). La superficie posterior está bañada por el humor acuoso que circula en la cámara anterior.

Tiene tres funciones principales:

- Transmisión de la luz con las menores distorsión y absorción. Esta cualidad (transparencia) se debe a la disposición regular del tejido conectivo del estroma corneal, al espesor mínimo de la estructura y a la ausencia de vasos sanguíneos y mielina en las fibras nerviosas.
- Refractiva. Es la estructura de mayor poder ocular: 42-46 dioptrías.
- Protección de las estructuras oculares sin comprometer los requisitos ópticos.

## **Forma y dimensiones.**

Tiene forma de lente cóncavo-convexa. La curvatura corneal se aplanan hacia el limbo. La medición de los radios suele referirse a la zona central (radio anterior: 7,8 mm.; radio posterior: 6,7 mm.). Su grosor tampoco es homogéneo y crece desde el centro (0,5-0,6 mm.) hasta el limbo (0,7-1,0 mm.).

## **Estructura.**

El estudio histológico permite distinguir cinco capas corneales. Desde el exterior a la profundidad son: el epitelio corneal, la lámina limitante anterior ("membrana de Bowman"), el estroma corneal, la lámina limitante posterior ("membrana de Descemet") y el endotelio corneal. De la estructura de estas cinco capas dependen todas las cualidades funcionales de la córnea.

- Epitelio corneal. Es un epitelio plano (escamoso) estratificado no queratinizado, formado por 5-6 capas de células de tres tipos diferentes que conforman una estructura extremadamente regular con un grosor mantenido de unas 50  $\mu\text{m}$ .

Las células basales, de forma cilíndrica, forman una monocapa que es la capa más profunda del epitelio, pegadas a la membrana limitante externa.

La zona intermedia, presenta 2 ó 3 capas de células que se van aplanando, formada por proliferación de las células basales.

Las células superficiales (escamosas), se disponen en dos capas y son las responsables de que la superficie anterior, en contacto con la película lagrimal, sea muy homogénea.

El epitelio, por su resistencia a la abrasión y rápida cicatrización, es una barrera mecánica muy eficaz frente a los agentes externos. Las bacterias no tienen capacidad de adherirse a un epitelio íntegro. Además actúa como barrera metabólica que impide la hidratación excesiva del estroma ( ante una abrasión epitelial, el estroma se torna edematoso por adsorción de lágrima).

La superficie celular anterior de la cornea se va renovando a expensas de las capas subyacentes en un ciclo que dura, aproximadamente, una semana.

Las fibras nerviosas, terminaciones libres estrictamente amielínicas, se disponen entre las células epiteliales justo bajo las células superficiales. Su extrema sensibilidad desencadena los reflejos de cierre palpebral y secreción lagrimal.

- Lámina limitante anterior o "membrana de Bowman". No es la membrana basal del epitelio sino la capa más externa del estroma. De 10-12  $\mu\text{m}$  de grosor, está compuesta por fibras de colágeno (de menor calibre que las del estroma), no ordenadas, en una matriz típica del conjuntivo. Es acelular y su espesor continuo regulariza la superficie del estroma. Si se daña puede ser invadida por tejido cicatricial.
- Sustancia propia o "estroma". Es la capa corneal de mayor espesor (en el centro unas 500  $\mu\text{m}$ , 90% del espesor corneal total). Está constituida por entre 200 y 250 lamelas de colágeno embebido en una matriz de glicosamínglicos (GAG) y glicoproteínas, con fibroblastos entre ellas. Las fibras de colágeno tienen un diámetro que oscila entre los 21 y 65 nm y componen las lamelas orientándose paralelas y uniformemente espaciadas. Cada

lamela tiene 2  $\mu\text{m}$  de espesor y una anchura que oscila entre 10 y 250  $\mu\text{m}$  y se disponen oblicuamente entre ella y paralelas a la superficie corneal, extendiéndose de limbo a limbo. La superposición de las lamelas confiere resistencia y estabilidad mecánica a la córnea. Los fibroblastos de la sustancia propia son los encargados de sintetizar las fibras y la sustancia fundamental del estroma y, por lo tanto, los que lo renuevan y reparan.

- Lámina limitante posterior o "membrana de Descemet". Es la membrana basal del endotelio. Compuesta por fibras de colágeno entrecruzadas, es resistente, elástica y de un grosor homogéneo.
- Endotelio corneal. Es una monocapa de células poligonales con un espesor de 5  $\mu\text{m}$ . Las membranas celulares se interdigitan y unen entre ellas, presentando algunas microvellosidades hacia la cámara anterior. Actúan como barrera controlando el grado de hidratación corneal.

Estas células no se dividen, por lo que, con la edad, al descender su número, se aplanan y disminuye su grosor. Ante un daño en el endotelio que comporte pérdida celular se extienden para cubrir el defecto. Esta pérdida se manifiesta por el polimegatismo (diversidad de tamaño entre las células) y pleomorfismo (diversidad de formas).

### **Vascularización e inervación.**

La córnea es avascular con el fin de mantener su transparencia. Los capilares de la conjuntiva y de la epiesclera terminan en asas cerca de la periferia. La córnea también carece de vasos linfáticos.

Opuestamente a la vascularización, la inervación corneal es abundante, es sensitiva y deriva de la división oftálmica del trigémino, a través de los nervios ciliares largos. Son fibras amielínicas que terminan entre las células epiteliales en forma de terminaciones libres.

### **Metabolismo corneal.**

La córnea es avascular para mantener su transparencia, por lo que recibe sus metabolitos de los vasos del limbo, del humor acuoso y de la película lagrimal.

La principal fuente de glucosa es el humor acuoso. El oxígeno se recibe principalmente de la atmósfera a través de la lágrima, y en menor proporción del humor acuoso y de los capilares del limbo. Cuando los ojos están cerrados, es la vascularización de la conjuntiva palpebral quien aporta el oxígeno.

Las claves para entender la fisiología de la córnea se encuentran en las funciones de barrera del epitelio, y de bombeo metabólico del endotelio. Cualquier problema da lugar a un desequilibrio entre estas dos funciones, lo que produce un edema con pérdida de transparencia al ser el estroma corneal hipertónico con respecto a la lágrima y al humor acuoso.

El epitelio corneal limita la entrada de fluidos desde la lágrima (función de barrera). El endotelio regula el movimiento de agua y sustancias desde el acuoso al estroma, retirando el exceso de fluidos. Con esto, mantiene la transparencia alta y el grosor constante gracias a una bomba sodio-potasio (función de bombeo). En condiciones normales, la córnea contiene un 78% de agua (hay un relativa deshidratación).

La córnea genera su energía metabólica en forma de ATP (trifosfato de adenosina) y la ruta metabólica principal para su obtención es la glicólisis aeróbica, usando glucosa como principal sustrato.

En resumen, la transparencia corneal es consecuencia de tres hechos:

- Disposición paralela de las fibras de colágeno en el estroma.
- Fibras nerviosas amielínicas y ausencia de vasos sanguíneos.
- Estado de deshidratación.

## 5. Túnica vascular ocular.

Es la "capa vascular del globo ocular", "úvea" o "tracto uveal" (es adecuado recordar estos términos, más antiguos, porque constituyen la raíz de los términos patológicos). Comprende a la "coroides", el "cuerpo ciliar" y el "iris" (úvea posterior, úvea media y úvea anterior). Constituye la capa media, pigmentada y vascularizada, del globo ocular.

### 5.a. La coroides.

Es una capa delgada muy vascularizada y pigmentada que cubre la superficie interna de la esclera desde el nervio óptico hasta el cuerpo ciliar (casi las 5/6 partes posteriores del globo ocular).

#### **Forma y dimensiones.**

Su espesor de 0,2 mm en el polo posterior se adelgaza anteriormente hasta ser de 0,1 mm. Su superficie externa está laxamente unida a la lámina fusca de la esclera, salvo en el disco óptico o "papila", donde se continúa con los tejidos de la piamadre y la aracnoides (meninges) del nervio óptico, y se une firmemente a la esclera. Su cara interna, sin embargo, queda fuertemente adherida al epitelio pigmentario de la retina.

#### **Estructura.**

En gran medida, la estructura de la coroides está constituida por un plexo capilar denso, con un rico flujo sanguíneo a una presión de unos 20 mmHg (dado que la presión intraocular es de 15-20 mmHg, para mantener la perfusión es necesaria una presión ligeramente superior).

La circulación coroidea podría ser un importante regulador de la temperatura retiniana, manteniéndola constante en el rango fisiológico adecuado a la función de los pigmentos de los fotorreceptores.

Se consideran, habitualmente, cuatro capas en la coroides: lámina supracoroidea, lámina vascular, lámina coroidocapilar, y lámina basal o membrana de Bruch.

- Lámina supracoroidea. Es el tejido de transición con la esclerótica, de unos 30  $\mu\text{m}$  de espesor. Es similar a la lámina fusca (fibras colágenas y elásticas con fibroblastos y melanocitos), con la que se continúa de forma poco firme. El espacio virtual generado entre ellas, "espacio pericoroideo", aloja vasos y nervios que se dirigen a la úvea anterior (iris).
- Lámina vascular. Constituida principalmente por vasos sanguíneos embebidos en tejido conjuntivo laxo. Las ramas arteriales provienen de las arterias ciliares largas, mientras que las venas se reúnen formando los cuatro troncos de las venas vorticosas que, a su vez, son tributarios de las venas oftálmicas.
- Lámina coroidocapilar. Es la responsable del aporte nutritivo a las capas de la retina, al menos en parte. Sus capilares son cortos y de buen calibre, fenestrados en la pared próxima a la retina. Entre su tejido conjuntivo laxo se distribuyen fibras nerviosas simpáticas no mielinizadas.



- Lámina basal o "membrana de Bruch". Con un espesor homogéneo de 2-4  $\mu\text{m}$ , representa la unión de la coroides al epitelio pigmentario de la retina (membrana basal de la coroidocapilar, colágeno, elastina y membrana basal del epitelio pigmentario de la retina).

## 5.b. Cuerpo ciliar

El cuerpo ciliar se continúa directamente con la coroides por detrás y con el iris por delante.

### **Forma y dimensiones.**

Es un anillo peripolar, con forma de cuña en secciones meridionales, que se extiende desde el espolón escleral (a 1,5 mm. del limbo) hasta la ora serrata (límite con la retina), con una anchura meridional de 5,5-6,5 mm. Su cara externa queda recubierta por la esclerótica (lámina fusca) y la superficie interna se orienta hacia el humor vítreo.

Anteriormente, el cuerpo ciliar confluye con la periferia del iris y la córnea, formando el fondo del ángulo iridocorneal de la cámara anterior. La parte posterior de la superficie interna, que limita con la ora serrata, es plana y se denomina "orbículo ciliar" ("pars plana", "anillo ciliar"). Su superficie ocupa más de la mitad meridional del cuerpo ciliar (3,5-4 mm.).

Los "procesos ciliares" son entre 70 y 80 pliegues de 2-3 mm. de longitud que se proyectan hacia el cristalino elevándose de posterior a anterior, y constituyen la "corona ciliar" ("pars plicata") que rodea la periferia del iris.

Las depresiones entre cada proceso ciliar son los "valles ciliares". Las fibras de la "zónula ciliar" ("ligamento suspensorio del cristalino", "zónula de Zinn") se extienden hacia los valles ciliares, pasando más allá de los procesos, para fusionarse con la membrana basal del orbículo ciliar en la cercanía de las proyecciones festoneadas de la ora serrata.

La superficie anteroexterna de los procesos ciliares de la pars plicata forma parte de la cámara posterior y está bañada por el humor acuoso, mientras que el humor vítreo se adhiere a la parte posterior de la pars plana.

### **Estructura.**

Histológicamente se consideran tres territorios en el cuerpo ciliar: epitelio ciliar, estroma ciliar y músculo ciliar.

- Epitelio. Es bilaminar, formado por dos epitelios simples con una membrana basal interpuesta. La lámina superficial posee células cilíndricas, que tapizan la superficie del orbículo ciliar, y cuboidales, que recubren los procesos ciliares. Esta capa carece de células pigmentadas. La lámina profunda es continuación de la capa pigmentaria de la retina. Sus células son cúbicas y contienen abundantes gránulos cargados de melanina.
- Estroma. Es una masa de tejido conjuntivo laxo con fibras de colágeno. Se extiende dando continuidad a los procesos ciliares y el músculo ciliar. Está repleto de capilares grandes, la mayoría muy cercanos a la superficie del epitelio. En los procesos ciliares, donde su número es particularmente importante, estos capilares son fenestrados.

- **Músculo ciliar.** Es una masa anular de músculo liso que circunda todo el cuerpo ciliar. Sus fibras se disponen en tres orientaciones diferentes generando otros tantos fascículos. De este modo, la mayoría de los autores hablan de fibras meridionales, radiales y circulares. Todas ellas parecen insertarse en el espolón escleral. Las fibras más externas son las meridionales, mientras que las más internas forman un esfínter alrededor de la periferia del cristalino. Entre ambas capas se localizan fibras oblicuas de interconexión que constituyen el grupo de fibras radiales.

La acción del músculo ciliar es primordial en el proceso de acomodación. La contracción del músculo (por estimulación parasimpática) provoca la relajación de las fibras zonulares, lo que genera que el cristalino mantenga su forma abombada (radio de curvatura menor, mayor potencia visión cercana). La relajación del músculo (cese de la actividad parasimpática) provoca la tensión de las fibras de la zónula ciliar y, por ende, el aplanamiento del cristalino (radio de curvatura mayor, menor potencia, visión lejana).

### **Vascularización.**

El círculo arterial mayor del iris, localizado en la raíz del mismo con el cuerpo ciliar, se forma de la anastomosis de las dos arterias ciliares posteriores largas y algunas ramas de las arterias ciliares anteriores. El drenaje venoso principal es hacia las venas vorticosas y, en menor grado, hacia las venas ciliares anteriores.

### **Inervación**

La inervación del cuerpo ciliar es sensitiva y autónoma. La sensitiva corresponde a los nervios ciliares cortos y largos, ramas de la división oftálmica del nervio trigémino. La simpática produce vasoconstricción. La inervación parasimpática, clave en la acomodación, depende de las fibras del ganglio ciliar.

## **5.c. Iris.**

Constituye la porción más anterior de la capa vascular del ojo y es visible a través de la córnea. Es un diafragma regulable que posee un orificio casi central, la "pupila", de diámetro modificable. Ligeramente excéntrica (nasal-inferior) su diámetro varía de 1 a 8 mm. (miosis-midriasis), adaptándose con rapidez a los distintos niveles de iluminación.

### **Forma y dimensiones.**

El iris divide el segmento anterior del ojo en las cámaras anterior y posterior. Su superficie está bañada por el humor acuoso, y por su raíz se continúa con el cuerpo ciliar. Tiene ligera forma de cono truncado, pues la convexidad del cristalino empuja el plano pupilar hacia adelante. El diámetro medio del iris es de unos 12-13 mm. (la córnea introduce una ampliación de un 12%) y su grosor varía entre 0,1 mm. en la raíz y 0,6 mm. en el collarete, que es una estructura que, a 1,5 mm. aprox. del margen pupilar, divide la superficie anterior del iris en las zonas pupilar y ciliar.

### **Estructura.**

En el iris podemos encontrar superficie anterior, estroma y epitelio.

- **Superficie anterior.** Es un tejido conjuntivo delgado con fibras de colágeno, fibroblastos y melanocitos, y carente de epitelio. La gama de colores del iris se extiende desde el azul claro hasta el marrón muy oscuro. El color es el efecto combinado del tejido conjuntivo y de las células pigmentarias que absorben y reflejan selectivamente diferentes frecuencias lumínicas. Cerca de los bordes pupilar y ciliar existen depresiones de la superficie sin células pigmentadas ("criptas de Fuchs") que permiten la visión del estroma subyacente.
- **Estroma.** Es tejido conjuntivo con haces laxos de colágeno dispuestos radialmente, fibroblastos, melanocitos y macrófagos. Contiene una importante red de vasos y de fibras nerviosas. En el margen pupilar del estroma, un anillo de fibras musculares lisas constituye el músculo esfínter de la pupila (miosis).
- **Epitelio.** La superficie posterior del iris posee un epitelio pigmentado de doble capa que desborda la pupila y es, por tanto, visible tapizando la porción central del margen pupilar. La capa anterior del epitelio posee células mioepiteliales (contráctiles) que forman el músculo dilatador de la pupila (midriasis). Las células de la capa posterior del epitelio contienen numerosos gránulos de melanina que impiden el paso de la luz y confieren a la superficie posterior del iris su típico aspecto negro con surcos de contracción que son circulares en el área pupilar y radiales periféricamente.

### **Vascularización.**

Desde el círculo arterial mayor los vasos se dirigen hasta anastomosarse en el incompleto círculo arterial menor. Desde éste se dirigen asas capilares hacia el borde pupilar. El drenaje venoso acaba en las venas vorticosas.

# 6. Retina.

## Anatomía.

La retina constituye la túnica interna del globo ocular y representa sus dos tercios internos.

Embriológicamente, la retina se forma de las dos hojas de la copa óptica. De la hoja externa se constituye el epitelio pigmentario de la retina o "pars pigmentaria" y de la hoja interna se constituye la retina neural o "pars nervosa". Tiene un origen neuroectodérmico y puede considerarse una parte adelantada del cerebro.

En el ser vivo la retina es transparente y presenta una coloración rojiza debida a los vasos sanguíneos. Tras la muerte se vuelve leñosa y opaca.

Se extiende desde la papila hasta la ora serrata. Externamente se relaciona a través del epitelio pigmentario con la membrana de Bruch de la coroides, que es su lámina basal. Internamente, la retina se relaciona con el cuerpo vítreo mediante la capa limitante interna, existiendo una fuerte unión entre retina y cuerpo vítreo sobre todo en la hora serrata en la zona de "base del vítreo". Anteriormente o rostralmente, la retina se continúa con el cuerpo ciliar (pars plana) a nivel de la ora serrata. A este nivel la retina sólo consta de 2 capas, la externa pigmentada ("pars pigmentosa"), que es continuación del EPR, y la interna no pigmentada ("pars nervosa"), representando las restantes capas retinianas. De este modo, el epitelio pigmentario se continuará a nivel de la ora serrata con el epitelio pigmentario del cuerpo ciliar y a nivel de la parte nerviosa de la retina con el epitelio pigmentario de células claras del cuerpo ciliar. Posteriormente o dorsalmente se encuentra la papila óptica, donde desaparecen todas las capas de la retina a excepción de la capa de fibras ópticas. En la papila, estas fibras nerviosas están separadas por un tejido glial llamado "tejido intermedio de Kuhnt".

Topográficamente consideramos una retina central , una retina periférica y la ora serrata.

1. **Retina central.** Constituida por una área central de aproximadamente 6 mm de diámetro situada en la parte posterior del globo ocular. En el centro nos encontramos con la mácula lútea, que es una zona ovalada con un color amarillento. En su zona central se sitúa una zona deprimida, avascular, de unos 3 mm. de diámetro y con forma de embudo llamada "fóvea central", que es la zona de mayor agudeza visual, donde sólo hay conos.
2. **Retina periférica.** Predominan los bastones. Se puede dividir en cercana, media y lejana:
  - Periférica cercana. Presenta 1,5 mm de ancho con respecto a la mácula.
  - Periférica media: está a 3 mm de ancho de la mácula.
  - Periférica lejana: está a 9-10 mm de ancho en el lado temporal y 16 mm en el nasal.
3. **La ora serrata.** Es el límite anatómico rostral de la retina. Es más ancha temporalmente que nasalmente. Aquí los bastones van desapareciendo gradualmente, siendo sustituidos por conos deformados. En esta zona desaparece la capa nuclear externa de la retina

La **papila óptica** es un disco elíptico con un diámetro transversal de 1,6 mm situado en zona nasal. Presenta un aspecto rosáceo frente al rojizo de la retina. En la papila no hay fotorreceptores y debido a ello se denomina "punto ciego".

## Histología.

Fue Ramón y Cajal quien descubrió mediante microscopía óptica diez capas de la retina. Desde lo más externo (coroides) hasta lo más profundo, la retina está formada por:

### **Membrana de Bruch**

#### **Epitelio pigmentario de la retina**

#### **Capa de conos y bastones (fotorreceptores)**

**Limitante externa**

**Nuclear externa**

**Plexiforme externa**

**Nuclear interna**

**Plexiforme interna**

**Copa de células ganglionares**

**Capa de fibras del fascículo óptico**

**Limitante interna**

### **Cuerpo vítreo**

La mayoría de los autores consideran que la vía visual está formada por tres neuronas, dos de ellas en la retina:

- Primera neurona: constituida por células bipolares.
- Segunda neurona: correspondiente a las células ganglionares.
- Tercera neurona: situada en el cuerpo geniculado lateral, en el tálamo. Es la "célula geniculada".

Los fotorreceptores van a ser transductores sensoriales, ya que transforman energía química en energía nerviosa. Su estructura da lugar a tres capas de la retina, de forma que la **capa de conos y bastones** va a estar formada por el segmento externo e interno de los fotorreceptores, la **nuclear externa** corresponde a los cuerpos celulares con su núcleo, y la prolongación que transmite el impulso se proyecta a la **plexiforme externa**. Las neuronas de asociación que conducen en horizontal los impulsos nerviosos son las células horizontales y las células amacrinas. Su cuerpo celular con su núcleo están en la capa **nuclear interna** junto con las neuronas de conducción vertical o células bipolares, células gliales y vasos sanguíneos en forma de capilares. La capa **plexiforme interna** corresponde a la sinapsis bipolar-ganglionar-amacrina. El cuerpo de las células ganglionares se encuentra a nivel de la capa de **células ganglionares**. Los axones de estas células ganglionares dan lugar a la capa de **fibras del fascículo óptico**.

- EPITELIO PIGMENTARIO DE LA RETINA (E.P.R.). Es la capa más externa de la retina. Se extiende desde el borde de la papila hasta la ora serrata. Está formada por células cúbicas. La parte basal de estas células está en contacto con la membrana de Bruch de la coroides. La superficie apical presenta microvellosidades que emite hacia el segmento externo de los fotorreceptores. Las paredes laterales de dichas células están fuertemente unidas por desmosomas que sellan unas células con otras, de forma que el EPR parezca una membrana continua a microscopía.

Los gránulos de melanina se disponen en la parte apical y media y nunca en su parte basal. Además poseen otro pigmento, la lipofuccina, que se obtiene de la actividad fagocítica de estas células.

- FOTORREPTORES (CONOS Y BASTONES). Son los encargados de la absorción de la luz y su transformación en impulso nervioso mediante las cromoproteínas, rodopsina y yodosina, que al modificarse por la luz conducen a cambios de potencial de la membrana plasmática. Los dividimos en dos tipos: en forma de conos y en forma de bastones.

Están situados entre el epitelio pigmentario y la capa plexiforme externa inclusive, contribuyendo a formar la capa de conos y bastones, la limitante externa, la nuclear externa y la plexiforme externa. En la fovea central sólo se ven conos mientras que en el resto de la retina predominan los bastones.

Tanto unos como otros constan de tres partes:

- prolongación externa (segmento externo e interno).
- cuerpo o soma celular (fibra de conexión y núcleo).
- prolongación interna (fibra conectante y terminación sináptica, "esférula" en los bastones y "pedículo" en los conos).

En la retina humana, los bastones son alargados. Su número es de 120 millones aprox. y aparecen como cilindros dispuestos perpendicularmente a la limitante externa. Los conos son más cortos, con forma de botella, anchos en su segmento interno y más afilados y cortos en el extremo. Su número es menor que el de los bastones (6,5 millones aprox.), a excepción de la fovea central donde sólo hay conos.

- CAPA DE CONOS Y BASTONES (C. Y B.). Esta capa se localiza entre la capa del E.P.R. y la L.E. Está formada por las prolongaciones externas de los fotorreceptores (segmento externo e interno) que se disponen paralelos entre sí y perpendiculares al epitelio pigmentario.
- CAPA LIMITANTE EXTERNA (L.E.). Se sitúa entre la capa de C. y B. y la capa N.E. y está constituida por la fibra de conexión externa.
- CAPA NUCLEAR EXTERNA (N.E.). Se sitúa entre la L.E. y P.E. En ella se encuentran los cuerpos celulares y los núcleos de los conos y los bastones. Justo por debajo de la L.E. se constituye la hilera de los cuerpos celulares y los núcleos de los conos. En cuanto a los cuerpos celulares y los núcleos de los bastones, se sitúan por debajo de los de los conos en distintas capas o estratos.
- CAPA PLEXIFORME EXTERNA (P.E.). Se localiza entre las dos capas nucleares externa e interna. Podemos encontrar 3 estratos en ella:
  - Externa: Formada por las fibras conectantes internas de los fotorreceptores.
  - Media: Correspondiente con las terminaciones sinápticas de los conos (pedículo) y de los bastones (esférulas).
  - Interna: Compuesta por las triadas (sinapsis del fotorreceptor con células ganglionares y horizontales).
- CAPA NUCLEAR INTERNA (N.I.). Se sitúa entre ambas plexiformes. Aquí están los cuerpos celulares con sus núcleos de las células horizontales, de las células bipolares y de las amacrinas, así como de las células de Müller colocadas en estratos donde las más superficiales son las horizontales y las más profundas las amacrinas.

Las células bipolares poseen su cuerpo y su núcleo en esta capa. Sus dendritas ascendentes se proyectan y forman parte de la P.E. y su axón se introduce en profundidad en la P.I., donde sinapta con las dendritas de las células ganglionares o bien con prolongaciones de las células amacrinas. Hay dos tipos principales, bipolar para cono y bipolar para bastón, que se diferencian por su morfología.

- CAPA PLEXIFORME INTERNA (P.I.). Se localiza entre la N.I. y la capa de C.G. Aquí nos encontramos con prolongaciones ramificadas de las células de Müller, los axones de las bipolares, prolongaciones de las amacrinas y con dendritas de las células ganglionares.
- CAPA DE CÉLULAS GANGLIONARES (C.G.). Se sitúa entre la P.I. y la capa de fibras del F.O. Aquí hay cuerpos celulares con sus núcleos de las C.G, prolongaciones de las células de Müller, astrocitos dispersos y ramificaciones vasculares de los vasos retinianos.

Las células ganglionares son neuronas multipolares con una dendrita única que posteriormente se ramifica hacia la P.I., y un axón que da lugar a la capa del F.O.

- CAPA DE FIBRAS DEL FASCÍCULO ÓPTICO (F.F.O.). Se encuentra entre la capa de C.G. y la L.I. Está formado por los axones de las células ganglionares que se acodan en un ángulo de 90°. Son amielínicas y sólo se redean de mielina cuando atraviesan la lámina cribosa. En la retina, estos axones se agrupan en fascículos rodeados por prolongaciones de las células de Müller y de astrocitos dispersos. En esta capa nos encontramos con ramas de las arterias y venas centrales de la retina.
- CAPA LIMITANTE INTERNA (L.I.). Está en relación con el cuerpo vítreo y se constituye por los terminales internos engrosados de las c. de Müller y por las prolongaciones de los astrocitos.

### **Sistema de asociación de la retina.**

Va a estar formado por las células horizontales y amacrinas. Son interneuronas que conducen en horizontal el impulso nervioso y se caracterizan por ser tanto conductoras como moduladoras de la respuesta de dicho impulso.

- Células horizontales: son neuronas multipolares cuyo cuerpo celular con su núcleo se localiza en la parte externa de la capa nuclear interna. Sus prolongaciones se proyectan hacia la plexiforme externa donde sinaptan con las esférulas y pedículos de los fotorreceptores. Existen dos tipos de prolongaciones: cortas y largas. Estas prolongaciones no están polarizadas, sino que tanto unas como otras pueden conducir el impulso en ambas direcciones, por lo que no se habla de axón o dendritas.
- Células amacrinas: descubiertas por Cajal, son el único tipo neuronal en el que no existe diferenciación morfológica entre axón y dendrita. El cuerpo celular con su núcleo se localiza en la parte más profunda de la capa N.I. Sus prolongaciones se proyectan hacia la P.I. donde establecen sinapsis con células ganglionares o bipolares. Sus prolongaciones se ramifican en todas las direcciones.

### **Glía de la retina.**

Formada por las células de Müller, los astrocitos, la glía perivascular y la microglía.

- Células de Müller: tienen una función de soporte, síntesis y aporte nutritivo (sintetizan y almacenan glucógeno y ceden glucosa a las células nerviosas, tanto más cuanto menor vascularización). Son alargadas, con su eje mayor perpendicular a la superficie de la retina constituyendo el soporte estructural de ésta, de tal manera que se extiende desde su límite más interno hasta la limitante externa. Presentan límites irregulares con numerosas y finas prolongaciones y oquedades que sirven de alojamientos a los restantes elementos retinianos.
- Los astrocitos los encontramos dentro de la plexiforme interna y en la capa de células ganglionares. Sus prolongaciones forman un retículo irregular.
- Las células de la glía perivascular son células que se localizan entre los vasos y las neuronas. Parece probable que sirvan de intermediarias para los intercambios metabólicos entre ellas.
- Las células de la microglía son mesodérmicas y se ponen en evidencia fundamentalmente en estados patológicos cuando tienen una función fagocitaria.

### **Vascularización.**

La nutrición y oxigenación de la retina se lleva a cabo desde dos puntos distintos. La zona más extensa, que corresponde a las células del epitelio pigmentario y fotorreceptores, se nutre por difusión a través de la coriocapilar, mientras que las zonas más internas son irrigadas por los vasos sanguíneos tributarios de la arteria central de la retina. Esta emerge por la papila y se divide para formar las arterias papilares superior e inferior, cada una de las cuales se vuelve a dividir en una rama nasal y otra temporal. Estas arterias se encuentran estrechamente acompañadas de venas en todo su trayecto. Estas ramas arteriales se ramifican en arteriolas que terminan en una red de capilares densos.

La zona con mayor vascularización es la mácula, aunque la fovea, que es su zona más central, es avascular. Tampoco hay capilares en la ora serrata.

### **Inervación.**

La inervación sensorial depende de la división oftálmica del trigémino (nervios ciliares cortos y largos). La inervación autonomoparasimpática (músculo del esfínter pupilar) corresponde al nervio motor ocular común (III par). La inervación simpática (músculo dilatador del iris) parte del ganglio cervical superior.



## 7. Vía visual primaria.

La vía visual primaria, también llamada vía principal o sensorial, está formada por los **fascículos ópticos**, por el **quiasma óptico**, por las **cintillas o tractos ópticos**, por el **cuerpo geniculado lateral**, por las **radiaciones ópticas** y por la **corteza visual**.

Se observa que la vía visual primaria se extiende desde la órbita hasta el lóbulo occipital, a través de la cara basal del encéfalo.

### **Fascículo óptico.**

Está formado aprox. por un millón de axones de las células ganglionares de la retina. Mal llamado nervio óptico, pues en realidad es un fascículo por su génesis (S.N.C.), por su contenido rico en sistema glial (oligodendrocitos) y por sus envolturas (piamadre, aracnoides y duramadre). Además no se regenera como sucede con los nervios periféricos.

Anatómicamente se divide en dos porciones:

- **Primera porción.** Desde papila (cabeza del F.O.) hasta el inicio de la lámina cribosa.
- **Segunda porción.** Desde la lámina cribosa hasta el quiasma óptico. Dividido a su vez en 4 subporciones:
  - Intraescleral (o intrabulbar). Corresponde a la porción del F.O. donde está la lámina cribosa, con una longitud de 0,5 mm.
  - Intraorbitaria. Va desde la lámina cribosa hasta el conducto o canal óptico con una longitud de 25 mm.
  - Intracanalicular. Corresponde al canal o conducto óptico y mide unos 7 mm.
  - Intracraneana. Va desde el conducto óptico hasta el quiasma óptico con una longitud de 10 mm.

Veamos todas estas porciones con más detalle:

**Primera porción.** Constituida por la papila óptica, que representa la cabeza del F.O. Tiene forma elíptica (diámetro vertical de aprox. 1,8 mm. y diámetro horizontal de aprox. 1,5 mm.). Tiene color amarillento debido a la escasez de vasos sanguíneos y a que en la papila no existen células pigmentarias (a este nivel no hay coroides ni retina). La superficie interna de la papila contacta con el cuerpo vítreo a través de la limitante interna de la retina que a este nivel está formada por una capa de astrocitos que se denomina “membrana de Elshing”. En los bordes de la excavación papilar se hace más densa y forma el denominado “menisco central de Ruhnt”. La zona central de la papila va a estar hundida y forma la “excavación papilar” por donde penetran la arteria y vena central de la retina. Al carecer de fotorreceptores se denomina “punto ciego”.

**Porción intraescleral (o intrabulbar).** Porción del F.O. en la lámina cribosa. Esta lámina es una formación escleral constituida por fibras colágenas y elásticas. Presenta unos orificios por donde los axones de las C.G. abandonan el globo ocular. Estos axones no se mielinizan hasta que atraviesan dicha lámina, estando rodeados a este nivel por astrocitos que

forman una envoltura continua. Esta lámina cribosa se continúa con los fascículos conjuntivos de la piamadre.

**Porción intraorbitaria.** Presenta un trayecto sinuoso en forma de "S". Este trayecto sinuoso permite que al moverse el globo ocular no traccione al tronco nervioso. A este nivel ya existe vaina de mielina que está rodeada por meninges y separada de la grasa orbitaria. En su recorrido llega al vértice de la órbita, donde atraviesa una estructura tendinosa llamada "anillo de Zinn" que recubre el agujero óptico y es lugar de origen de los músculos extraoculares y motivo por el cual en una neuritis retrobulbar existe dolor al movimiento ocular. A 10 mm. de la superficie posterior del globo ocular la arteria oftálmica da una rama que penetra en la vaina meníngea que rodea al F.O. para dar lugar a la arteria central de la retina.

**Porción intracanalicular.** Corresponde a su paso a través del agujero óptico. En este conducto se relaciona con la arteria oftálmica que cruza el canal por el suelo de dicho conducto y desemboca en la órbita por el lado temporal.

**Porción intracraneana.** De una longitud de 15 a 20 mm. se dirige hacia dentro y ascendiendo en un ángulo de 45° hacia el quiasma óptico.

### **Quiasma óptico.**

Es una estructura transversal ovalmente que reúne las fibras procedentes de ambos nervios ópticos. Se sitúa por debajo del tercer ventrículo, sobre el cuerpo del esfenoides y por encima de la silla turca, a unos 5 o 10 mm. de la hipófisis. Sus dimensiones son aprox. de 12 mm. de anchura, 8 mm. de eje anteroposterior y 4 mm. de espesor. Aquí se produce la hemidecusación de las fibras ópticas, de forma que las fibras temporales no se cruzan y reciben el nombre de "fibras directas". Las fibras nasales sí se cruzan, por lo que reciben el nombre de "fibras cruzadas". Las temporales siguen un trayecto homolateral y las nasales un trayecto contralateral. Esto significa que las fibras nasales del ojo izquierdo siguen por el lado derecho y viceversa.

Las fibras maculares sufren una decusación parcial, pues mientras las temporales no se decusan, las nasales lo hacen por la parte posterior del quiasma.

La forma del quiasma varía según los sujetos y según la longitud del F.O. y puede ser en forma de "X" o de "H".

### **Cintillas o tractos ópticos.**

Se constituyen a partir de los ángulos dorsolaterales del quiasma óptico. Presentan dos ramas con distinto volumen. La raíz externa, más voluminosa, termina en la parte externa o lateral de un núcleo diencefálico que es el "cuerpo geniculado lateral". Aquí establecen sinapsis los axones de los células ganglionares de la retina. La raíz interna se relaciona con la función auditiva y termina en el cuerpo geniculado medial.

### **Cuerpo geniculado lateral.**

Es un núcleo del tálamo que forma parte de la vía visual. Este núcleo se sitúa en el diencefalo y junto con el cuerpo geniculado lateral forma el metatálamo. El C.G.L. es un relieve

redondeado o triangular y en su parte externa o lateral termina la raíz externa de las cintillas ópticas.

Histológicamente presenta una estructura de capas concéntricas en forma de herradura. Se trata de 6 capas de células grises que se enumeran en dirección ventromedial del 1 al 6. Las fibras nasales sinaptan en las capas 1, 4 y 6 y las fibras temporales sinaptan en las capas 2, 3 y 5.

### **Radiaciones ópticas o de Gratiolet.**

Constituyen el "fascículo óptico geniculado cortical" o "fascículo calcarino", formado por los axones de las neuronas del C.G.L. (tercera neurona) que se dirigen a la corteza calcarina en el lóbulo occipital, también llamada "área estriada".

### **Áreas visuales corticales.**

Están constituidas por el área visual primaria y las áreas de asociación. Se localizan en la parte interna del hemisferio cerebral, en el lóbulo occipital. El área visual principal o "área 17 de Brodman", también llamada "corteza estriada" porque microscópicamente se observa la "estria de Gennari". Se localiza a ambos lados de la cisura calcarina, ocupando ambos lados de dicha cisura, así como el fondo del lóbulo occipital.

Las áreas de asociación son las áreas 18 y 19 de Brodman que son respectivamente periestriada y paraestriada. El área 18 se sitúa alrededor del área 17 y la 19 alrededor del área 18.

La estructura histológica de estas áreas es idéntica al resto de la corteza cerebral (posee neuronas, células gliales y capilares sanguíneos).

## 8. Medios refringentes del ojo.

### 8.a. Humor acuoso.

El humor acuoso nutre estructuras avasculares como la córnea y el cristalino. Es secretado en el epitelio de los procesos ciliares, desde donde pasa a la cámara posterior. A continuación alcanza la cámara anterior a través del orificio pupilar, y es drenado por la red trabecular en la región del ángulo iridocorneal.

*Composición química:* 98% de agua, en el que se disuelven sustancias como proteínas estructurales, enzimas, aminoácidos, además de sustancias solubles no ionizables como la glucosa, la urea o el ácido úrico, iones como el Na, K. También hay ácido ascórbico (vitamina C) en mayor concentración que en la sangre, lo que constituye un mecanismo de transporte activo importante desde la sangre al humor acuoso. Hay también ácido láctico que procede de la oxidación de la glucosa en el cristalino.

El humor acuoso lleva también sustancias de desecho que son eliminadas a través de las venas del iris del ángulo iridocorneal.

El humor acuoso es un fluido claro y luminoso cuyo índice de refracción ( $n=1,3360$ ) es menor que el del cristalino.

### 8.b. Cuerpo vítreo.

#### **Anatomía.**

El cuerpo vítreo presenta una forma gelatinosa. Ocupa los 2/3 del volumen del globo ocular (4 ml) y su peso oscila entre 4 y 5 gramos. Al igual que el cristalino, es una estructura avascular y no está inervada, aunque durante el periodo embrionario está fuertemente vascularizada como el cristalino. Se localiza entre la retina y el cristalino. Presenta dos funciones: ayuda a sujetar otras estructuras y contribuye al mantenimiento de la presión intraocular.

Embriológicamente procede del mesénquima, que puede ser tanto de células de la cresta neural como del mesodermo vasoformador.

Microscópicamente presenta forma aproximadamente esférica y su superficie anterior tiene forma de copa llamada "fosa patelaris". Aquí se aloja la cara posterior del cristalino. Los bordes de esta fosa se encuentran engrosados por el ligamento hialoideo capsular o "de Wieger".

Macroscópicamente se diferencian distintas zonas: córtex, vítreo central y canal central o "canal de Cloquet".

Córtex. Es la parte más externa y es la que presenta mayor consistencia. Se describe un córtex anterior y otro posterior. El córtex posterior termina rostralmente en la ora serrata. En este córtex posterior se describen zonas de menor densidad, tanto óptica como mecánica, que reciben el nombre de "orificios o agujeros constitucionales del vítreo".

En el córtex se describen dos zonas que presentan una gran adhesión: la base del vítreo y el vítreo peripapilar. La de mayor adherencia es la base del vítreo, situada dos milímetros por delante de la ora serrata y cuatro milímetros por detrás. En esta zona el vítreo se une íntimamente al epitelio ciliar y a la membrana limitante interna de la retina. Con la edad, la adhesión de la base del vítreo avanza dorsalmente. El vítreo peripapilar está alrededor de la papila. En esta zona, el vítreo se une íntimamente tanto a la limitante interna de la retina como a la papila. Hay otras zonas del vítreo donde existe una gran unión como son los bordes de los orificios constitucionales perifoveolares y los de las proximidades de los vasos sanguíneos.

También se describen en el córtex las membranas hialoideas posterior y anterior. La membrana hialoidea anterior se sitúa por delante de la base del vítreo y bordea los procesos ciliares, la zónula de Zinn y la cara posterior del cristalino. La membrana hialoidea posterior se sitúa por detrás de la ora serrata y se encuentra unida íntimamente a la limitante interna de la retina y a la papila.

Vítreo central. Se extiende desde la papila hacia la cara posterior del cristalino. Es semifluido es un espacio ópticamente vacío en el que se describen los llamados “tractos vitreíno”. Estos tractos son: tracto periférico, tracto central, tracto coronal y tracto medial.

Canal central o “canal de Cloquet”. Forma parte del tracto vitreíno central, espacio ópticamente vacío y que carece de membrana. Está constituido a partir del vítreo primario y por los vestigios de los vasos hialoideos. Tiene un trayecto sinuoso en forma de “S” y termina en las proximidades de la papila en una zona ensanchada llamada “área de Martegiani”.

## **Histología.**

Es un tejido conjuntivo con estructura y composición distinta de la del humor acuoso. Está formado por fibras, sustancia fundamental y células.

- Fibras. Formadas por una glucoproteína parecida al colágeno llamada "vitreína". Son delgadas y se disponen al azar en el cuerpo vítreo, muy condensadas en su base, desde donde se dirigen hacia la parte central del cuerpo vítreo.
- Sustancia fundamental. Se dispone entre las fibras vitreínas. Su composición es 99% de agua y también GAGs (ácido hialurónico), en forma de hialuronato sódico polimerizado. También hay enzimas, aminoácidos, glúcidos, lípidos, ... Son sustancias que proceden de la retina o del cuerpo ciliar y acceden al cuerpo vítreo bien directamente o bien a través de la cámara posterior.
- Células. Son los llamados "hialocitos", que son células mononucleadas que sintetizan ácido hialurónico. La tasa de células en el cuerpo vítreo es máxima durante el desarrollo embrionario y posteriormente decrece. Existen en mayor número en la base del vítreo. Estos hialocitos provienen de monocitos de la sangre, y cuando no están segregando sustancia se comportan como macrófagos, cuya función es limpiar al cuerpo vítreo de las partículas que se producen en la degeneración o destrucción celular. Además, podemos encontrar en una tasa del 10% fibrositos y células gliales.

El 80% del cuerpo vítreo del recién nacido está en forma de gel y sólo el 20% en forma acuosa. Con la edad aumenta la proporción acuosa y así aproximadamente a los 70 años hay un 50% de gel y un 50% de agua.

## 8.c. Cristalino.

### **Anatomía.**

Lente biconvexa, transparente y elástica que carece de vascularización e inervación. Presenta forma elíptica. Junto con la córnea y los humores acuosos y vítreo forma el sistema dióptrico del ojo. Su poder dióptrico es de unas 19 dioptrías y presenta la ventaja de poder modificarlo hasta 30 dioptrías en el proceso de acomodación, variando su convexidad por la acción del músculo ciliar, la zónula y su propia plasticidad.

**Composición química.** El cristalino está formado por un 65% de agua. Su contenido hídrico disminuye con la edad y aumenta con el tamaño de la lente. Posee un 34% de proteínas y un 1% de residuos sólidos procedentes de los humores circundantes.

**Embriología.** El cristalino procede del ectodermo de revestimiento que queda enfrentado a la vesícula óptica primitiva.

**Localización.** La cara anterior del cristalino se relaciona rostralmente con el iris (cara posterior) y su cara posterior con el cuerpo vítreo. El cristalino se mantiene en su posición dentro del globo ocular suspendido de los procesos ciliares mediante los ligamentos de la zónula de Zinn (ligamentos suspensorios del cristalino). La cara anterior del cristalino se separa de la cara posterior del iris en su periferia, para constituir junto con el cuerpo ciliar la cámara posterior del globo ocular. La cara anterior del cristalino también forma parte de la cámara anterior del globo ocular.

**Microscópicamente.** La cara posterior del cristalino se aloja en una depresión del cuerpo vítreo llamada “fosa patellaris”. Esta cara posterior del cristalino se encuentra unida a la cara anterior del humor vítreo por el ligamento hialoideo capsular o “ligamento de Wieger”. Entre ambas estructuras hay un espacio llamado “espacio de Beger”.

Los procesos ciliares rodean al cristalino y se superponen ligeramente a su ecuador. El cristalino se mantiene en su posición por unos ligamentos surgidos de los valles ciliares y que se insertan pre- y post- ecuatorialmente.

El cristalino se encuentra desplazado inferior y nasalmente con respecto del eje óptico.

**Microscópicamente.** Se diferencian el “núcleo macróscopico del cristalino” y rodeando a este núcleo el “córtex del cristalino”. Presenta dos caras, una anterior y otra posterior, siendo la cara anterior más planoconvexa (radio de curvatura 10,5 mm.) que la cara posterior (radio de curvatura 7 mm.). La línea que une ambos polos representa el eje del cristalino y su circunferencia marca el ecuador de la lente, también definido como la zona donde se unen ambas caras del cristalino. Tiene dos diámetros, el anteroposterior o sagital (espesor) y el ecuatorial, frontal o meridional.

### **Histología.**

El cristalino está formado por la cápsula y por las células.

**Cápsula.** Envoltura acelular que recubre externamente a la lente. Es la lámina basal más gruesa del organismo. Es secretada por la parte basal de las células epiteliales y por la parte basal de las fibras más superficiales. Es elástica y transparente. Se encuentra unida a

los procesos ciliares por la zónula. Químicamente está constituida por una proteína similar al colágeno, ácido hialurónico (GAGs) y por glucoproteínas, ATP... Su función es permitir la nutrición y oxigenación del cristalino gracias a su permeabilidad, y la protección de infecciones por constituir una barrera contra agentes infecciosos como virus y bacterias. También posibilita los cambios de forma del cristalino durante la acomodación, puesto que en ella se insertan los ligamentos de la zónula de Zinn.

### Células.

- *Epitelio anterior o subcapsular.* Es un epitelio cúbico monoestratificado situado en la cara anterior y en la región ecuatorial. Sus células se presentan con su parte basal mirando hacia la cápsula, mientras que su parte apical queda enfrentada a la parte apical de las fibras o prismas del cristalino. A medida que van madurando se acercan al ecuador y se transforman en poligonales, que a su vez se van transformando en fibras cristaliniánas.
- *Fibras o prismas.* Se encuentran ocupando la cara posterior del cristalino y el interior de la lente. Hay fibras primarias, formadas durante el desarrollo embrionario, y fibras secundarias, formadas a partir de la región ecuatorial durante el periodo fetal. Estas fibras son el resultado de la transformación de las células subcapsulares. Adoptan una situación rectilínea del polo anterior al posterior, convergiendo en unas líneas de sutura en forma de "Y". Hay una línea de sutura anterior y otra posterior.

### **Actividad metabólica.**

El cristalino está bañado por el humor acuoso y el vítreo. El exceso de agua, al igual que ocurre en la córnea, vuelve rígida a la lente. El metabolismo de las células epiteliales y fibras del cristalino consiste en oxidar la glucosa y extraer ATP que utilizan las bombas activas de Na y K para deshidratar al cristalino.

### **Vascularización.**

A través del círculo vascular mayor del iris.

### **Inervación.**

A través de ramas simpáticas y parasimpáticas del plexo ciliar.

### **Zónula de Zinn.**

Es un sistema de fibras que se extiende desde los procesos ciliares al cristalino. Se entrecruzan y agrupándose en fascículos que se abren a modo de pincel para insertarse en la cápsula del cristalino. Las fibras más largas se insertan pre- y post-ecuatorialmente en tanto que las más cortas lo hacen a nivel del ecuador. Estas fibras que forman la zónula de Zinn son distintas de las fibras que forman la cápsula del cristalino y el cuerpo vítreo. Estas fibras zonulares son de oxitalán, que es un paso previo para la formación de fibras de elastina. Tienen de 3 a 9  $\mu\text{m}$  de grosor y 7 mm. de diámetro. El diámetro de los ligamentos zonulares se mantiene más o menos constante a lo largo de la vida.

## **Acomodación.**

Entre las funciones del cristalino cabe citar la protección de la retina evitando las radiaciones luminosas y ambientales. Pero la principal función resulta de su capacidad o mecanismo de acomodación. En la acomodación del cristalino se contrae un músculo liso, que es el músculo ciliar. Al contraerse avanza hasta el espolón escleral y las fibras de la zónula de Zinn se relajan de forma que el cristalino modifica su forma (abombamiento), aumentando el diámetro anteroposterior y el espesor, y se hace más convexo al variar su perimetría, disminuyendo los radios de curvatura. De esta forma, aumenta la potencia.

Por ejemplo, en un ojo emétrope por definición, estando en reposo, los objetos situados a menos de 6 metros de distancia no se verán nítidos ya que los rayos no llegan paralelos a la retina, sino que divergen formándose la imagen detrás de la retina. Mediante la acomodación, podemos conseguir focalizar en la retina los objetos que están entre su punto remoto (punto más lejano que ve nítido sin acomodar) y su punto próximo (punto más cercano que ve nítido poniendo en juego su acomodación máxima).

En la acomodación hay que incluir otros dos procesos asociados. El primero es la convergencia, llevada a cabo por la contracción de rectos internos para conseguir la fusión de imágenes en retina. El segundo es la miosis, llevada a cabo por la contracción del esfínter del iris para disminuir las aberraciones producidas por los cambios de la curvatura del cristalino. Esta triada acomodación-convergencia-miosis está controlada por el sistema nervioso parasimpático.



## 9. Aponeurosis orbitaria o de Tenon.

Recibe este nombre el conjunto de membranas fibrosas de naturaleza conjuntiva que envuelven al globo ocular y lo relacionan con el reborde orbitario (paredes de la órbita). Su función es, por un lado, impedir que el globo ocular se comprima cuando se contraen los músculos extrínsecos, y por otro, limitar la acción de los músculos extrínsecos al fijarlos al reborde orbitario.

Las estructuras que forman las aponeurosis orbitaria o de Tenon son: la cápsula de Tenon, las vainas musculares y las expansiones de la aponeurosis de Tenon.

### **Cápsula de Tenon.**

Es una capa fibrosa situada entre la grasa orbitaria y la esclera, a la que se fija a nivel del limbo esclerocorneal y en la salida del nervio óptico. Presenta forma de cúpula. La mayoría de los autores consideran dentro de ella dos caras, externa e interna, y dos orificios, anterior y posterior.

- *Cara externa.* La cara externa de la cápsula de Tenon es convexa y occipitalmente se relaciona con el tejido adiposo de la órbita, hacia el cual emite trabéculas conjuntivas que tabican dicha masa adiposa. Rostralmente, la cápsula de Tenon se relaciona con la conjuntiva, estando separada por tejido conjuntivo laxo excepto a 2-3 mm. de la córnea (zona del limbo), donde la conjuntiva y la cápsula de Tenon se fusionan y confunden, dando el “anillo conjuntival”.
- *Cara interna.* La cara interior es cóncava y lisa y se encuentra relacionada con la episclera. Ambas están separadas por tejido conjuntivo laxo. Este espacio se denomina “espacio de Tenon” o “espacio episcleral”.
- *Orificios posterior y anterior.* El orificio posterior da salida al fascículo óptico y el orificio anterior se encuentra rodeando la córnea.

### **Vainas musculares.**

Las vainas musculares se encuentran rodeando a cada uno de los músculos extrínsecos oculares. Rostralmente, estas vainas musculares se unen a la cápsula de Tenon en la zona donde estos músculos se insertan en la esclera. Van a existir membranas fibrosas que reciben el nombre de “intermusculares”, que se encuentran uniendo las vainas de los otros músculos rectos entre sí. El conjunto de vainas intermusculares y musculares dan lugar a un “músculo aponeurótico”. Las vainas musculares del R. S. y del M. E. P. S. se encuentran unidas a partir de la expansión intermuscular que une sus bordes internos y permite la sinergia (contracción simultánea) funcional de ambos músculos.

### **Las expansiones de la cápsula de Tenon.**

Permiten que dicha cápsula y las vainas musculares se unan a la conjuntiva, a los párpados y al reborde orbitario. Por esta razón, encontramos tres tipos:

- *Expansiones conjuntivales.* Desde las vainas musculares de los músculos rectos se dirigen tabiques conjuntivos hacia el fondo del saco conjuntival (tanto superior como inferior) y hacia la cara profunda de la conjuntiva palpebral. De esta manera, cuando los músculos rectos se contraen, tiran de la conjuntiva y evitan que se pliegue.
- *Expansiones palpebrales.* Son expansiones que se dirigen desde el R. Inf. hasta el tarso inferior. El tarso es un tejido conjuntivo denso que le da al párpado su armazón o esqueleto, con el fin de que cuando el R. Inf. se contraiga y deprime el globo ocular, esta expansión produzca el abatimiento o depresión del párpado inferior.
- *Expansiones orbitarias.* Se fijan a las paredes orbitarias formando unos ligamentos de contención que contribuyen biomecánicamente a la efectividad de la contracción muscular sobre el ojo.

# 10. Músculos extrínsecos oculares.

La musculatura extrínseca ocular es estriada, es decir, se contrae a voluntad, mientras que la musculatura intrínseca ocular es lisa, es decir, tanto el esfínter como el dilatador del iris y el músculo ciliar se contraen involuntariamente.

Los músculos extrínsecos oculares son músculos estriados esqueléticos excepcionales ya que no se insertan en ningún hueso sino en la esclera, que es un tejido conjuntivo denso. Los músculos extrínsecos oculares son seis; cuatro rectos y dos oblicuos. Hay autores que consideran al músculo elevador del párpado superior también un músculo extrínseco ocular.

## **Músculos rectos.**

Son cuatro: músculo recto superior (M.R.S.), músculo recto inferior (M.R.I.), músculo recto interno o "medial" (M.R.M.), y músculo recto externo o "lateral" (M.R.L.).

Se originan en el vértice de la órbita, en un tendón común llamado "tendón de Zinn" o "anillo tendinoso de Zinn". De este tendón se constituyen cuatro cintillas tendinosas que se ensanchan y progresan rostralmente hasta insertarse en la esclera pre-ecuatorialmente. Una de las cintillas es la inferointerna, que da lugar a fibras musculares para el M. R. Medial y para el M. R. Inferior. La cintilla inferoexterna da lugar a fibras musculares para el M. R. Inferior y para el M. R. Lateral. La cintilla superoexterna da lugar a fibras musculares para el M. R. Superior y para el M. R. Lateral. Por último, la cintilla superointerna da fibras musculares para el M. R. Superior y para el M. R. Medial.

Esta estructura inicial de las cintillas se modifica por el paso hacia la órbita del fascículo óptico, la arteria oftálmica, el VI par craneal, el II par craneal, el nervio nasal y la vena oftálmica media. La cintilla superointerna se abre en dos lengüetas que se unen por sus extremos y se fijan al agujero óptico, lo que permite el paso del fascículo óptico y de la arteria oftálmica.

En la cintilla superoexterna ocurre lo mismo: se abren dos lengüetas y se unen al extremo interno de la hendidura esfenoidal constituyendo el anillo de Zinn. A su través llegan al interior de la órbita los siguientes elementos:

- El III par craneal con sus dos ramas: la ascendente para el M. R. Superior y la descendente para el M. R. Inferior y el M. R. Medial.
- El VI par craneal, que inerva al M. R. Lateral.
- El IV par craneal, que inerva al M. O. Superior.
- La rama oftálmica del trigémino.
- El nervio nasal.
- La arteria recurrente lagrimal y la vena orbitaria superior.

De los músculos extrínsecos oculares, el oblicuo inferior no tiene su origen en el anillo de Zinn. A partir del tendón de Zinn, los músculos divergen, se ensanchan y avanzan rostralmente, constituyendo por detrás del globo ocular un cono de vértice posterior. En el interior de ese cono encontramos grasa orbitaria, así como vasos y nervios. El eje del cono está representado por el fascículo óptico. La trayectoria que sigue es paralela a la pared de la órbita, siendo este trayecto de aproximadamente 40 mm. Terminan insertándose en la esclera pre-ecuatorialmente mediante una expansión tendinosa que se encuentra a diferente

distancia del limbo esclerocorneal, de manera que el M. R. Interno o Medial está a 5 mm., el M. R. Inferior a 6 mm., el M. R. Lateral o Externo a 7 mm. y el M. R. Superior a 8 mm.

### **Músculos oblicuos.**

*M. O. Superior.* Tiene su origen en el anillo de Zinn. Desde su origen, el M. O. Superior sigue una trayectoria paralela al ángulo superointerno de la órbita, hasta introducirse en la polea de reflexión, donde el músculo cambia de dirección. Esta porción del M. O. Superior recibe el nombre de "porción directa". La polea de reflexión se encuentra en la fosita troqueal. A partir de esta polea, la porción del músculo se denomina "porción refleja". Aquí adopta un ángulo agudo dorsomedialmente que bordea por detrás la parte superior del globo ocular para terminar insertándose en el cuadrante craneolateral de la mitad dorsal de la esclera, abriéndose en forma de abanico. Su trayecto es el más largo (80 mm.).

*M. O. Inferior.* Es el único que no tiene su origen en el anillo de Zinn. Se origina en el suelo de la órbita, y desde su origen este M. O. Inferior se dirige, al igual que el M. O. Superior, dorsolateralmente por debajo del M. R. Inferior para terminar insertándose en el cuadrante caudolateral de la esclera. Esta inserción distal está oculta por el M. R. Lateral o Externo. Su trayecto es menor de 37 mm.

### **Inervación.**

Los músculos extrínsecos oculares son inervados por estos pares craneales:

- a) El III par craneal o "motor ocular común": presenta una rama superior y otra inferior.
  - Rama superior: inerva al M. R. Superior.
  - Rama inferior: inerva al M. R. Medial, al M. R. Inferior y al M. O. Inferior.
- b) El IV par craneal o "nervio troqueal" o "patético": inerva al M. O. Superior.
- c) El VI par craneal o "motor ocular externo" o "abducens": inerva al M. R. Lateral.

### **Vascularización.**

Se produce a través de las arterias musculares, ramas de la arteria oftálmica, que a su vez es rama de la carótida interna.

### **Drenaje.**

Se produce a través de las venas musculares, que drenan a su vez en las venas oftálmicas superior e inferior, las cuales son ramas de las venas orbitarias. Desde aquí, la sangre venosa se dirige al seno cavernoso para continuar hacia la yugular interna.

### **Dinámica de la musculatura ocular.**

Si bien los músculos actúan siempre en asociación, didácticamente se estudia la acción de cada uno por separado.

Desde el punto de vista práctico consideramos que el globo ocular rota alrededor de un punto fijo que denominamos "centro de rotación", que corresponde aproximadamente al centro del

ojo. Por dicho centro pasan tres ejes: vertical, horizontal, y anteroposterior. Los movimientos que realiza el globo ocular en cada eje son:

Eje vertical:

*Abducción*: el globo ocular hacia afuera (M.R.L.).

*Adducción*: el globo ocular hacia adentro (M.R.M.).

Eje horizontal:

*Supraducción*: elevación (M.R.S. y M.O.I.).

*Infraducción*: depresión (M.R.S. y M.O.S.).

Eje anteroposterior:

*Extorsión*: rotación externa (M.O.I. y M.R.I.).

*Intorsión*: rotación interna (M.O.S. y M.R.S.).

Los movimientos aislados de un ojo se denominan "movimientos monoculares" o "**ducciones**" y se estudian ocluyendo el otro ojo. Estos movimientos son de abducción, adducción elevación, depresión, extorsión e intorsión.

Los mismos movimientos realizados simultáneamente por los dos ojos de forma conjunta se denominan "movimientos binoculares" y se dividen en dos grupos:

- **Versiones**: Cuando los dos ojos se mueven en la misma dirección y sentido, es decir, cuando los ejes visuales conservan su paralelismo. Según hacia dónde se desvían los ojos se denominan "dextroversión" (derecha), "levoversión" (izquierda), "supraversión" (arriba), e "infraversión" (abajo).
- **Vergencias**: Cuando los ojos se desplazan en la misma dirección, pero en sentido opuesto. Los ejes visuales pierden su paralelismo. Hablamos de convergencia cuando ambos ojos realizan adducción y de divergencia cuando ambos ojos realizan abducción.

Los movimientos oculares se rigen por dos leyes básicas:

Ley de Sherrington: al contraerse el agonista, se relaja el antagonista.

Ley de Hering: en los movimientos oculares conjugados o "versiones", los músculos que realizan el mismo movimiento reciben la misma cantidad de impulso nervioso.

### **Acciones musculares.**

En posición primaria de mirada, es decir, con la mirada recta de frente al sujeto, le corresponde a cada músculo, además de una acción principal, unas acciones secundarias, con excepción de los rectos medial y lateral.

<b><u>Músculo</u></b>	<b><u>Acc. principal</u></b>	<b><u>Acc. secundarias</u></b>
Recto medial	Adducción	-
Recto lateral	Abducción	-
Recto superior	Elevación	Adducción e intorsión
Recto inferior	Depresión	Adducción y extorsión
Oblicuo superior	Intorsión	Depresión y abducción
Oblicuo inferior	Extorsión	Elevación y abducción