

60



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA
Y ZOOTECNIA

ANATOMIA CLINICA DEL GLOBO OCULAR Y SUS
ANEXOS EN MAMIFEROS DOMESTICOS Y
ALGUNOS DE LA FAUNA.
ESTUDIO RECAPITULATIVO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA
P R E S E N T A:

DIANA PEREZ COVARRUBIAS

ASESORES:

M.V.Z. CIRIACO TISTA OLMOS

M.V.Z. SANTIAGO AJA GUARDIOLA



CIUDAD UNIVERSITARIA 2001



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dedicatoria

Papito:

Por ser el mejor padre de este mundo, quien con su apoyo y comprensión me ha permitido dar este paso tan importante en mi vida; logro tuyo –sin tí no sería posible-. Gracias.

Mamita:

A mi mejor amiga, con quien he compartido los momentos más tristes y felices de mi vida; por darme todo tu amor y cariño sin condición; por todos tus desvelos. Por ser mi mamá.

A mis hermanos.

Arthur:

Gracias por ser mi hermano mayor, mi ejemplo de rectitud, bondad y sencillez; te agradezco tu siempre disposición para ayudarme. Por eso y otras cosas más.

Carlitos:

Mi compañero de juegos y luchas; ejemplo para aprender a pelear por lo que realmente se desea en esta vida.

A mis cuñadas:

Ale y Zairita. Gracias por amar a mis hermanos. Esa es la mayor felicidad que me pueden dar.

Agradecimientos

A mis asesores

Dr. Tista:

Gracias por ayudarme a concluir este trabajo, por el cariño y la amistad incondicional que me brindaste durante todos estos años y por todo lo que viene

Dr. Aja:

Por este gran apoyo y amistad

A los Dres

Eduardo Téllez, por su apoyo incondicional

Alfredo Cortés, por su gran amistad y cariño

Norma Pérez y Alicia Olivera, por ser unas buenas amigas y confidentes

A mis grandes amigos

Nacho y Citlali, Güerita y Trigio, Emmanuel (Babe), Tlathui y Lalo, Janita, Héctor, Betito, Rebe, por una gran amistad

CONTENIDO

RESUMEN	
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I. EMBRIOLOGÍA	2
Gastrulación y neurulación	2
Formación del lente o cristalino	5
Desarrollo vascular	5
Córnea y cámara anterior	6
Coroides	7
Esclera	7
Desarrollo del iris, cuerpo ciliar y ángulo iridocorneal	9
Retina y nervio óptico	11
Vítreo	11
Párpados y glándulas anexas	13
Músculos extraoculares	14
Aparato nasolagrimal	14
CAPITULO II. ORBITA	
Perro	15
Gato	16
Caballo	16
Borrego	19
Bovino	19
Cerdo	22
Conejo	22
Reptiles	23
Aves	23
Fascia orbital	27
Músculos extraoculares	27
CAPÍTULO III. PÁRPADOS Y ANEXOS	
Piel	32
Capa muscular	33
Capa tarsal y estromal	35
Conjuntiva palpebral	35
Tercer párpado	40
Glándulas del tercer párpado	41
Glándula de Harder	42
Membrana nictitante	47
Brillo o espectáculo	50
Película precorneal	53
Aparato nasolagrimal	53

Glándulas accesorias	54
Conduto nasolagrimal	55
CAPÍTULO IV. GLOBO OCULAR	
Tamaño y forma	56
Esclerótica	63
Córnea	67
Limbo	74
Úvea	75
Iris	75
Ángulo iridocorneal	85
Cuerpo ciliar	88
Lente	90
Unión zonular	93
Vítreo	97
Tapetum lucidum	99
Retina	104
Fóvea	113
Nervio óptico	115
Pecten	117
LITERATURA CITADA	118

ANATOMÍA CLÍNICA DEL GLOBO OCULAR Y SUS ANEXOS EN MAMÍFEROS DOMÉSTICOS Y ALGUNOS DE LA FAUNA

RESUMEN

PÉREZ COVARRUBIAS DIANA. Anatomía Clínica del Globo Ocular y sus Anexos en Animales Domésticos y algunos de la Fauna Silvestre (bajo la dirección de Ciriaco Tista Olmos y Santiago Aja Guardiola)

La oftalmología es una rama de la medicina, que tiene como objetivo del estudio de la anatomía y fisiología, de las enfermedades oculares y su tratamiento. Actualmente en nuestro país, el Médico Veterinario dedicado a la Clínica en general que desea conocer de manera amplia las estructuras oculares, al revisar la literatura nota que existe escasa información referente a la anatomía del globo ocular, así como en determinadas especies. Considerando esta problemática, se llevó a cabo una revisión exhaustiva de las diferentes publicaciones existentes sobre la anatomía y clínica del globo ocular en animales domésticos más comunes, así como de algunos de la fauna, desde las primeras ediciones base para el estudio de la anatomía, hasta aquellos de publicación reciente en artículos, revistas y libros en diferentes idiomas. Además, de la inclusión de diagramas que permitan entender de manera detallada las diversas estructuras

INTRODUCCIÓN

El primer obstáculo que encuentra el médico que estudia la oftalmología, radica en tratar de entender las estructuras generales del ojo, sus funciones individuales y la forma en que estas se combinan para formar el sistema visual en los animales. Una vez que se comprenden estos conceptos esenciales, se obtienen las bases de la oftalmología clínica que permitan llegar con mayor facilidad a un diagnóstico y con ello proporcionar un tratamiento adecuado.

En la actualidad, el estudio de la Oftalmología Veterinaria, es un tema bastante amplio y complejo debido a la gran cantidad de estructuras que conforman al ojo, de las múltiples patologías que le aquejan, además de la variedad tan amplia de especies animales existentes. Por tal circunstancia, al revisar la literatura existente con la finalidad de conocer acerca del órgano de la visión en un animal específico, el Médico Veterinario se encuentra con la problemática de no tener acceso amplio ya que los primeros estudios realizados sobre anatomía oftálmica datan de los años 50's, y pocos estudios actualizados. Por tales motivos, se decide emprender la elaboración de un trabajo recapitulativo, con el objetivo fundamental de permitir al médico veterinario acceder a un documento que contenga con mayor precisión la anatomía oftálmica de algunas especies que se consideran importantes e interesantes, abarcando todas y cada una de sus estructuras, además mencionar algunas de las patologías que se presentan con mayor frecuencia en las estructuras que comprenden al globo ocular y sus anexos.

Todos los animales vertebrados poseen órganos y características en común, motivo por el cual, el mundo animal ha sido dividido en tres grupos principales de acuerdo con la actividad realizada, siendo éstos animales diurnos, nocturnos y aquellos arrítmicos o activos en cualquier momento y bajo cualquier circunstancia, esto se debe a la adaptación de acuerdo con la intensidad de luz, así como al tiempo que ésta dura. Los animales diurnos son aquellos que principalmente se encuentran activos durante el día y poseen una agudeza visual óptima, mientras que los nocturnos poseen adaptaciones visuales que les permiten ver en la oscuridad aunque su visión no sea tan eficiente. Dentro de los animales diurnos encontramos a ciertos reptiles como tortugas, víboras, muchas aves, primates, cerdos, etc. Los animales nocturnos como su nombre lo indica son aquellos que su actividad principal la realizan durante la noche y poseen una visión buena cuando la cantidad de luz es mínima. En este grupo animal, encontramos a los murciélagos, reptiles, y roedores principalmente. El tercer y último grupo es el más grande, ya que comprende a muchos animales que se encuentran igualmente activos durante el día que durante la noche. Esta clasificación comprende a los carnívoros y ungulados (1).

Conforme a esta división, los animales que se encuentran en vida libre, se clasifican a su vez en dos grupos de acuerdo con sus hábitos, los cazadores y los de presa. No pudiendo emplear la misma clasificación para aquellos animales que actualmente viven en cautiverio,

debido a que al encontrarse en dicha situación, modifican sus hábitos de vida, ya que no requieren cazar para subsistir. Por tales circunstancias, la vida en la mayoría de los animales depende de los órganos de los sentidos, siendo la vista uno de los más importantes. Por tal razón la anatomía del ojo en cada animal se adapta a las necesidades del medio ambiente y a su actividad específica, tanto en agua, aire o tierra.

La comprensión de estos esquemas básicos y conceptos que aquí se manejan nos dan las bases que nos permiten entender la oftalmología clínica (1)

CAPITULO I

EMBRIOLOGÍA

La segmentación consiste en la repetida división mitótica del cigoto, que produce un rápido aumento en el número de células. La mitosis celular que proviene de la fertilización resulta en la transformación de una sola célula o cigoto a un racimo que se compone de 12 a 16 células, a lo que se le conoce como mórula (del Latín, *morus*, mora) (fig 1,2,3 y 4) Una vez que se continua con esta proliferación celular, existe un líquido que fluye por la zona pelúcida, dando lugar a la separación de las células en dos porciones: 1) una capa de células externa denominada trofoblasto y 2) un grupo de células localizadas en el centro denominada embrioblasto. A partir de estas se formará el embrión propiamente dicho y los tejidos extraembrionarios respectivamente (amnios y corion) El líquido dentro de los espacios pronto se fusiona para formar una sola cavidad, conocido como blastocisto Una vez que se completa la implantación del blastocisto se suscitan una serie de cambios morfológicos que producen un disco bilaminar compuesto por dos capas: epiblasto e hipoblasto (Fig. 5) Estos tejidos embrionarios dividen al espacio del blastocisto en cavidad amniótica (adyacente al epiblasto) y el saco vitelino (adyacente al hipoblasto) (4). El epiblasto embrionario forma el piso de la cavidad amniótica y es periféricamente continuo con el amnios. El hipoblasto se convierte en el saco vitelino primario (1,2,3)

Gastrulación y neurulación.

La gastrulación es el proceso por el cual la masa celular interna se convierte en un disco embrionario trilaminar (2), que empieza durante el décimo día de la gestación en perro (7 días en el ratón y día 15 a 20 en el humano) Este proceso da inicio con la formación del hipoblasto y continúa con las células del epiblasto que migran hacia el surco primitivo, donde se invaginan para formar el mesodermo y se completa posteriormente con la formación de las tres placas germinativas primarias: ectodermo, mesodermo y endodermo (1,2). El ectodermo da origen a la epidermis y al sistema nervioso. El endodermo es la capa de la que se derivan los recubrimientos epiteliales de las vías respiratorias y del aparato digestivo, incluyendo las células de hígado y páncreas Del mesodermo se originan las tunicas del músculo liso, tejido conectivo y vasos sanguíneos, médula ósea, esqueleto, órganos reproductores y excretorios (2,3).

La neurulación es conocida como el proceso de formación de la placa neural, pliegues neurales y su cierre que da lugar al tubo neural El ectodermo de la placa neural, denominado neuroectodermo, origina el sistema nervioso central, que consiste en cerebro y médula espinal La superficie columnar del ectodermo es conocida como ectodermo neural (1,2)

Las células de la cresta neural migran periféricamente por debajo de la superficie del ectodermo para distribuirse a través del embrión, poblando la región alrededor de la vesícula óptica y finalmente dando lugar a todas las estructuras de tejido conectivo del ojo (1)

El tubo neural en su inicio cierra en la región cráneo-cervical y procede craneal y caudalmente. Una vez que se cierra por completo, el exterior del embrión se cubre con la superficie del ectodermo. Entonces ocurre la segmentación neural para formar las partes específicas del cerebro que son. Cerebro anterior (prosencefalo), cerebro medio (mesencefalo) y cerebelo (romboencefalo) (Fig. 6) Las vesículas ópticas se desarrollan a partir del ectodermo neural dentro del prosencefalo (1).

Los órganos de la visión u ojos, se desarrollan a partir de tres fuentes: 1) neuroectodermo del prosencefalo, 2) ectodermo superficial de la cabeza, y 3) mesodermo, que se ubica entre ambas capas. La excrescencia ectodérmica dependiente del cerebro se transforma en la retina, iris y nervio óptico El ectodermo superficial forma el cristalino y el mesodermo circundante las capas vascular y fibrosa del ojo (2).

El desarrollo del ojo del perro y el gato es muy parecido al del humano, siendo la diferencia más importante, el tiempo en el que ocurren los diversos eventos en la formación de sus estructuras (4)

El primer indicio de la formación ocular se manifiesta al comienzo de la cuarta semana de desarrollo en el humano (antes de que cierre el neuroporo rostral), cuando las acanaladuras denominadas surcos ópticos aparecen en los pliegues neurales en el extremo craneal del embrión. Conforme se fusionan los pliegues neurales para formar la vesícula del prosencefalo, los surcos ópticos se invaginan para constituir divertículos huecos que son las vesículas ópticas. Estas se protruyen a partir de los lados del prosencefalo hacia el mesénquima adyacente. Las cavidades de estas vesículas, continúan con la luz de la vesícula del prosencefalo. La formación de las vesículas ópticas es inducida por el mesénquima adyacente al cerebro en desarrollo (2). Se cree que esta vesícula óptica juega un papel fundamental en la determinación del tamaño de la fisura palpebral, así como de las estructuras orbital y periocular (1).

A medida que las vesículas ópticas piriformes crecen lateralmente, sus extremos distales se amplían y sus conexiones con el prosencefalo se estrechan para formar los pedículos ópticos huecos. Al crecer las vesículas ópticas, se aplanan sus caras laterales. Al mismo tiempo el ectodermo superficial contiguo a las vesículas ópticas se engruesan más gruesas para formar las plácotas del cristalino o primordios del cristalino (2)

La región central de cada plácota del cristalino pronto se invagina, formando una fosita del cristalino. Los bordes de esta depresión gradualmente se aproximan entre sí y se fusionan para formar una vesícula del cristalino, que es una estructura esférica que pronto se estrangula y desprende del ectodermo superficial La vesícula del cristalino se transforma en el cristalino del ojo (2,4)

Conforme se desarrollan las vesículas del cristalino, las vesículas ópticas se invaginan y se convierten en estructuras con doble pared denominadas cúpulas ópticas. La abertura de cada cúpula al inicio es grande, pero después su borde crece hacia adentro En esta etapa, las vesículas del cristalino se han separado del ectodermo superficial y han penetrado en las cavidades de las cúpulas ópticas (2,3).

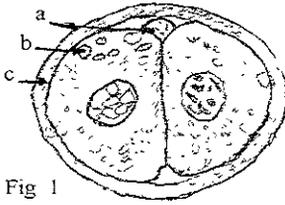


Fig 1

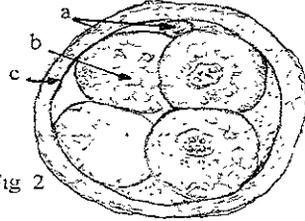


Fig 2

Fig. 1 y 2 a) campos polares b) vacuolas de grasa c) zona pelúcida

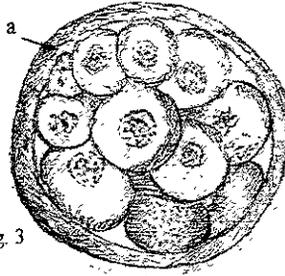


Fig 3

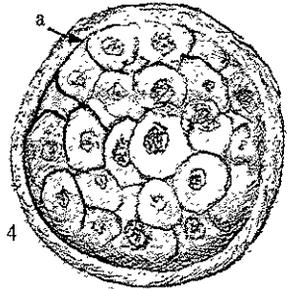


Fig 4

Figs. 3 y 4 a) zona pelúcida

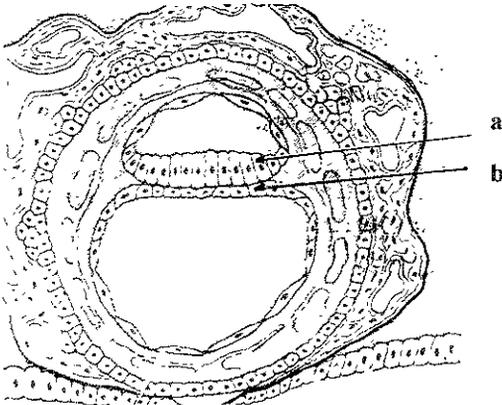


Fig. 5 a) epiblasto b) hipoblasto

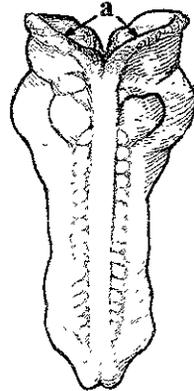


Fig 6 a) saco óptico

Los surcos lineales llamados fisuras ópticas (fisuras coroideas) se desarrollan en la cara ventral de las cúpulas ópticas y a lo largo de los pedículos ópticos. Estas fisuras contienen mesénquima vascular a partir del cual se desarrollan los vasos sanguíneos hialoideos (2) o arteria central de la retina, rama de la arteria carótida interna que en el embrión riega muchas de las estructuras del globo ocular (1,5).

Formación del lente o cristalino

Antes de comenzar a invaginarse, la vesícula óptica primaria establece un contacto estrecho con el ectodermo cefálico supradyacente. El ectodermo, que durante ese intervalo ha sido ya sometido a las influencias preparatorias por parte de otros tejidos cefálicos, recibe la inducción de la vesícula óptica para constituir el cristalino. Estos efectos se manifiestan al acercarse el final de la cuarta semana o inicio de la quinta (cuando el embrión humano mide 4 a 5mm), en el momento en que el ectodermo superficial, que se encuentra inmediatamente sobre la cúpula óptica comienza a desarrollar un engrosamiento local que se conoce como la plácoda del cristalino. En el perro el engrosamiento de esta plácoda ocurre en el día 17 (1,2,3).

Conforme invagina la plácoda del cristalino, se forma un hueco en el centro y la plácoda llega a la vesícula del lente (Fig. 7). El tamaño de la vesícula del cristalino es determinado por el área de contacto de la vesícula óptica, así como por la plácoda de cristalino y por la capacidad que tienen la superficie del ectodermo para responder a la inducción. La separación de la vesícula de la lente, es el evento inicial que conduce a la formación de las cámaras del segmento anterior. Este proceso está acompañado por la migración activa de las células epiteliales fuera del tallo queratolenticular, necrosis celular y rompimiento de la membrana basal (2).

Después de la separación de la superficie del ectodermo (en el día 25 en el perro), la vesícula de la lente está alineada por un sola par de células cuboidales rodeadas por una lámina basal, que es la futura cápsula de la lente (1,2,3)

Desarrollo Vascular.

La arteria hialoidea es la terminación y ramificación de la arteria oftálmica primitiva, que permanece dentro de la copa óptica, seguido del cierre de la fisura óptica. La arteria hialoidea se ramifica alrededor de la cápsula posterior de la lente y continúa anteriormente para anastomosarse o unirse con la red de vasos en la membrana pupilar (Fig. 8,9). La membrana pupilar consiste de vasos y mesénquima sobre la cápsula anterior de la lente. Esta red vascular hialoidea que se forma alrededor de las lentes es llamada túnica vasculosa lentis (TVL o túnica vasculosa lenticular) anterior y posterior. La arteria hialoidea y la túnica vasculosa lentis proporcionan nutrición a la lente y el segmento anterior durante su periodo de rápida diferenciación. El drenaje venoso ocurre vía de una red cerca de la lente ecuatorial, en el lugar donde eventualmente se llegará a formar el cuerpo ciliar (1,2,3,4). La vasculatura hialoidea y la TVL alcanzan su máximo desarrollo en el perro en el día 45, posterior a este evento, se dá inicio a una regresión con atrofia de la membrana pupilar y de la túnica vasculosa lentis (TVL). La arteria hialoidea se completa en el momento en que se

abre el párpado, a los 14 días después del nacimiento. A la anomalía clínica del lente se le conoce como punto de Mittendorf, el cual es una pequeña área de fibrosis sobre la cápsula posterior de la lente, y una manifestación regresiva incompleta de la arteria hialoidea donde estuvo unida a la cápsula posterior de la lente. La papila de Bergmeister, representa un remanente de la vasculatura hialoidea que consiste de un pequeño grupo de tejido de la glía fibroso que emana del centro del nervio óptico. Ambos se observan como hallazgos clínicos incidentales (1,2,4).

Las ramificaciones de la arteria hialoidea llegan a ocluirse de manera esporádica por los macrófagos antes de su atrofia gradual. Al existir regresión de la vasculatura hialoidea, se produce el desarrollo de los vasos retinales. Las células mesenquimales que presentan forma de espina, desde la pared de la arteria hialoidea al disco óptico, forman crecimientos que invaden la capa de fibra nerviosas. Aquellas células que están en contacto directo con el flujo sanguíneo se diferencian en células endoteliales, las células externas llegan a ser pericitos (1,2,4).

Córnea y Cámara Anterior.

El margen anterior de la copa óptica avanza por debajo de la superficie del ectodermo y adyacente al mesénquima de la cresta neural, después de la unión de la vesícula de la lente (ocurre en el día 25 en el perro) (Fig. 10). Las células de la cresta neural mesenquimal migran entre la superficie del ectodermo y la copa óptica, usando la lámina basal de la vesícula de la lente como sustrato. Inicialmente, este mesénquima laxo llena a la futura cámara anterior, y da lugar al endotelio corneal y estroma, estroma anterior del iris, músculo ciliar y muchas estructuras del ángulo iridocorneal (1,2) (Fig. 11).

Las placas del endotelio llegan a confluir y desarrollan oclusiones zonulares durante los días 30 y 35 en el perro. Durante este período también se forma la membrana de Descemet. La cresta neural migra anterior a la lente para formar el estroma corneal y el estroma del iris resulta en la formación de una capa sólida de tejido mesenquimatoso, la cual se remodela al máximo para formar la cámara anterior. La porción de esta capa que une a la futura pupila se llama membrana pupilar. Los vasos dentro de la membrana pupilar forman la TVL, que rodea y nutre a la lente. Estos vasos se continúan con aquellos del vítreo primario. El endotelio vascular parece ser la única estructura intraocular de origen mesodérmico, aún las células vasculares musculares especializadas y los pericitos son de origen de la cresta neural. En humanos, la alineación del conducto de Schlemm, como todo el endotelio vascular, es de origen mesodérmico. En el perro, la atrofia de la membrana de la pupila ocurre en el día 45. La separación del mesénquima corneal desde el lente resulta en la formación de la cámara anterior (1).

La influencia inductiva proveniente de la vesícula y cúpula óptica del cristalino estimula que el ectodermo superficial común se transforme en el epitelio corneal, proceso que representa uno de los fenómenos terminales de una larga serie de inducciones que se llevan a cabo en la formación del ojo (2,3).

Al poco tiempo de realizarse la primera inducción, la futura córnea cuenta con dos células de espesor y difiere poco del ectodermo cutáneo general, incluyendo la capa peridérmica externa sobre el ectodermo (5).

El siguiente paso en el desarrollo de la córnea consiste en la migración que realizan sobre la superficie del estroma primario acelular las células endoteliales corneales, las cuales se originan del mesénquima mesodérmico relacionado con los vasos sanguíneos que rodean al labio de la cúpula óptica. Posteriormente las células cambian su forma escamosa a una cuboidea y constituyen el revestimiento interno de la córnea (3).

Una vez que forman por completo la capa, las células endoteliales corneales sintetizan grandes cantidades de ácido hialurónico que secretan en el estroma primario (1)

En el perro, la córnea alcanza una transparencia relativa al final de la gestación (1).

Coroides.

La coroides y la esclera se forman del ectomesénquima que rodea a la copa óptica. Se continúa con la parte de la sustancia propia del iris y del cuerpo ciliar. En la parte más dorsal del fondo, las células mesenquimales de la coroides que son adyacentes a la capa pigmentada de la retina, se aplanan y forman las células del tapetum fibroso. El aplanamiento es más notable en los ungulados, en los que las células toman una apariencia fibrosa. Las fibras tapetales aparecen al inicio del tercer trimestre de la gestación y forman el tapetum lucidum (4).

Esclera

El mesodermo que rodea la copa óptica forma dos túnicas, una interna vascular y adyacente a la retina (coroides) y otra externa y fibrosa (esclera) (1) Las células de la cresta neural son la fuente de los fibroblastos de la sustancia propia (queratocitos), así como de las células del epitelio corneal posterior. La condensación de la esclera comienza anterior al ecuador, cerca del cuerpo ciliar y sigue hacia posterior, llegando al nervio óptico donde se continúa con la vaina externa de este (1,2,3).

En el pollo y otras aves se observan 14 huesecillos esclerales, y cada uno de estos se originan como una evaginación de la papila epitelial del ojo hacia el circundante ectomesénquima (que deriva de la cresta neural). La osificación en el pollo inicia en el día 12 y durante el transcurso de dos días se expande, de tal modo que forma un anillo de huesos sobrepuestos (3)

Desarrollo del iris, cuerpo ciliar y ángulo iridocorneal.

Las dos capas de la copa óptica (de origen neuroectodérmico) constan de una capa interna no pigmentada y de una externa pigmentada. Tanto el epitelio pigmentado como el no-pigmentado del iris y el cuerpo ciliar se desarrollan desde el aspecto anterior de la copa óptica, la retina se desarrolla desde la copa óptica. La vesícula óptica se organiza con todos los ápices dirigidos al centro de la vesícula. Durante la invaginación de la copa óptica, los

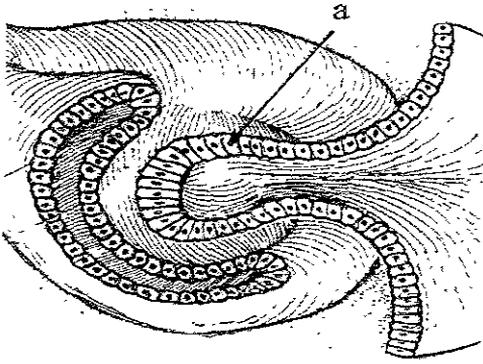


Fig. 7 a) vesícula de la lente.

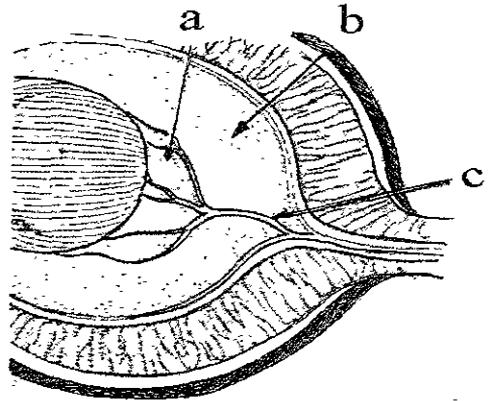


Fig. 8 a) Vítreo primario b) Vítreo secundario
c) Arteria hialoidea

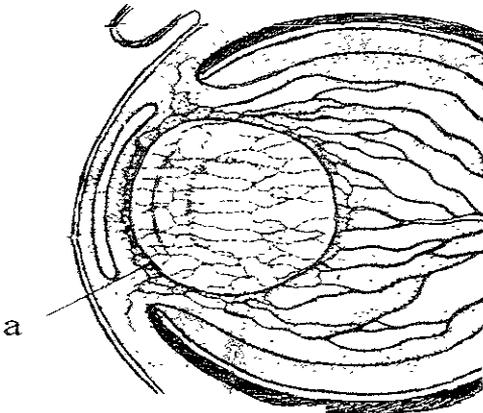


Fig. 9 a) Membrana pupilar

ápices de las capas epiteliales interna y externa llegan a estar adyacentes. Así, las células de la copa óptica están orientadas ápice con ápice (2,3).

En el perro, aproximadamente en el día 40 de la gestación, tanto las células pigmentadas como las no pigmentadas muestran cilios apicales que se proyectan hacia el espacio intracelular. Existe también una prominencia aumentada de los complejos de Golgi y vesículas asociadas dentro de las células superficiales apicales, que probablemente representan la primera producción de humor acuoso (1)

El estroma del iris se desarrolla desde el segmento anterior del tejido mesenquimatoso (origen celular de la cresta neural) y el iris pigmentado y epitelio no pigmentado se originan desde el ectodermo neural de la copa óptica. El músculo especializado del esfínter pupilar y músculos dilatadores finalmente diferenciados desde estas capas epiteliales, representan los únicos músculos de mamíferos que son de origen neuroectodérmico. Sin embargo, en algunas especies de aves, las células de los músculos esqueléticos en el iris se originan de la cresta neural con una pequeña contribución del mesodermo a la porción ventral (2).

El crecimiento diferencial de las capas epiteliales de la copa óptica, resultan en el pliegue de la capa interna, representando el inicio del proceso ciliar anterior (1)

Las fases de la maduración del ángulo iridocorneal son: primero la separación del mesénquima anterior hacia las regiones corneoescleral e iridociliar seguidos por la diferenciación del músculo ciliar y pliegues del ectodermo neural hacia los procesos ciliares. La segunda fase, consiste en el alargamiento de la trabécula corneal y el desarrollo de fisuras en el área de la malla trabecular, la cual se acompaña por una regresión del endotelio corneal que cubre el receso del ángulo (Fig. 12). La tercer y última fase, es la remodelación postnatal del drenaje del ángulo, la cual se asocia con necrosis celular y fagocitosis por medio de macrófagos que producen que se abran las fisuras en una malla trabecular (1).

Cuerpo Ciliar.

El epitelio del cuerpo ciliar se desarrolla desde el neuroectodermo de la copa óptica anterior y el mesénquima subyacente se diferencia hacia los músculos ciliares. Detrás del iris, la capa interna del ectomesénquima, cuyas células se originan en la cresta neural, prolifera de manera desigual formando una serie de crestas que originarán los procesos ciliares. Las dos capas de la copa óptica retienen su naturaleza epitelial. La capa externa se continúa con la capa pigmentada de la retina y comienza a pigmentarse por sí misma. La capa interna se continúa con la capa neural de la retina hacia posterior y el epitelio del iris hacia interior. La capa interna será la fuente de humor acuoso cuando el sistema acuoso sea funcional. El ectomesénquima se continúa con el estroma iridial hacia anterior y la coroides hacia posterior formando tejido conectivo y la musculatura ciliar (1)

El desarrollo de los procesos ciliares ocurre al mismo tiempo que el de la ora serrata, que es la separación anatómica entre la neuro-retina y el cuerpo ciliar. Los procesos ciliares desarrollan centros vasculares y se alargan, al mismo tiempo que aumenta el tamaño del globo ocular, llegando al ecuador de la lente, para formar la zónula ciliar definitiva. La

diferencia entre la corona ciliar (parte plegada), la parte orbicular ciliar (pars plana) no se distingue sino hasta después del nacimiento (2,3)

La matriz extracelular secretada por el epitelio ciliar llega a ser el vítreo terciario y finalmente desarrolla su propia zónula de la lente.

En especies como el perro y el gato, que con los párpados fusionados, el desarrollo de la cámara anterior continua durante el periodo postnatal antes de que se abran los párpados (4).

Retina y nervio óptico.

La retina se desarrolla a partir del ectodermo neural (Fig. 13) con el pigmento del epitelio de la retina (RPE), tiene su origen desde la capa pigmentada más externa de la copa óptica y de la retina neurosensible desde la capa más interna no pigmentada (1,2) Como con el epitelio ciliar, la invaginación de las vesículas ópticas provocan que los ápices de la capa sin pigmento más interna se dirijan hacia fuera a encontrar los ápices externos de la capa pigmentada, la cual está dirigida hacia el interior. Así, están en contacto directo los ápices de estas dos capas celulares. Las células de la vesícula óptica primitiva contienen los primeros gránulos de melanina en el embrión que se desarrolla. La primera membrana que se observa es la de Bruch (lámina basal del RPE) y a la siguiente semana se llega a desarrollar de manera completa, cuando se desarrolla el coriocapilar. Por el día 45, las células RP toman una forma hexagonal y desarrollan microvellosidades que interdigitan con proyecciones desde la capa de fotorreceptores no pigmentadas de la copa óptica (interna) (2)

En el momento de la inducción de la placoda de la lente o cristalino, el primordio consiste de una zona externa, zona nuclear e interna marginal. La proliferación celular ocurre en la zona nuclear con migración de células hacia la zona marginal. Este proceso forma las capas neuroblásticas interna y externa, separada por sus procesos celulares, la cual cubre la pasajera capa fibrosa de Chievitz. La diferenciación celular progresa desde las capas más internas hasta las más externas regionalmente desde los lugares centrales a los periféricos (1)

Las células ganglionares de la retina se desarrollan primero dentro de la capa neuroblástica interna, los axones de las células ganglionares en conjunto forman al nervio óptico. Los cuerpos celulares de Müller y las células amacrinas se diferencian en la porción interna de la capa neuroblástica más externa. A la mitad de esta capa, se encuentran células horizontales, al último maduran las células bipolares y fotorreceptores en la zona más externa de la retina (1)

Vítreo

La cámara vítrea (espacio detrás del lente) se origina cuando la vesícula óptica se transforma en la copa óptica (4). El vítreo primario se forma desde la lente primitiva y la capa interna de la copa óptica. Además de los vasos del sistema hialoideo, el vítreo primario también contiene células mesenquimales, material fibrilar de colágeno y macrófagos. El vítreo secundario se forma como el cierre de la fisura fetal y contiene una

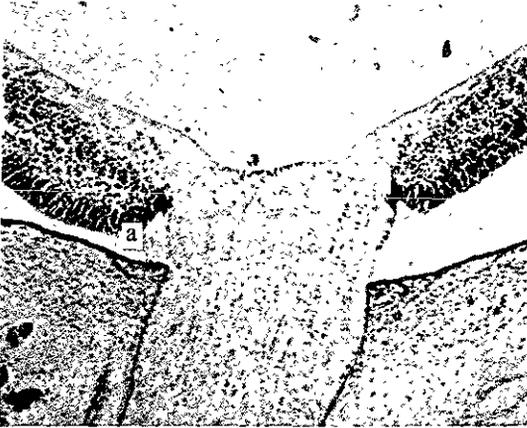


Fig. 13- Retina, se desarrolla a partir del ectodermo neural.-a) retina epitelio pigmentario.



Fig.- 14. Los pliegues de los párpados crecen fusionados. a) fusión de pliegues b) glándulas de Meibomio.

matriz de material celular y fibrilar, incluyendo hialocitos primitivos, monocitos y ácido hialurónico. Los hialocitos primitivos producen fibras de colágeno que expanden el volumen del vítreo secundario (1).

El vítreo terciario se forma con una densa acumulación de fibras colágenas entre el ecuador de la lente y la copa óptica. Estas fibras son llamadas ramas marginales de Drault, las cuales poseen una unión muy fuerte a la capa interna de la copa óptica y es su precursor de la base del vítreo y zónulas de la lente. Las primeras fibras zonulares de la lente aparecen continuas con la capa epitelial no pigmentada de la membrana limitante interna que cubre al músculo ciliar (1).

El canal de Cloquet es la atrofia del vítreo primario, que deja una zona hialoidea clara y una zona central angosta. Gran parte del gel vítreo posterior, al momento del nacimiento es vítreo secundario, con la base vítrea y representando las zónulas del vítreo terciario (1).

Párpados y glándulas anexas.

Los párpados se desarrollan a partir de dos pliegues ectodérmicos superficiales que contienen centros de mesénquima (2), el cual da lugar a la epidermis, cilios y epitelio conjuntival. El mesénquima de la cresta neural da lugar a las estructuras más profundas, incluyendo la dermis y el tarso. Los músculos del párpado (orbicular y elevador) se derivan de las condensaciones craneofaciales del mesodermo llamadas somitómeros. El párpado superior se desarrolla desde el proceso frontonasal, el párpado inferior se desarrolla del proceso maxilar. Los pliegues de los párpados crecen juntos y se alargan para abarcar el desarrollo del ojo (1,2) (Fig. 14).

En el perro y el gato, los párpados superior e inferior se fusionan en el día 32 de la gestación; y su separación ocurre después del nacimiento a las dos semanas (1).

Los párpados en los humanos, comienzan a desarrollarse durante la séptima semana, cuando los pliegues de la piel crecen sobre la córnea. Una vez que principia su formación, los párpados casi de inmediato se cierran sobre el ojo y a finales de la novena semana suelen unirse para fusionarse entre sí. Las capas epiteliales de los párpados son las únicas que participan en este proceso de fusión (2,3).

En el ratón ocurren fusiones epidérmicas temporales en los párpados y algunas otras estructuras como son los dedos, oídos y epidermis (3).

El espacio que se encuentra entre los párpados y la parte anterior del globo ocular se conoce comúnmente como saco conjuntival, en tanto que las glándulas más abultadas que desembocan en la conjuntiva se desarrollan a partir de múltiples yemas epiteliales (3,4). La capa interna del pliegue, que deriva de la superficie ectodérmica forma también al tercer párpado. A partir de brotes de la superficie ectodérmica, se forman las glándulas lagrimal y tarsal, la del tercer párpado, las sebáceas y las sudoríparas modificadas de los párpados (2,3).

Músculos extraoculares

Los músculos extraoculares se originan a partir del mesodermo en somitómeros (condensaciones preópticas del mesodermo) (2,4). En estudios realizados en embriones de pollo, se ha demostrado músculo oculomotor innervado que se origina a partir de los somitómeros primarios y secundarios, el músculo oblicuo superior se origina del somitómero terciario, y el músculo recto lateral del 5º somitómero. La totalidad de estos músculos parece ser que se desarrolla espontáneamente mas que del ápice orbital (1)

Aparato nasolagrimal

El surco nasolagrimal separa al pliegue nasolateral de los procesos maxilares. En el fondo del surco, se forma un cordón sólido de células ectodérmicas que queda cubierto por los procesos maxilares, que cuando crecen se fusionan con el pliegue nasal lateral. Dos brotes ectodérmicos adicionales crecen desde el extremo superior del cordón enterrado hacia los pliegues palpebrales cerca de sus borde nasales, estos brotes se desarrollan formando los puntos lagrimales superior e inferior. El extremo inferior del cordón ingresa en la porción rostral del meato nasal ventral. Todo el cordón se transforma en el conducto nasolagrimal mediante un proceso de canalización. La canalización incompleta es frecuente en los animales domésticos. Los puntos y la mitad superior del conducto nasolagrimal suelen ser afectados en los perros y los gatos (4)

CAPITULO II

ORBITA

La órbita, es considerada la fosa ósea que contiene al globo ocular, nervio óptico, músculos extraoculares, glándula lagrimal, tejido adiposo y vaina bulbar, la cual tiene la función de separar al ojo de la cavidad craneal, rodeando y protegiéndolo, además de proporcionar varias ramificaciones para nervios y vasos sanguíneos que pasan a través de los forámenes, mismos que están comprometidos con las funciones del ojo (1,4,5,6).

El tamaño, forma y posición orbital se consideran de suma importancia, debido a la relación que guardan con respecto a la posición del ojo y al movimiento de este en muchos animales. Además posee la función de gobernar la extensión y profundidad del campo visual (1), dependiendo de los hábitos alimenticios de cada una de las especies animales.

Se considera la presencia de dos tipos de órbitas en los animales vertebrados: la órbita cerrada, que se encuentra por completo rodeada de hueso, en algunas ocasiones existe un verdadero borde óseo, siendo este un puente definitivo, y el tipo de órbita abierta, la cual se considera incompleta por la ausencia de hueso en las regiones temporal y temporal superior, lo que permite que la órbita se continúe con la fosa temporal (1,4) Algunos huesos de la cara y el cráneo comparten por lo menos una parte de sus superficies a la formación de la órbita, aunque no siempre sea esto un caso similar para todos los animales.

En el hombre, la órbita se encuentra rodeada por siete huesos, siendo estos, el frontal, lagrimal, etmoides, cigomático, maxilar, esfenoides y palatino (Fig 15 y 16); tomando en cuenta que no es igual para todos los animales. Debido a esto, se lleva a cabo una comparación al respecto en diferentes especies animales, para conocer de un modo más amplio la anatomía oftálmica (6).

PERRO

Las diferentes razas de perros, presentan grandes variantes en cuanto a la forma y tamaño del cráneo, por lo cual a los perros se les divide respecto de su anatomía craneana en tres grupos principales:

- 1 Dolicocefálos o de cabeza alargada. En este tipo de cráneo se distinguen huesos faciales largos, diferenciándose de los demás animales por la profundidad de sus órbitas. En esta clasificación encontramos a los galgos, pastores, collies etc.
2. Mesocefálicos o de proporción media, también conocidos como mesaticéfalos; entre los que encontramos a los fox-terrier, dachshund, etc
- 3 Braquicefálicos o de cabeza corta. El cráneo se encuentra acortado, la órbita es poco profunda y los ojos están protruidos. Son perros que presentan cráneos muy anchos y cortos como el bulldog (4,7,8).

La importancia de esto radica en que la forma de la cabeza tiene cierta influencia sobre las proporciones y forma de la órbita. La fosa ósea en el perro está compuesta por 6 huesos orbitales, siendo estos el hueso cigomático, frontal, lagrimal, esfenoides, palatino y maxilar (Fig. 17) (1,5)

Sobre el hueso frontal se encuentra un proceso llamado proceso cigomático y debajo del hueso cigomático, se localiza el proceso frontal. El anillo orbital se forma por los huesos frontal, lagrimal y cigomático. Lateralmente, la órbita se compone por el ligamento supraorbital; el piso o base de la órbita la forman los huesos esfenoides y palatino (2,4).

GATO

En el gato, la cavidad orbital ocupa la mayor parte del volumen total del cráneo. Presenta una órbita incompleta o abierta, debido a que el anillo o borde orbital lateral se presenta incompleto. El eje de sus ojos, se encuentra colocado rostrolateralmente aproximadamente a 10 y 20° de sus líneas medias, respectivamente (1). El gato, a comparación de otros carnívoros, presenta un campo binocular comparativamente amplio, debido a la prominencia de sus ojos, el campo panorámico total, es muy amplio y se encuentra entre los 250° y 280° (5).

En el gato se encuentran presentes los huesos lagrimal, cigomático, frontal, esfenoides, palatino y maxilar (Fig 18 y 19) (1,5).

La pared de la órbita se compone de esfenoides, maxilar, lagrimal, cigomático, por el hueso frontal y el ligamento orbital que une al frontal y proceso cigomático. El hueso esfenoides forma el ápice de lo que se puede llamar el cono orbital, que contiene a los forámenes los cuales permiten el paso de muchos de los nervios y vasos orbitales hacia la órbita (7). La base del cono que forma, se encuentra hacia anterior en el septo orbital, el cual es una vaina de tejido conectivo que se extiende desde la periórbita en el margen orbital a la placa tarsal de los párpados (9).

CABALLO

El caballo es uno de los animales que presentan órbita cerrada o un margen orbital completo. La pared lateral de la órbita está formada por el proceso temporal del hueso frontal que desciende para unirse con el temporal y no con el hueso cigomático como sucede en otros ungulados. El caballo no posee un piso orbital (2,5).

Los huesos que conforman la órbita son el lagrimal, cigomático, frontal, esfenoides, palatino y temporal (Fig 20) (1,5,6).

La pared medial se compone por los huesos lagrimal y frontal y el ala orbital del esfenoides. En la parte más anterior de la órbita, justo dentro del margen orbital está la fosa lagrimal la cual corre por el canal lagrimal, y un poco debajo de la fosa lagrimal, por atrás del hueso cigomático existe una pequeña depresión desde la que se origina el músculo oblicuo inferior (2,5). La periórbita está unida a los huesos de la órbita en las márgenes del anillo y en el foramen óptico.

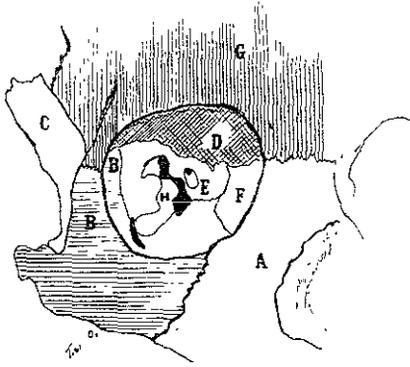


Fig. 15 Huesos que forman la órbita del humano
 a) maxilar b) malar c) temporal d) parietal
 e) esfenoides f) lagrimal g) frontal h) anillo de Zinn



Fig. 16 Órbita de humano (*homo sapiens*)

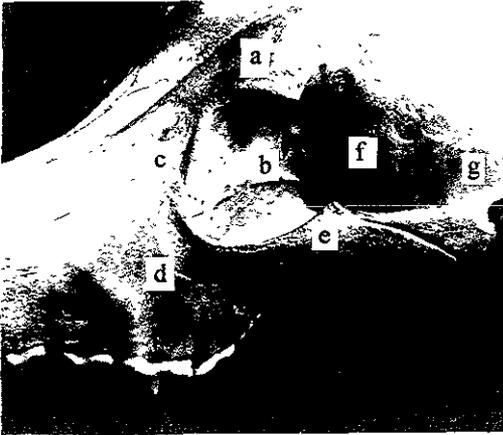


Fig.- 17 Órbita de perro (*Canis familiaris*)
 a) frontal, b) palatino, c) lagrimal, d)
 maxilar, e) zigomático, f) esfenoides, g)
 temporal.



Fig.- 18 Órbita de gato (*Felix catus*),
 también abierta. Se observa que en su
 relación al cráneo es muy grande.
 Letras igual que fig.17

BORREGO

La apertura orbital es casi circular con su borde o anillo mucho muy rugoso, los huesos que la rodean son el frontal, lagrimal y cigomático. El techo orbital es una extensión muy prominente desde el techo del cráneo. Su eje orbital va de 115 a 125° (2,5).

Los huesos que componen la órbita son el frontal, lagrimal, esfenoides, (orbital y alar), palatino, maxilar y cigomático (Fig. 21) (2,5).

El hueso esfenoides ocupa el ápice orbital. El ala orbital (orbitoesfenoides) se extiende hacia delante para formar parte de la pared medial y también tiene una extensión dorsal rodeada por el hueso frontal y contribuyendo un poco al techo orbital (5).

BOVINO

Los animales cornamentados, como es el caso del bovino (toro específicamente), difieren de manera significativa con respecto a otros animales que carecen de cornamenta, debido a que deben estar adaptados a diversas formas de vida (2).

La órbita del toro tiende a ser muy profunda y con un anillo de diámetro mayor que en el caballo, además de notar que el globo del caballo con frecuencia manifiesta una mayor dimensión con respecto al del bovino. Sin embargo, la capacidad de la órbita de el bovino está un poco reducida por una gran extensión de bombeo hacia el hueso lagrimal (bulla lagrimal). Una de las peculiaridades de la órbita del toro, es que presentan una gran variedad de extensiones, bordes, fosas y espinas, manteniendo así una gran distancia con respecto al patrón que se encuentra en la órbita tan regular del caballo (5).

Existe además otra diferencia significativa entre las órbitas de estos dos animales, la cual radica en el margen. En el toro, el margen es muy delgado y agudo, especialmente en la porción superior, en contraste el caballo posee un margen orbital relativamente redondeado. El ojo o globo ocular se encuentra alojado en la órbita (5,10). Los huesos que conforman la órbita del toro son el esfenoides, lagrimal, frontal, cigomático, palatino, maxilar y etmoides (Fig. 22). El hueso esfenoides presenta una superficie externa larga. El hueso frontal traslapa el ala orbital del esfenoides sobre su superficie externa con una extensión angosta adyacente a la terminación dorsal de la cresta pterigoidea, la cual aparentemente divide al esfenoides en dos porciones. La parte anterior parece ser una cresta prominente que corre horizontalmente hacia delante con un ala de este hueso, el cual continua hacia delante para unir al hueso etmoides con el forámen esfenopalatino.

El ala temporal del hueso esfenoides es pequeña pero tiene una cresta pterigoidea prominente. Toda la superficie externa del ala temporal es mucho mas larga que la del ala orbital debido a los ancho del proceso pterigoideo (5).

El hueso frontal forma casi todo el techo de la órbita y parte de la pared medial (5).



Fig- 19. Orbita de león (*Pantera leo*). Similar al gato en tipo de abertura y relación al cráneo, posición orbital hacia el frente



Fig- 20. Orbita de caballo (*Equus caballus*). Cerrada. Su posición al cráneo es lateral.



Fig.- 21. Orbita de cabra (*capra hircus*), de forma casi circular, posee borde óseo muy fuerte.

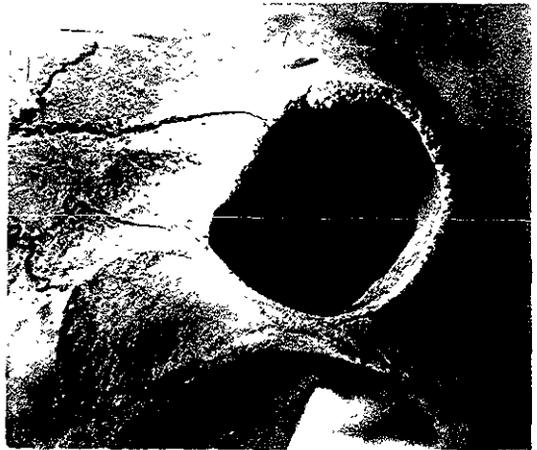


Fig.- 22. Orbita de bovino (*Bos taurus*) Como animal cornamentado también presenta órbita cerrada Anillo orbital de mayor tamaño al equino

El hueso lagrimal casi no es largo, y constituye la pared anterior de la órbita; además de poseer una gran extensión facial. La fosa para el saco lagrimal se une en el hueso lagrimal cerca del anillo orbital y es relativamente pequeño (5).

El hueso cigomático contribuye en la formación del anillo orbital inferior y por lo tanto forma parte del piso orbital incompleto. El proceso cigomático se divide caudalmente en dos partes. El proceso frontal se extiende hacia arriba para unir al proceso cigomático del hueso frontal, mientras que el proceso temporal se continúa caudalmente y se traslapa por el proceso cigomático del temporal (2,5).

El anillo orbital está conformado por tres huesos: el hueso frontal forma el techo y mitad superior de la extensión lateral. El cigomático proporciona el piso y la mitad inferior de la extensión lateral y el lagrimal forma las partes medial y anterior del anillo (5)

CERDO

El cerdo, es un animal en el que no se puede asumir que se conocen por completo las características oculares como en los demás animales, debido a la existencia de muchas razas de cerdos, como sucede en el perro, lo que produce que existan cráneos de formas muy diversas. Estas formas tan diferentes pueden afectar el tamaño y forma de la órbita. Con excepción de una o dos razas poco usuales o comunes, este animal, posee una órbita abierta. Una vez más como en el perro, su órbita se continúa con la fosa temporal (2,5)

El cerdo a lo mucho puede tener 120° entre su ápice orbital, pero su eje visual se divide en mucho menos del 60 a 70° (5).

CONEJO

Los huesos de la órbita del conejo son el maxilar, orbitoesfenoides, aliesfenoides, lagrimal, palatino, frontal, pterigoideo y cigomático. El hueso etmoidal, aparentemente no parece extenderse a la órbita, pero el hueso temporal manda un ala anterolateralmente y hacia abajo para unirse con el hueso cigomático (5).

En el conejo, existe un desplazamiento lateral muy marcado de la órbita. El hueso temporal forma parte de lo que puede ser llamado la pared posterior o pared caudal orbital. El anillo o borde orbital se forma por los huesos frontal en el aspecto superior y anteriormente el lagrimal. Próximo al hueso lagrimal está el proceso cigomático del maxilar y el hueso cigomático forma el borde ventral siempre con el proceso cigomático o el hueso temporal. Existe un proceso que se extiende desde el hueso lagrimal próximo al borde o anillo orbital y sirve para producir una incisión entre este y el proceso cigomático del maxilar. La parte inferior anterior de la glándula lagrimal está anclada a esta incisión (2,5)

La parte del hueso frontal, la cual contribuye al borde o anillo se proyecta demasiado y se le conoce como el proceso supraorbital, teniendo este proceso dos proyecciones, una anterior y otra posterior. La mayor parte de la pared inferior o piso de la fosa orbital está hecha o formada por los músculos de la masticación, pero alguna parte de este piso está formada por los huesos palatino y pterigoideo donde estos se proyectan desde la fosa

pterigopalatina. La pared anterior de la órbita se encuentra formada por el hueso lagrimal, el orbitoesfenoides y parte del hueso maxilar. La pared posterior o caudal posee una parte del hueso temporal conocida como ala aliesfenoides, y el ala posterior del orbitoesfenoides. La pared medial está formada por una pequeña porción del hueso frontal, un ala esfenoidal y anteriormente una pequeña proyección del hueso maxilar (5)

La órbita del conejo, es casi por completo circular y es uno de los pocos animales en los que el eje de la órbita virtualmente coincide con el del ojo. El ángulo de la órbita desde el plano medio de la cabeza, raramente es de 80 grados, siendo abierta la línea del eje desde el centro del forámen óptico al centro de la apertura orbital. Cuando se mide esta línea al plano del borde o anillo orbital, este es de 20mm o menos (5).

REPTILES

En los reptiles, se encuentran una gran cantidad de especies, de las que se han estudiado con mayor cuidado las tortugas, algunas víboras, geckos, lagartos y cocodrilos (5,6)

La mayoría de las tortugas, poseen órbitas cerradas, siendo estos animales en los que se dificulta la identificación de los huesos del cráneo, debido a que algunos de estos han desaparecido y otros se han llegado a extender o a tomar otros lugares. En ocasiones, no existen huesos nasal o lagrimal; el prefrontal los desplazó por completo y el premaxilar se extiende para dar lugar al desplazamiento del nasal (Fig. 23 y 24) (5,6)

Independientemente de las boas y los pitones, las víboras poseen órbitas abiertas, las órbitas de las víboras se encuentran relativamente más hacia delante de la cabeza, más que en muchos lagartos o lacértidos y esto se debe a que la cabeza es relativamente más corta (5)

Los cocodrilos y lagartos modernos, poseen órbitas cerradas, pero apenas funcionan cuando los ojos se proyectan hacia arriba de modo que ellos pueden permanecer ligeramente arriba del nivel del agua mientras el resto de la cabeza está sumergida (5).

AVES

El cráneo de las aves es muy parecido al de los reptiles; presenta múltiples variaciones que se relacionan con el vuelo, hábitos alimenticios y la presencia de un cerebro mucho más grande (5).

La parte posterior del cráneo es un componente muy protegido. Las órbitas se sitúan en el punto donde alcanzan su arco máximo de visibilidad, reflejan el tamaño de la masa ocular. El tipo del cráneo se le denomina diápside, en donde se ha perdido el arco postorbital que existe entre la fosa temporal superior e inferior. El resultado es una fosa totalmente abierta por la parte de atrás o dorsal y que se une al frente con la órbita. La fosa preorbital se separa desde la órbita por el hueso lagrimal. El arco cigomático (infratemporal), consiste de un complemento de los reptiles que es a partir de los huesos jugal y cuadratojugal (16)

Los huesecillos esclerales tienen la función de dar protección a los ojos, y mantener su forma. La forma de estas placas óseas prueban que los ojos de muchos animales, no fueron esféricos (5,7)

En las aves, la órbita es grande con relación al cráneo (Fig. 25 y 26); en algunos casos, se observa un hueco en el piso de la órbita. De las estructuras identificadas, se encuentra el hueso parietal en la parte posterior lateral, el hueso temporal en algunos casos forma una espícula triangular con dirección ventral a manera de un arco cigomático. El hueso frontal se extiende hasta la base del pico, muy variable dependiendo del tipo de ave. Una de las características más importantes en las órbitas de estos animales, es que su borde presenta un número variable de huesos a manera de placa, denominados huesos esclerales (*annulus ossicularis sclerae*) (5,7).

Las aves colocan sus huesecillos en el uso más exacto de todos los animales, siendo usados para algunos de ellos, y en especial para los búhos y los halcones para producir ojos alargados y con forma de cono que les permita un mayor rango de acomodación. Además de poseer una mayor cantidad de huesecillos que otros animales. En las aves, se pueden encontrar hasta dieciocho huesecillos esclerales. El promedio puede variar de entre diez y diecisiete (5,7).



Figs.- 23 y 24. Órbita de tortuga (*Testudo elephantus*) a) prefrontal, b) parietal, c) escamoso, d) orbital, f) premaxilar, g) maxilar, h) zigomático o jugal. Algunos reptiles como las tortugas han modificado sus huesos craneales, no hay lagrimal ni conducto lagrimal.

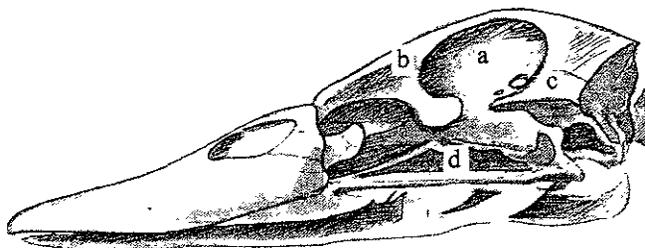
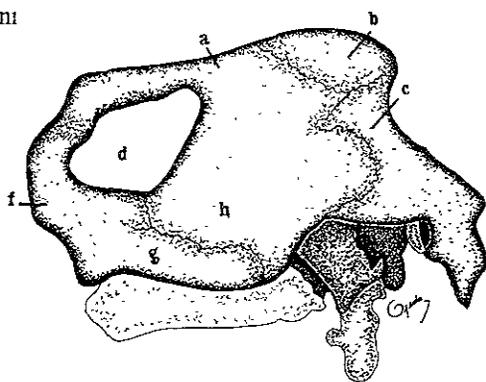


Fig - 25 Órbita de pato (*Anas cyaea*).

- a) orbita
- b) frontal
- c) escamoso
- d) cigomatico

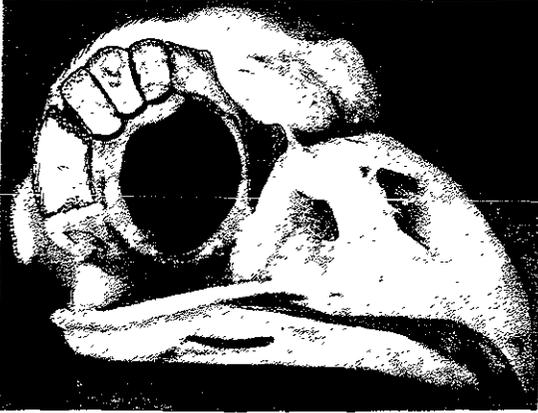


Fig.- 26. Huesos esclerales en órbita de avestruz (*Struthio camelus*).

FASCIA ORBITAL

La fascia orbital está formada por una delgada capa de tejido conectivo laxo, rugoso que rodea a todas las estructuras dentro de la órbita. Esta fascia puede subdividirse en 3 entidades: periórbita, fascia bulbi o cápsula de Tenon y hojas fasciales de los músculos extraoculares. La periórbita tiene una forma cónica, siendo una membrana fibrosa que une a la órbita y encierra al globo con sus músculos, vasos sanguíneos y nervios. Su ápice se encuentra a la salida del nervio óptico desde la órbita. En este punto, se continúa con la capa dural del Nervio Óptico; en la órbita es delgado, une firmemente a los huesos orbitales y forma su perióstio (1,11,12).

En el perro la periórbita no siempre se fusiona con el perióstio de los huesos frontal y esfenoides (5). Además el perióstio y la periórbita con frecuencia permanecen bien definidos y se separan en estos sitios de la órbita. En animales con órbita incompleta, la periórbita es más gruesa lateralmente muy cerca del ligamento orbital. Anteriormente, la parte dorsolateral de la órbita, la periórbita se divide y rodea a la glándula lagrimal. En el anillo orbital, otra vez se separa, una parte se continúa con el perióstio de los huesos fasciales y otro (septum orbital) emerge con los párpados y se llega a continuar con las placas tarsales (las capas fibrosas en párpados) (1,11).

La cápsula de Tenon o fascia bulbi es una condensación de tejido conectivo sobre el lado externo de la esclera, la cual es la capa fibrosa del ojo. Aquí se separa mediante un espacio u orificio parecido a una fisura angosta que se llena con tejido conectivo laxo, al cual se le denomina espacio de Tenon. La cápsula de Tenon, se une a la esclera muy próxima a la unión corneoescleral y se continúa con la fascia que rodea a los músculos extraoculares (1,11).

La fascia muscular es una membrana fibrosa densa que se encuentra unida a los músculos con tejido conectivo trabecular fino.

En el perro, la fascia muscular se divide en tres porciones:

- a) la fascia muscular superficial, la cual se extiende caudalmente desde el septo orbital, siendo penetrado por vasos sanguíneos y nervios,
- b) la fascia muscular media, que se forma por hojas superficiales y profundas que anteriormente se unen a la parte externa de la esclera y la córnea
- c) la fascia profunda que une la superficie de los músculos extraoculares, separa a los músculos rectos del músculo retractor del ojo (1,5,11)

Músculos Extraoculares y Grasa

Las tres hojas o capas de fascia orbital que se mencionaron anteriormente están separadas por condensaciones de tejido adiposo (grasa orbital) que llena el espacio muerto en la órbita y actúa como un cojín protector para el ojo y los músculos adyacentes. La cantidad de grasa orbital varía según la especie animal. Algunos animales, incluyendo a las aves y muchos reptiles (tortugas y víboras) poseen muy poca cantidad de grasa orbital, teniendo órbitas relativamente pequeñas que se llenan casi por completo por los globos (1). Los músculos extraoculares suspenden al globo en la órbita y proporcionan movilidad ocular (Fig 28). En la mayoría de los animales domésticos, existen 7 músculos extraoculares: 4 músculos

rectos dorsal, ventral, medial y recto lateral, 2 oblicuos y uno retractor del globo ocular (1,4,5,7,8,11,12). Estos se originan del ápice orbital (annulus de Zinn o tendón); en el perro se insertan aproximadamente a 5mm posterior al limbo medial, a 6mm ventralmente, 7mm dorsalmente y a 9mm lateralmente (Fig 28).

Los músculos se mueven en el ojo en la dirección de sus nombres. El oblicuo dorsal (superior) se origina desde el ápice orbital medio, continuando dorsomedial hacia delante para pasar a través de la tróclea localizada cerca del canto medial, posteriormente regresa, pasando dorsolateral al globo. Retrae la parte o sección dorsal del globo medial y ventral (1,10); su inervación está dada por el IV par craneal (Nervio Troclear). Su función consiste en rotar al globo ocular, permitiendo que la parte dorsal tenga movimiento medial y lateral (11) (Fig.29).

El músculo oblicuo ventral (inferior), es el único músculo extraocular que se origina en un sitio alejado al ápice de la órbita, a partir del margen anterolateral del hueso palatino sobre la pared medial de la órbita y pasa debajo del ojo, cruzando el tendón recto ventral (2,4,10) La función de dicho músculo consiste en rotar al globo ocular, permitiendo que la parte ventral del mismo, se mueva en sentido medial y lateral. La inervación del músculo oblicuo ventral o inferior proviene del Nervio Oculomotor (III par craneal) (11). Dicho músculo se divide y alcanza el músculo retractor lateral, con el lado anterior, cubriendo la inserción del recto lateral y la porción posterior insertándose debajo del recto (11).

El músculo retractor del ojo (bulbi) se origina en el ápice orbital y continúa hacia delante para formar un cono que se inserta posterior y al fondo del músculo recto Este paquete muscular tiene la función de retraer al ojo (1,10) Su inervación, está dada por el Nervio Abducente o IV par craneal (11). El músculo retractor del ojo se presenta en casi todos los animales, pero en varios grupos de animales no mamíferos no se presenta, incluyendo aves y víboras (Fig 30) (5).

Los músculos rectos tienen sus inervaciones por atrás del limbo del globo ocular, siendo estas inserciones en el margen del canal óptico. El músculo recto lateral cruza dorsal al origen del músculo recto ventral y posee un espacio entre los músculos recto dorsal y lateral (4).

En el perro, los músculos rectos forman tendones planos que se insertan en la esclera, anterior a la inserción del músculo retractor del globo, 3 a 7 mm posterior a la unión corneoescleral. Anterior al ecuador del lente, el recto dorsal pasa sobre el tendón de inserción del músculo oblicuo dorsal. El tendón del músculo recto ventral pasa profundo al músculo oblicuo ventral (4).

Los músculos extraoculares en el gato siguen un patrón muy parecido al de muchos mamíferos, siendo estos cuatro músculos rectos, el músculo retractor bulbi y los dos músculos oblicuos. Los músculos medial superior y recto lateral se originan sobre el margen del forámen óptico, el músculo elevador del párpado superior y el oblicuo superior se originan inmediatamente arriba del recto superior, mientras que el recto inferior tiene su origen sobre la pared medial de la fisura orbital siempre con los músculos retractores del bulbo o retractor bulbi (Fig 31) No existe un anillo tendinoso completo conectando el

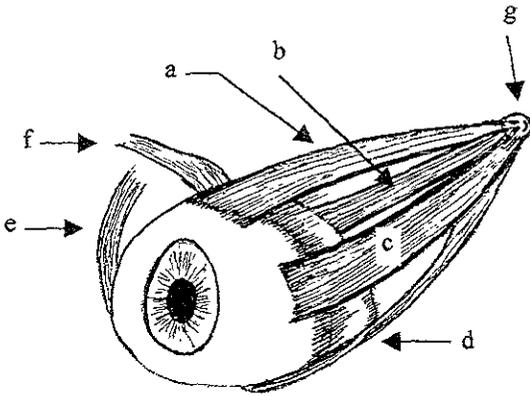


Fig. - 27 Músculos extraoculares que permiten movilidad ocular. a) recto dorsal, b) recto ventral, c) recto medial, d) recto lateral, e) oblicuo inferior, f) oblicuo superior, g) annulus de Zinn.

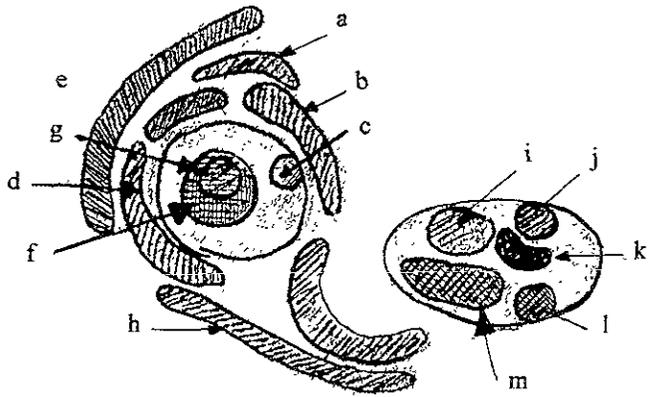


Fig. - 28 Annulus de Zinn
 a) Elevador del párpado, b) recto dorsal,
 c) vena oftálmica, d) recto medial, e)
 oblicuo dorsal, f) forámen óptico, g)
 nervio óptico, h) recto ventral, i) canal
 rostral, j) n Troclear, k) n Abducens, l)
 v Orbitaria, m) m Retractor

origen del músculo como sucede en el ojo de los primates. Esta disposición poco usual del origen de los recto lateral y recto inferior, permiten al recto lateral cruzar por encima del inicio del recto y inferior y dejando un espacio entre los rectos superior y lateral a través del cual el músculo retractor bulbi (2,4,11).

En ciertos lugares, la cápsula de Tenon en comparación es una estructura gruesa en gatos, y la influencia de dicha cápsula, sobre la función de rotación del ojo, es probable que se encuentre mas pronunciada en el gato que en otros animales (5)

En la vaca como en el conejo, casi todos los músculos extraoculares siguen la misma configuración que se encuentra en la mayoría de las especies de mamíferos; sin embargo no existe un verdadero annulus de Zinn (5)

Existen numerosas etiologías que producen diversas enfermedades de la órbita, así como de las estructuras periorbitales, incluyendo procesos congénitos, traumáticos, inflamatorios, degenerativos y neoplásicos (12).

Manifestaciones patológicas más frecuentes en la órbita.

Los procesos infecciosos comprometen a las raíces de los molares que pueden provocar incluso fistulas de algunas de esas piezas, extendiéndose e involucrando a la órbita

La pared del hueso orbital, en su cara medial es más delgada y puede permitir que se extiendan ciertas infecciones o procesos neoplásicos que se originan en la cavidad nasal o senos periorbitales. Los procesos infecciosos que comprometen las raíces de las muelas se pueden extender al grado que involucren a la órbita (12,13).

Existen un gran numero de patologías que involucran a la órbita, entre las que podemos incluir (13).

Agentes etiológicos inflamatorios

Neoplásias.

Celulitis orbital/absceso retrobulbar

Traumatismo orbital

Miositis eosinofílica

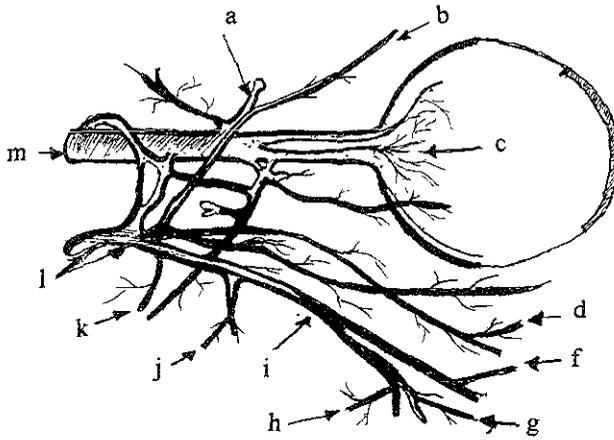


Fig.- 29. Irrigación del globo ocular del perro y sus anexos a) a. etmoidal, b) a. tercer párpado, c) a. Retinales, d) a. Lacrimal, f).a. malar, g) a. esfeno-palatina, h) a. palatina mayor, i) a. maxilar interna, j) a. palatina menor, k) a. Musculares externas, l) ramas oftálmicas m) a. oftálmica.



Fig.- 30 Músculos extraoculares a) músculo retractor de forma cónica propio de una gran cantidad de animales, b) m. recto dorsal, c) m. recto medial interno, d) m. recto ventral

CAPITULO III

PARPADOS Y ANEXOS

Los párpados juegan un importante papel en la protección del globo ocular. Realizan múltiples funciones, entre ellas impedir el paso de la luz a los ojos, rechazan la entrada de cuerpos extraños que puedan lacerar la córnea, secretan la lágrima sobre la córnea, además de poseer una gran cantidad de glándulas que ayudan en la lubricación de ellas se encuentran en la parte medial y en el borde las de Meibomio, Moll, Zeiss, Krause y Manz, Wolfring, criptas de Henle y células de Goblet que se localizan en la conjuntiva palpebral (14); las cuales producen los componentes de la película precorneal que tienen la función de lubricar permanentemente la parte anterior del globo ocular (6,14)

Anatómicamente se les describe como un par de pliegues musculofibrosos, superior e inferior (dorsal y ventral) con delgada piel facial o piel de la cara (1,4,5,6,7,8,10,11,14,17), el párpado superior está dividido en cuatro porciones, que de afuera hacia adentro son: (Fig. 32) (1,5,12)

- 1) Piel (capa más externa), que varía en grosor, dependiendo de la especie
- 2) Músculos: orbicularis oculi (orbicular), elevador del párpado superior, elevador del ángulo medial del ojo, y músculo orbital, también denominado de Müller (4,15,18)
- 3) Capa tarsal y estromal
- 4) Conjuntiva palpebral.

Piel

La piel de los párpados es muy delgada y se encuentra cubierta por pelos muy cortos y finos; pudiendo estar provista de algunos pelos táctiles. Esta piel, se encuentra conformada por cuatro estratos de la epidermis que son.

- Estrato córneo (compuesto por tres o cuatro capas de células)
- Estrato granuloso
- Estrato espinoso (seis a doce capas).
- Estrato basal (compuesto por células columnares típicas) (3).

Debajo de la piel, en la dermis, encontramos tejido conectivo que se encuentra en contacto íntimo con la epidermis, además de observar melanocitos (3)

En la dermis del caballo, de manera característica se nota la ausencia de células de grasa (17)

En la piel del párpado se identifican folículos pilosos y glándulas adyacentes, siendo estas las glándulas sebáceas o de Zeiss, además de glándulas ciliares o de Moll, que son glándulas sudoríparas modificadas (18).

Capa muscular

La capa muscular o músculo-fibrosa, está profunda a la dermis y consiste de grupos de fibras de músculo estriado esquelético (11)

Las fibras musculares del párpado superior están formadas por músculo estriado, distinguiéndose el músculo orbicular de los párpados, también presente en el párpado inferior y el elevador del párpado (12)

El músculo orbicular, se origina e inserta en la órbita medial circunscrita por los párpados, anclado nasalmente mediante el ligamento palpebral medial y se sujeta lateralmente mediante el músculo retractor del ángulo lateral del ojo y ligamento del canto lateral. Funciona como un esfínter para la fisura palpebral, siendo este el principal músculo que permite el movimiento de parpadeo (11,12).

El músculo elevador del párpado, es grueso, pero conforme se aproxima a la lámina tarsal y a los fascículos del músculo orbicular del ojo, que se localiza junto al borde del párpado, se adelgaza. También existen bandas delgadas de músculo liso que forman a los músculos palpebrales, conocidos como los músculos de Müller; los cuales se encuentran muy poco desarrollados en los caballos (18,19) Se unen cerca del margen del párpado y se cree que poseen una inervación simpática. Su función consiste en controlar la apertura del párpado mediante el ensanchamiento de la fisura palpebral (18)

El ligamento palpebral medial se inserta en el periostio de los huesos nasales. En los perros no existe ligamento palpebral lateral, debido a que es sustituido por el músculo retractor del ángulo lateral del ojo, que es una porción del músculo frontal. Surge de la fascia temporal y se extiende de forma horizontal al canto lateral, atravesando el músculo orbicular del ojo, el cual también es su sitio de inserción. En el gato, el ligamento palpebral lateral está unido al hueso frontal. El músculo orbicular del ojo envía algunas fibras que se insertan en la pared medial de la órbita, pasando por atrás del saco lagrimal, formando la parte lagrimal del músculo orbicular (músculo de Horner), que ayuda también a mantener la forma elíptica de la hendidura palpebral (4,8).

El párpado inferior presenta estructuras muy parecidas a las del párpado superior, con excepción del músculo elevador del párpado y las glándulas descritas con anterioridad. La capa externa del párpado está cubierta por una capa densa de cabellos muy finos con pequeñas glándulas sebáceas y tubulares. El margen libre del párpado contiene cilias o pestañas, estas se encuentran dirigidas al exterior de la superficie de la córnea (Fig. 33). El párpado inferior de muchas especies domésticas, está desprovisto de cilias o pestañas (2,11.)

Las raíces de las cilias de mayor tamaño, se encuentran en íntima relación con las prominentes glándulas sebáceas (glándulas de Zeiss) y glándulas sudoríparas modificadas (glándulas de Moll, glándulas ciliares). La estructura y localización de las glándulas de Moll es muy parecida en casi todas las especies domésticas, pero hasta la fecha se desconoce su función (2,11)

Los bordes libres de los párpados (dorsal y ventral), se unen para formar el canto medial y lateral. La apertura que se forma a partir de estos bordes libres, es la fisura palpebral (2,11). Los ligamentos palpebrales, son condensaciones de la fascia orbital y de gran importancia para determinar el tamaño y la forma de la fisura palpebral (11)

En la mayoría de las especies se identifican dos ligamentos palpebrales que son el medial y el lateral (17)

El ligamento medial se inserta en el periostio del hueso nasal. El ligamento lateral está ausente en el perro y es sustituido por el músculo retractor del ángulo del ojo (2,11)

En el ojo del perro, los párpados descansan sobre el globo ocular. El párpado superior puede poseer de dos hasta cuatro hileras de pestañas (2,11).

En los gatos, los párpados descansan sobre la superficie de la córnea y en algunas ocasiones se alcanza a observar una pequeña porción de la esclera. Estos no presentan cilias en ninguno de los párpados (2,11)

En el caballo, los párpados muestran una variación muy pequeña en comparación con otros mamíferos, siendo el párpado inferior más pequeño que el superior. La piel del párpado es delgada, posee un pliegue prominente que va paralelo al margen del párpado. El párpado superior es más largo y móvil que el párpado inferior, formando una fisura palpebral oval; su tejido está unido a la placa tarsal con excepción del borde libre (18,19)

Presenta una gran cantidad de cilias o pestañas (aproximadamente 100) a lo largo de las dos terceras partes del párpado superior, estando ausentes en el párpado inferior (5,18,20)

En el borrego los párpados son considerablemente más delgados que los del cerdo y un poco más que los de la cabra. Posee pocas cilias en el párpado inferior; sin embargo en el superior posee alrededor de cuarenta glándulas de Meibomio (5)

Como en los ejemplos anteriores, en la mayoría de mamíferos se presentan las estructuras palpebrales anatómicas muy semejantes, sus variantes solo son en tamaño, grosor principalmente (5).

Muchos lagartos presentan párpados bien desarrollados que se cierran al momento en que duermen y se abren al despertar. El párpado inferior es más largo que el superior, tal y como sucede en las aves. En los lagartos del orden Crocodylia (cocodrilos, lagartos y caimanes), los párpados se encuentran bien desarrollados, y existe una placa ósea en el párpado superior. Las serpientes (Ophidia), no poseen párpados como tal, ya que debido al desarrollo, estos se han fusionado para formar un escudo ocular (21), el cual se describirá de manera independiente más adelante.

En la mayoría de las aves el párpado superior o dorsal es corto y grueso, siendo el párpado inferior más largo y delgado, además de ser el que posee una mayor movilidad y que permite el cierre de los párpados debido principalmente a la presencia de un tarso fibroso.

Cuando los párpados se cierran, cubren la pupila. Muchas aves, mantienen los párpados abiertos antes de empollar y los mantienen cerrados después de que empollaron (16)

Las glándulas de meibomio están ausentes, pero está presente la glándula lagrimal (la cual puede variar entre diferentes especies de aves) a los lados, y abajo del globo (16,21,22) (Fig 35)

Capa tarsal y estromal

El tarso, es una hoja fibrosa compuesta por tejido conectivo de colágena localizado entre el músculo orbicular y la conjuntiva palpebral. Por debajo se encuentran las glándulas de Meibomio (glándulas tarsales) (2,4,11)

La capa tarsal, es una lámina fibrosa que da forma al párpado. Forma un tabique orbital que cubre a las glándulas tarsales, las cuales son largas y se encuentran distribuidas en forma paralela. Estas glándulas secretan un fluido lipídico (grasa) que forma parte de la capa más externa de la película precorneal, que actúa para prevenir que se evapore la película precorneal (4,11)

En el gato, las glándulas tarsales se encuentran más desarrolladas (5,11)

Conjuntiva palpebral

La región posterior de los párpados se encuentra unida con una membrana mucosa a la que se le conoce con el nombre de conjuntiva palpebral (2,4,11,12,14,15)

La conjuntiva palpebral es una membrana mucosa altamente vascularizada que forma la superficie interna o posterior de ambos párpados, así como las dos caras del tercer párpado y la porción anterior del globo, con excepción de la córnea. Se extiende medialmente desde la carúncula lagrimal al canto medial (1,11,13,14,15).

La conjuntiva palpebral contiene folículos linfoides y células calciformes que producen moco; además de algunas otras glándulas lagrimales accesorias, a las que se les conoce con el nombre de Krause y Wolfring, las cuales también auxilian en la producción de la película precorneal (4,6,18).

A la conjuntiva palpebral se le divide en tres porciones:

- Palpebral o tarsal, la que limita con la superficie interna de los párpados
- Bulbar, conjuntiva que cubre al globo ocular
- Fórnix o seno conjuntival, es la unión de las conjuntivas palpebral y bulbar, que forman un saco ciego denominado también cul-de-sac

La conjuntiva palpebral es muy rica en células Goblet; siendo en el perro muy heterogénea su distribución. Cubre la superficie interna de los párpados y en algunas ocasiones se encuentra con un poco de pigmento, es entonces cuando las glándulas de meibomio pueden ser observadas (2,11)

En el caballo, existen alrededor de unas 40 a 50 de estas glándulas de meibomio en el párpado superior y de 30 a 35 en el párpado inferior (5).

Manifestaciones patológicas más comunes en los párpados.

- Blefarofimosis o fisura palpebral,
- Laceraciones palpebrales por traumatismos diversos
- Ptosis, caída del párpado superior causada por desorden funcional en los músculos elevador palpebral y elevador del ángulo ocular medial
- Lagofthalmia o Fisura macropalpebral: incapacidad para cerrar los párpados
- Triquiasis: Cuando las pestañas o pelo periocular está mal dirigido y toca el ojo.
- Distiquiasis. Una sola cilia aberrante que emerge de una apertura de la glándula de meibomio
- Blefaritis, inflamación de los párpados (crónica, inespecífica, específica)
- Blefaritis ulcerativa crónica del canto medial
- Chalazión/hordeólo, inflamación estéril localizada de una glándula meibomiana o en casos raros de la glándula de Zeiss o Moll. El hordéolo es la infección localizada de una o más glándulas sebáceas del margen palpebral
- Ectropión
- Entropión
- Neoplasias de los párpados:
 - Sarcoides equinos
 - adenoma de glándula sebácea
 - papilomas
 - melanomas
 - histiocitomas
 - carcinoma de células escamosas
 - carcinoma de células basales



Fig.31 Párpado de elefante con pestañas muy largas hasta de 12 cm. de longitud.

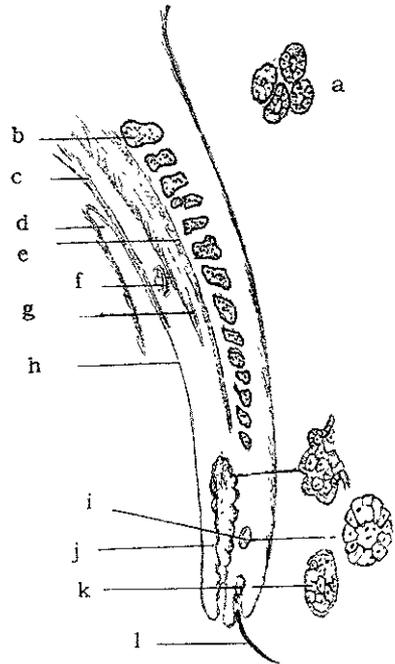


Fig- 33 Estructuras y glándulas del párpado superior en mamíferos a) glándula lagrimal principal, b) Músculo orbicular c) músculo de Muller, d) seno conjuntival e) músculo tarsal f) glándula de Krause g) músculo elevador del párpado h) conjuntiva palpebral i) glándula de Moll j) glándula de Meibomio k) glándula de Zeis l) cilia o pestaña



Fig. 33 Corte histológico de párpado humano
a) piel b) conjuntiva bulbar c) cilia d) glándula
de Meibomio.



Fig- 34. Párpado de caballo (*Equus caballus*). El borde superior presenta piel delgada con aproximadamente 100 cilias



Fig. 35 En aves el párpado inferior es mas largo y móvil posee un tarso fibroso.

TERCER PÁRPADO

El tercer párpado o pliegue semilunar conjuntival (4,12), se considera como una estructura móvil de forma triangular, bien desarrollada y semirígida. Es rica en tejido elástico y con frecuencia, el borde libre se encuentra pigmentado en la mayoría de las especies (2,4)

Tiene su origen en el aspecto ventromedial anterior de la órbita (14,15), alcanza mayor desarrollo en mamíferos superiores (6). Su rigidez se obtiene mediante la presencia de cartílago hialino con forma de T en el perro y cartílago elástico en el gato (12); el cual está localizado dentro de la sustancia propia (4,12,14,18,23). Se encuentra cubierta en su superficie bulbar y palpebral por conjuntiva (14)

Cuando el ojo se encuentra en una posición normal, la mayor parte del tercer párpado se encuentra sólo dentro de la órbita y el borde libre es visible en la porción ventromedial de la hendidura palpebral (4). A la superficie convexa del párpado se le denomina palpebral y a la cóncava se le denomina bulbar (4,15). El tercer párpado se mueve en dirección lateral o diagonal (lateral y dorsal) (5)

Histológicamente, tanto la superficie anterior o palpebral, como posterior o bulbar, se encuentra cubierta por epitelio escamoso estratificado. En la base del tercer párpado existe una transición de células escamosas a columnares; siendo en este sitio abundante la producción de células Goblet, y glándulas intraepiteliales las cuales producen moco. Por debajo del epitelio conjuntival, se encuentra la lámina propia o sustancia propia, formada por tejido o láminas colágenas, tejido conectivo laxo y por vasos sanguíneos. Cerca de la base de la glándula se observa la presencia de fibras musculares (5,18), y hacia la cara bulbar folículos linfáticos (6) (Fig 36)

Ciertos animales, y en especial en el humano, no poseen tercer párpado como una mayoría de mamíferos, sin embargo poseen un remanente de éste y que es claramente visible en el ángulo palpebral interno, emerge por detrás de la carúncula, y se le conoce como plica o pliegue semilunaris (6) (Fig 37).

En el perro, el tercer párpado, es una estructura móvil que posee una forma triangular que se origina en la porción ventromedial de la conjuntiva (4) y se localiza en el ángulo medial de la abertura palpebral. En estado de descanso el tercer párpado se observa con facilidad. El borde libre, puede estar pigmentado o bien carecer de este (4,5).

Toda la superficie del tercer párpado se encuentra cubierto de epitelio, que se continúa de un lado con la conjuntiva bulbar y del otro con la palpebral. Dentro del tercer párpado, existe una placa de cartílago hialino que posee forma de T (4,5). Esta estructura, posee múltiples nódulos linfáticos, así como tejido linfático difuso por debajo del epitelio escamoso estratificado. Entre los nódulos linfáticos y el epitelio se distribuyen una gran cantidad de células de Goblet, especialmente sobre la cara interna de la superficie bulbar. En el epitelio de la conjuntiva palpebral que corresponde al tercer párpado, existen muchas células pigmentadas (5)

Las células de Goblet van desapareciendo gradualmente hacia el extremo del tercer párpado, en donde el epitelio toma se asemeja al de la córnea; siendo este mucho mas delgado (2,5,11).

Las células basales son del tipo columnar y descansan sobre la hoja de tejido conectivo. Las siguientes dos filas de células son poliédricas y de cuatro a cinco hileras arriba de estas poseen células escamosas (5) (Fig 38)

En el gato, el tercer párpado es grande, activo y muy grueso, su superficie externa posee un borde prominente que tiende a fortalecer toda la estructura. El tercer párpado, llega a medir 10 a 13mm desde la base al borde libre, presenta un ancho de 12 a 15mm y un espesor de 1.2 a 2.2 mm. El movimiento se logra mediante la acción del músculo retractor del globo. El gato es el único de los animales domésticos que posee músculo del tercer párpado denominado músculo de Müller o piramidal (6)

En el caballo, el tercer párpado está compuesto por cartilago elástico, cubierto por la conjuntiva del mismo. El epitelio es escamoso estratificado, pero cambia a células epiteliales columnares en su base. En la mayoría de las ocasiones, la conjuntiva del tercer párpado está pigmentada en el margen libre, presentando gran cantidad de melanina. El cartilago del tercer párpado, mide de 25 a 30mm de ancho y puede alcanzar hasta los 35mm en el punto del margen libre (15).

En el tercer párpado del bovino, la raíz es muy profunda y se encuentra dispuesta medial al canto interior, y es mucho mas gruesa que la del caballo. Posee un borde libre ancho con muy poco pigmento. La membrana se encuentra reforzada por un borde muy superficial, el cual corre paralelo a la apertura palpebral y muy próxima al borde de la membrana. Su base se encuentra rodeada por grasa. Posee una placa cartilaginosa que comienza unos cuantos milímetros por atrás del borde libre, y se va engrosando hasta alcanzar aproximadamente 1.5mm (5,18)

El movimiento del tercer párpado es lateral y también un poco dorsal. En estado de reposo, esta estructura no se une simétricamente en el canto interno, pero su borde libre está dispuesto ligeramente en diagonal (Fig 39) (5,11,18)

El tercer párpado del conejo presenta un borde libre, estando en la mayoría de las razas pigmentado, con excepción del conejo blanco de Nueva Zelanda, que no posee pigmento (5). También posee glándula del tercer párpado y glándula de Harder (5,12,14,15)

Glándula del tercer párpado.

La glándula del tercer párpado se encuentra íntimamente adherida al cartilago del tercer párpado, sobre la superficie interna, es aplanada y tubuloalveolar, se encuentra en el pliegue de la periórbita sobre la parte supratemporal del globo ocular (7,23)

En el perro, la glándula del tercer párpado, se presenta de color rosáceo y su localización es sobre el tercer párpado. Su secreción pasa a la conjuntiva a través de ductos. Posee una dimensión aproximada de 12 x 10mm y con un espesor de 2.5mm. Se encuentra rodeada de

grasa y unida a estructuras orbitales adyacentes mediante tejido conectivo, el cual forma un septo dentro de la glándula. Como se mencionó anteriormente, su secreción es del tipo seromucoide y secreta entre 30% y 35% del total de la lágrima (5).

En el caballo es una glándula bastante grande que rodea la base del cartílago del tercer párpado; posee una longitud aproximada de 20 a 25mm y 10 a 15mm de ancho. En algunos caballos se puede observar unida a la glándula del tercer párpado una glándula accesoria más pequeña. Posee grandes ductos que vierten su contenido seroso hacia la superficie bulbar, los cuales presentan dos capas de células: una cuboidal y otra columnar (18).

La glándula del tercer párpado en el gato es delgada, posee una forma triangular con su ápice dirigido caudalmente hacia el ápice de la órbita. Rodea la parte caudal de la base del cartílago dentro del tercer párpado. La mayor parte de la glándula se une con el lado palpebral de la placa cartilaginosa; y el lado bulbar es muy delgado (5).

En la cabra, la glándula del tercer párpado se encuentra unida a ambos lados de la base del cartílago. Se encuentra envuelta por tejido adiposo (5).

En el cerdo, la disposición o ubicación de la glándula del tercer párpado es la misma que en las demás especies; posee una gran actividad y sus secreciones vierten a través de muchos ductos muy largos hacia el saco conjuntival, además de esta glándula el cerdo también posee glándula de Harder (5).

Glándula de Harder

La glándula de Harder, se localiza nasal y/o posteriormente al globo, se asocia con el "brillo" o la membrana transparente que cubre la córnea de los animales que carecen de párpados (víboras y algunos saurios) y con los animales que poseen membrana nictitante como la mayoría de aves (5).

La glándula de Harder algunas ocasiones presenta dos lóbulos, uno blanco y uno rosa, los cuales difieren en estructuras histológicas. Histológicamente, la glándula del tercer párpado y la seromucoide de Harder son idénticas. Se han identificado cinco tipos diferentes de glándulas de Harder, las cuales se encuentran distribuidas en muchos animales vertebrados:

1. de secreción lipídica
2. mucosa
3. seromucoide
4. mixta

El cerdo, es uno de los pocos animales que posee glándula de Harder y glándula de tercer párpado, por lo que deben ser identificadas por separado (5).

La glándula de Harder en el cerdo, está situada infralateralmente dentro de la órbita y presenta una gran lobulación, es muy prominente en el lado palpebral del cartílago, posee una cápsula propia de tejido conectivo, y es de tipo tuboalveolar con secreción mucosa (5). Sus dimensiones son anteroposterior de 36mm y 22mm de ancho, con un espesor de 11mm (5).

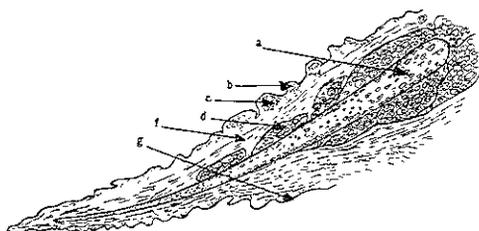


Fig. 36 Esquema del tercer párpado del perro
 a) cartilago b) epitelio bulbar c) tejido linfático
 d) tejido glandular f) laminas colágenas
 g) epitelio palpebral



Fig 37 Plica o pliegue semilunaris en humano,
 no presenta glándula accesoria ni cartilago.

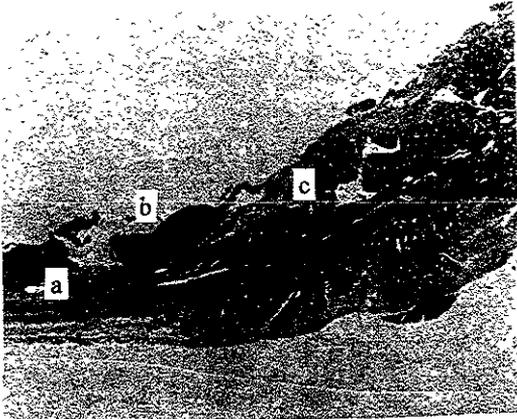


Fig. 38 Corte histológico del tercer párpado del perro a) cartílago b) tejido linfático c) tejido glandular

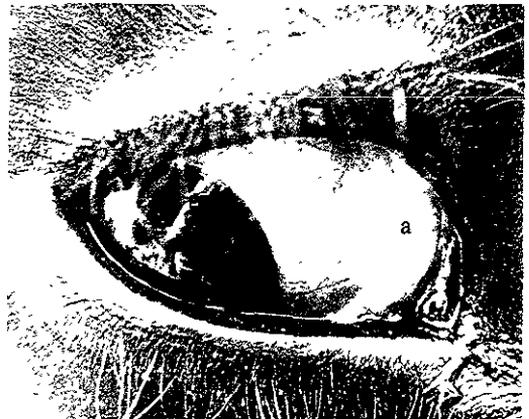


Fig 39 a) Tercer párpado de bovino (*Bos taurus*)

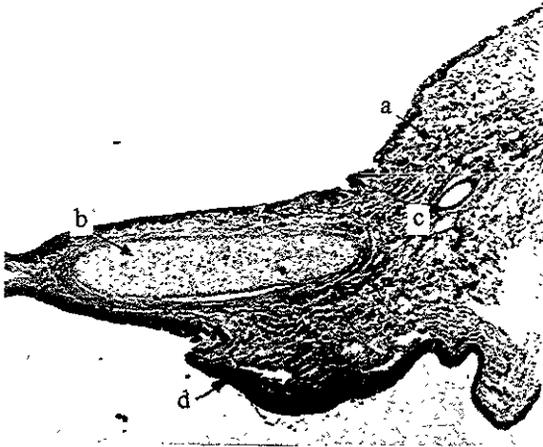


Fig. 40 Corte histológico del tercer párpado del bovino a) epitelio palpebral b) cartilago c) tejido colágeno d) epitelio bulbar.

La glándula de Harder, descansa cerca de la membrana periorbital y dentro de su propia cápsula de tejido conectivo (5)

La única diferencia existente entre la glándula de Harder y la glándula del tercer párpado, radica en la localización de estas si es que no se emplean técnicas histoquímicas para su diferenciación (5).

El conejo también posee una glándula de Harder, la cual es muy larga y compleja, ocupa la parte inferior anterior de la órbita por debajo y a la mitad de la glándula lagrimal. Se encuentra en contacto con las superficies externas de los músculos rectos medial e inferior. Esta envuelta en una membrana delicada y casi se rodea por el seno venoso. Posee una forma de riñón y de textura rugosa con dos lóbulos distintos (5)

Posee dos tipos diferentes de acinis, los cuales difieren histológicamente en su estructura. Un lóbulo es de color rosa y el otro blanco; ambos lóbulos secretan lípidos (5).

Los cocodrilos presentan glándula de Harder, la cual es larga y se encuentra asociada con la membrana nictitante. Vierte su secreción hacia el espacio conjuntival entre la membrana nictitante y el globo ocular (21)

MEMBRANA NICTITANTE

El término de membrana nictitante (del griego, *nyx, nyktos-noche* y del latín, *nictare*-parpadear, guiñar), es conferido para referirse al párpado de algunos reptiles, aves y anfibios (6,24). Cabe señalar que algunos autores manejan como sinonimia los términos tercer párpado y membrana nictitante; siendo estas dos entidades anatómicas completamente diferentes (6).

La membrana nictitante, es considerada con un párpado de tipo especializado, reviste una gran importancia para algunos animales; debido a que se le ha considerado como un párpado verdadero. Mas tarde, evolucionó para dar protección para el ojo contra lesiones provocadas por irritantes, y al mismo tiempo ha permitido ayudar en la lubricación de la córnea. Por estos motivos, durante mucho tiempo no se consideró su gran importancia, hasta que los animales iniciaron su desarrollo de hábitos, tanto terrestres como marinos (7). Dicha estructura es una membrana muy delgada azulosa, blanquecina y en ocasiones transparente, que cubre casi por completo la córnea y la esclera (5,7,25) (Fig. 41).

Su origen es a partir del seno conjuntival, con localización variable debido a la forma o sentido en que se producen sus movimientos; en animales como el águila, halcón y cernicalos, el movimiento se produce de arriba hacia abajo y con un origen en la parte superior, mientras que en algunas gallináceas el movimiento es de abajo hacia arriba (Fig. 42)

Se encuentra conformada por epitelio de tipo estratificado, formado por dos o tres capas de células basales planas hacia el lado bulbar y palpebral. La porción basal posee un número considerable de células de Goblet. El estroma superficial se forma con tejido conectivo laxo, fibras no densas de colágena, fibroblastos y melanocitos. El estroma central se conforma por tejido conectivo y colágeno denso, así como de vasos sanguíneos. En ocasiones de gran parecido con el epitelio corneal. Presenta un grosor aproximado a 1mm, con forma de abanico y longitud variable (5,7,25) (Fig. 43 y 44).

Presenta glándulas lagrimales accesorias y cierta cantidad de tejido linfático sobre la cara bulbar (6).

En las aves en general, la membrana nictitante, se encuentra en constante movimiento, cubriendo a la córnea durante el parpadeo y en respuesta a un daño o agresión directa al ojo. Posee una disposición muscular poco usual, está expuesta a través del ojo mediante el músculo piramidal que se origina en la esclera posterior y se une sobre el nervio óptico al músculo bursalis (músculo cuadrado) (22)

La función de lubricación es mayor y el movimiento se produce de abajo hacia arriba, siendo este movimiento logrado por la retracción del globo ocular; la frecuencia con que se realiza el cierre de la membrana puede variar desde una fracción de segundo como sucede en águilas y halcones hasta horas como se presenta en tortugas y cocodrilos (6)



Fig.- 41. Membrana nictitante de rana toro (rana catesberana), casi transparente.



Fig - 42. Membrana nictitante de autillo del desierto (Otus) a) borde inferior, b) borde superior pigmentado.

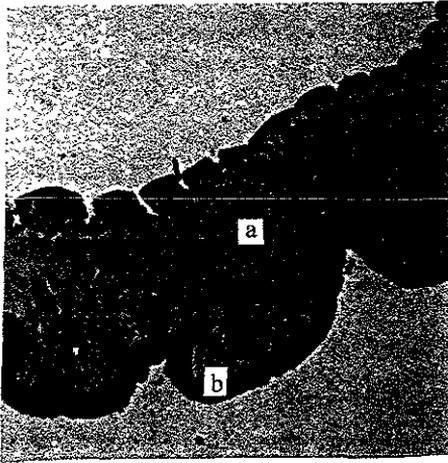


Fig - 43. Corte histológico de membrana nictitante de cisne negro (*Cygnus atratus*) a) estroma central de colágeno, b) epitelio pigmentado

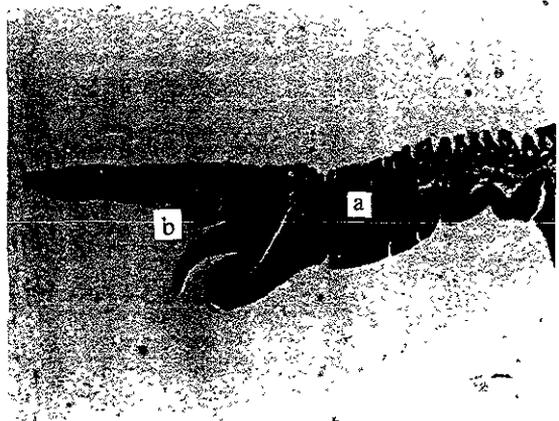


Fig - 44. Corte histológico de membrana nictitante de gallina (*Gallus gallus*) a) estroma central de tejido colágeno, b) epitelio pigmentado.

BRILLO O ESPECTACULO

Los animales que carecen de membrana nictitante poseen otra alternativa de protección, denominada brillo o espectáculo; la cual es específica para las víboras y algunos tipos de lagartos (6,7)

El brillo de los reptiles es una membrana transparente que posee su propio vínculo glandular y que está ampliamente relacionado con el que se ha encontrado en muchos peces y anfibios. Actualmente el brillo ha evolucionado y se han identificado tres tipos de este (6,7).

Brillo primario se encuentra formado por la piel de la cabeza, y llega a ser parte de la cabeza, aunque no necesariamente se encuentre unido a esta. Este tipo de brillo se puede encontrar en animales como las lampreas y algunos anfibios acuáticos (siendo estos animales aquellos que nunca dejan el agua) (7)

Brillo secundario, se forma mediante la separación del globo ocular, siendo muy similar al tipo primario; la diferencia fundamental es que el brillo primario llega a unirse al globo ocular en la periferia corneal y el segundo no, además de poseer un movimiento libre. Este tipo de brillo se presenta en peces que pueden pasar algún tiempo fuera del agua como el caso del pez gato y algunos teleosteos (7) (Fig45 y46).

Brillo terciario es el que se presenta actualmente y se le conoce como el tipo moderno, el cual se produce cuando se cubre el ojo con una membrana y su origen no tienen nada que ver con el del brillo primario y el secundario. En muchos casos ha sido alcanzado por la fusión de los párpados o de elementos del párpado sobre la córnea, siendo mucho más duro y resistente que los otros dos tipos de brillo; esto se debe a la mayor protección requerida al vivir en la tierra que en el agua. Todas las víboras poseen un brillo terciario, así como algunos lagartos (7) (Fig. 47).

Se ha identificado otro tipo de brillo o espectáculo, el cual ha sido identificado u observado en algunas tortugas. Este ha surgido del adelgazamiento del párpado inferior y del desarrollo de una ventana transparente, pero que proporciona una protección perfecta. A este tipo de brillo, no se le puede identificar como un brillo verdadero. Ha sido observado en algunos tipos de tortugas como la *Emydia granulosa*, y algunos reptiles del desierto (7).

El brillo se encuentra conformado histológicamente por sustancia propia que comprende fibras gruesas de colágena transparente que están fuertemente adheridas por fibroblastos y queratocitos. La cara posterior del brillo está determinado por un espacio que existe en el centro y está ocupado por una sustancia similar al humor acuoso que actúa como unión con la córnea. La unión que se produce entre estas estructuras es conocida como limbo, que en otras circunstancias tiene la característica de unirse a la esclerótica y en otros a los huesecillos esclerales (Fig. 48)

Lo único que se ha podido determinar al respecto de esta estructura, es que los animales que la poseen, al momento en que realizan el cambio de piel, también renuevan esta estructura. Además de la protección que le confiere a las estructuras internas del ojo (25)

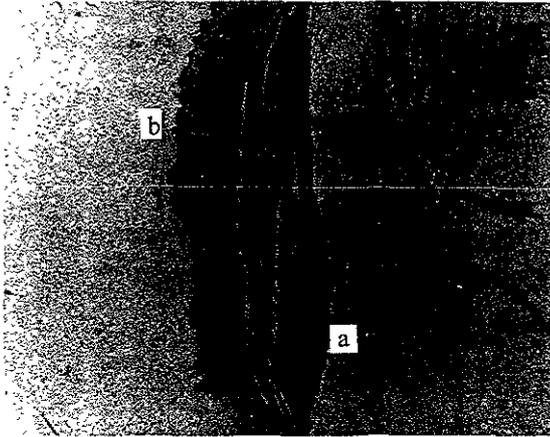


Fig - 45. Corte histológico del brillo de un pez mero (*epinepalus*) a) córnea, b) brillo

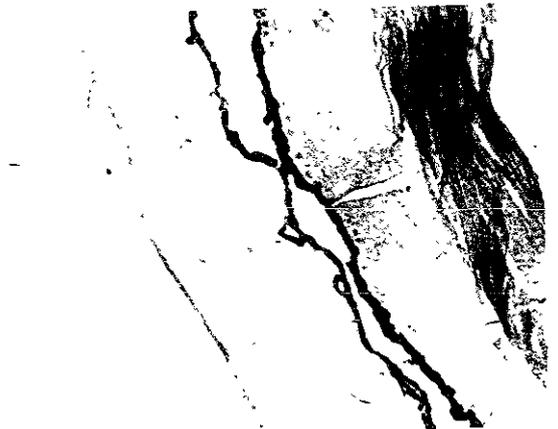


Fig - 46. Corte histológico de córnea y brillo de vibora de cascabel. a) córnea, b) espacio entre córnea y brillo, c) brillo.

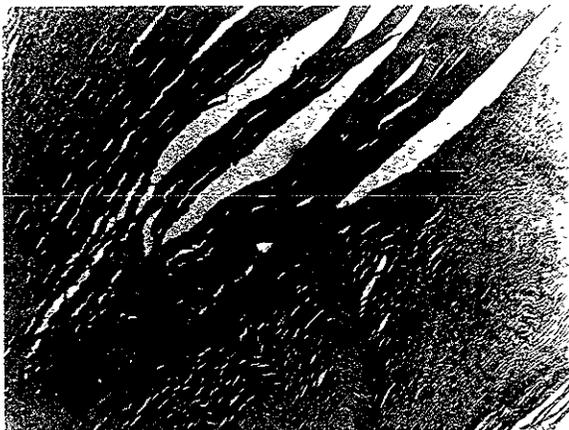


Fig - 47 Unión del brillo y córnea de un pez mero (*epinepalus*)

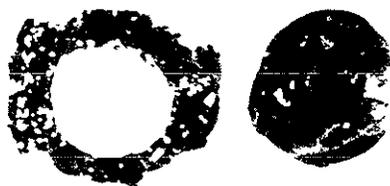


Fig - 48 Córnea y brillo de iguana (*Conolophus suberistatus*) a) córnea. b) brillo incluyendo piel

PELÍCULA PRECORNEAL

Este líquido, al que también se le conoce como lágrima, posee varias funciones entre ellas:

- mantener una uniformidad óptica de la superficie corneal,
- remueve material extraño eliminándolo de la cornea y el saco conjuntival,
- permite el paso oxígeno proporcionando otros requerimientos nutricionales, además de prevenir infecciones,
- controlado el crecimiento bacteriano (2,6,11,12)

Cuando se produce ausencia de lágrima en una cantidad adecuada, se produce una condición conocida como (queratoconjuntivitis sicca) o más comúnmente conocido como ojo seco (2,11,12,13,14,15).

La lágrima, es producida por la glándula lagrimal, se presentan sobre la superficie del ojo como una película de 3 capas

- Capa lipídica, o superficial, es la más externa, producida por las células sebáceas de Meibomio y las glándulas de Zeiss, posee un grosor de 0.1 0.37 micrones.
- Capa acuosa o segunda capa, se compone de un fluido seroso, el cual es secretado por la glándula lagrimal (61%), las glándulas accesorias de Kraus y Wolfring (3%) y la glándula del tercer párpado (35%); siendo esta la de mayor tamaño con 5 a 8 micrones.
- Capa mucínica o capa más interna; la cual es producida por las células de goblet o caliciformes de la conjuntiva. Tiene la función de retener o mantener la capa de lágrima en la córnea y proveer así una superficie hidrofílica (2,6,11,12,14).

Aparato nasolagrimal

El aparato lagrimal presenta dos porciones o partes. una porción secretora, constituida por la glándula lagrimal, la glándula del tercer párpado y las glándulas accesorias de Krause, Wolfring, Manz, Meibomio etc, como se mencionó anteriormente, que forman la película lagrimal o película precorneal. Otra porción del mecanismo de drenaje, está comprendida por las puntas y canaliculos lagrimales, el saco lagrimal y el conducto nasolagrimal, mediante los cuales drenan las secreciones producidas por estas glándulas (4) (fig. 50).

Porción secretora.

Glándula lagrimal.

La glándula lagrimal es una glándula serosa de estructura tuboalveolar. En su aspecto macroscópico aparece como una estructura de forma lobulada de color rojo brillante a rosáceo. Se le localiza dorsolateral al globo ocular, dentro de la órbita, se separa de los músculos extraoculares mediante una delgada capa de la fascia orbital (2,4,5,11).

En los perros presenta una longitud aproximada de 0.5 a 2cm, ancho de 1.5 a 3cm y 0.7 a 1.5 de grosor, mientras que en el gato, presenta dimensiones menores y de forma cuadrada. El grosor aproximado es de 1mm y de 15mm de largo y ancho (5).

Los conductos secretores de esta glándula vierten en el fórnix superior. En el perro esta glándula secreta aproximadamente el 60% de la producción total de lágrima (4).

En los lagartos, está presente una pequeña glándula lagrimal en el borde dorsal de la órbita. Sus secreciones, después de lubricar a la córnea pasan a la puncta del párpado inferior y se conducen hacia la cavidad nasal (21)

Glándula del Tercer párpado

Produce aproximadamente el 40% de lágrima. Dicha estructura rodea la base del cartilago del tercer párpado, en donde se origina, siendo esta en la región ventromedial del globo ocular. Los ductos de esta glándula se vacían en el saco conjuntival sobre la superficie bulbar, cerca de la base del tercer párpado (4,11)

Glándulas Lagrimales Accesorias

Estas otras glándulas contribuyen también a la formación de la película precorneal

- Glándulas tarsales. Cubiertas por el tarso de los párpados, sus ductos desembocan en el margen palpebral.
- Glándulas ciliares. Glándulas sudoríparas, en las que sus conductos se abren en los folículos que producen las cilias o pestañas
- Glándulas sebáceas. Sus conductos se abren en la superficie del margen de los párpados, cerca de la base de las cilias.
- Células caliciformes de la conjuntiva palpebral. Son más numerosas en los fórnix superior e inferior (4).

Drenaje

Punctas o Puntos lagrimales.

Los puntos lagrimales son las aberturas de entrada que conducen a los canaliculos lagrimales que convergen y forman una dilatación (26). Los puntos se sitúan a una distancia de 2 a 5 mm de la comisura medial del párpado, próximo al borde bulbar del mismo. Pueden ser ovoides o en forma de hendidura su medida aproximada es de 0.5 a 1mm de largo por 0.2 a 0.5mm de ancho. Estas estructuras se encuentran rodeadas de músculo liso (5)

En el caballo o en las mulas, ocasionalmente llegan a presentar múltiples punctas, las cuales llegan a poseer conexión con el ducto nasolagrimal principal y pueden presentar una apertura que varía de 3 a 10mm. (18).

Canaliculos Lagrimales.

Los canaliculos lagrimales corren por dentro de los párpados para unirse al saco lagrimal. Pasan a través del área en donde las fibras del músculo orbicular del ojo convergen para formar el ligamento del canto medial. El canaliculo dorsal sigue una línea recta y posteriormente se continua con una curva antes de su llegada al saco lagrimal, mientras que el canaliculo ventral se arquea desde su origen hasta el saco lagrimal (11).

Saco lagrimal

El saco lagrimal es la terminación caudal del conducto nasolagrimal y confluye en los canalículos. Tiene su base sobre la fosa del hueso lagrimal. Posee una dimensión de 0.2 a 0.5 cm. En el caballo, posee un desarrollo bastante limitado (18)

Conducto Nasolagrimal

El conducto nasolagrimal tiene su origen en el saco lagrimal y termina en el piso del vestíbulo nasal, formado por tres porciones: porción caudal, porción media y porción libre del conducto (5,11)

La secreción que compone a la lágrima, se esparce constantemente sobre la superficie del ojo que sale de la punta lagrimal, y se distribuye de manera uniforme mediante el cierre constante del párpado y la membrana nictitante (11).

Las puntas lagrimal son dos, una inferior y otra superior, las cuales se localizan justo a la mitad de la glándula de Meibomio mas medial y justo a 1 o 2mm dentro del borde del párpado. Estas estructuras se encuentran rodeadas por músculo liso que trabaja en conjunto con el parpadeo para eliminar el exceso de líquido (11). Estas estructuras, marcan el origen de drenaje del aparato nasolagrimal. Se continúan como las canalículas superior e inferior, las cuales pasan ligeramente verticales a través de las márgenes del párpado y atraviesan el canto medial, pasan a través de la periórbita y se unen a otra dilatación conocida como el saco lagrimal. Este saco se localiza en la fosa lagrimal del hueso lagrimal; vierte su contenido hacia el conducto nasolagrimal, que pasa a través de un pequeño canal óseo y se abre hacia la cavidad nasal, donde continúa como un ducto hasta que alcanza una apertura en la base de la nariz de aproximadamente 1 cm. desde la terminación de la misma (11).

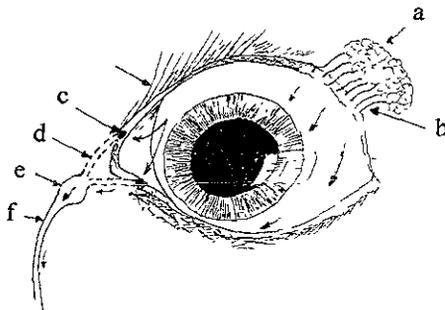


Fig- 49. Componentes del mecanismo lagrimal. a) glándula lagrimal, b) conductillos lagrimales, c) punctus lagrimales, d) conductos lagrimales, e) seno lagrimal, f) conducto nasolagrimal.

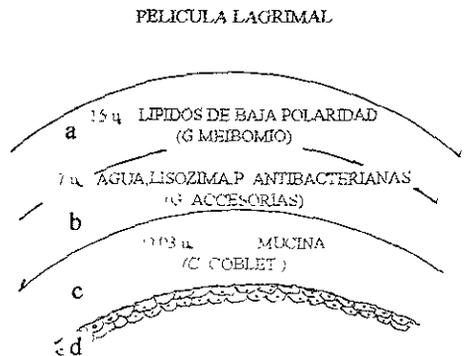


Fig 50 Componentes de la película lagrimal a)capa lipídica b) capa acuosa c)capa mucínica d) epitelio corneal.

CAPITULO IV GLOBO OCULAR

Cuando nos referimos al globo ocular, inmediatamente lo relacionamos con una estructura en apariencia casi esférica que se asemeja a un globo, debido a que el ojo que más presente tenemos, es el del humano; pero al estudiarlo con detenimiento, nos damos cuenta de que existen una gran variedad de formas y tamaños, dependiendo de la especie de que se trate, así como de sus hábitos de vida (6)

Tamaño y Forma

Los ojos de los animales domésticos, presentan múltiples variaciones en cuanto a tamaño y forma se trata, pero en general, tales estructuras son comparativamente uniformes, siendo en muchos casos casi esférica debido a que presentan dimensiones similares en cuanto a sus ejes, ojos alargados, ovoides, aplanados, etcétera. Por ejemplo, los ojos de las aves como halcones y lechuzas, poseen formas cónicas; las cuales varían a las del tipo ovoide y aplanadas como en el caso de algunas aves diurnas (5,6) (Fig 51).

Durante mucho tiempo, algunos investigadores se han preguntado si un ojo de forma esférica es la mas adecuada para los animales que presentan una mayor evolución (6).

La forma esférica se mantiene fácilmente, gracias a las fuerzas recíprocas de la presión interna de sus contenidos, así como a la elasticidad de sus capas externas. También, en algunos tipos de ojos se presenta cierta rigidez, la cual está dada por la presencia de cartilago o hueso dentro de la esclera. Entre ellos podemos encontrar a la mayoría de las víboras (5).

Cuando los ojos se presentan mas aplanados que alargados, esto se debe a que es de mayor importancia tener a la lente mas cerca de la córnea, tal y como sucede en los peces, debido a que el agua neutraliza toda o casi toda la refracción de la superficie corneal (5)

Algunos animales unguados, además de los acuáticos, poseen ojos con forma ligeramente elíptica, lo cual es producido por el tamaño, curvatura y forma ovoide de la córnea (5) (Fig 52).

El eje geométrico del ojo o centro se coloca desde el centro de la córnea y se le conoce como polo anterior, el polo posterior se localiza en posición opuesta o contraria al polo anterior y usualmente dorsal y medial a la cabeza del nervio. El eje geométrico conecta los polos anterior y posterior. Por lo general, se emplean tres diámetros como punto de referencia, los cuales son (11,12)

- 1) anteroposterior
- 2) horizontal
- 3) vertical

El globo ocular se encuentra situado en la parte anterior de la cavidad orbitaria, protegido por delante, por los párpados y la conjuntiva y, en el resto de su superficie por las paredes de la cavidad orbitaria, se relaciona por detrás con la fascia bulbar, la grasa y los músculos oculares (8)

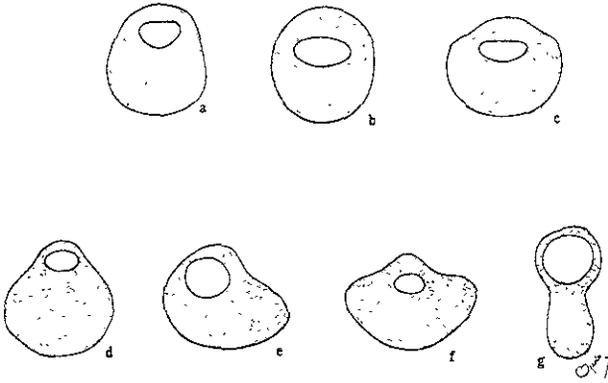


Fig. 51 Algunas formas de globo ocular en distintas especies animales: a) humano, b) gato, c) caballo, d) camaelón, e) raya, f) tortuga, g) peces de las profundidades.

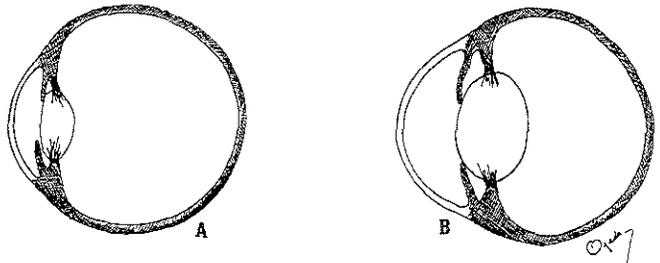


Fig.- 52 Diferencias notorias del globo ocular, córnea y cristalino entre a) humano, b) gálago (*Galago senegalensis*).

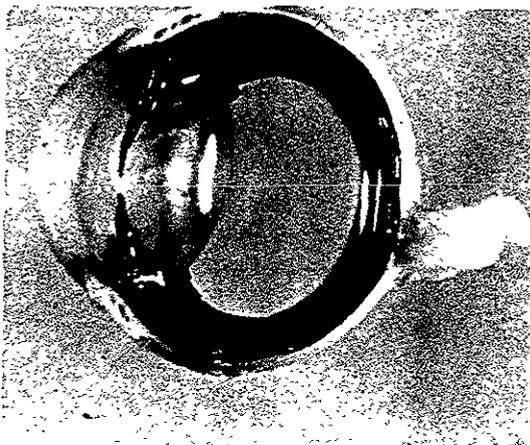


Fig - 53. Ojo de perro (*Canis familiaris*) casi esférico.

En general posee forma esferoidal achatada; en algunas especies como en los équidos y bóvidos en sentido anteroposterior (8,26).

El perro el ojo es casi esférico, y relativamente grande con respecto al tamaño del animal, mostrando variaciones considerables de acuerdo con las razas (Fig 53)

Sus dimensiones son:

Diámetro vertical de 18.7 a 25mm

Diámetro anteroposterior 20 a 25mm.

Diámetro horizontal 19.7 a 25mm (5).

En el gato, el globo llena por completo la órbita.

Diámetro vertical de 19 a 20.7mm

Diámetro anteroposterior 20 a 22mm.

Diámetro horizontal de 18 a 21mm (5)

En el caballo, el globo ocular posee una forma ovalada casi esferoidal, el cual constituye aproximadamente un tercio del volumen orbital.

Sus dimensiones son:

Diámetro horizontal de 50 a 54mm

Diámetro vertical 45 a 50mm.

Diámetro anteroposterior 42 a 44mm

Volumen 45 a 50.0ml

Peso 100mg (en caballos con un peso aproximado de 500kg) (5,18,20)

En el bovino, el globo ocular mide en promedio

Diámetro horizontal 38 a 43mm

Diámetro vertical 34 a 37mm.

Diámetro anteroposterior 34 a 37mm (5)

El borrego posee las siguientes dimensiones

Diámetro anteroposterior 28 a 30mm

Volumen de 4 3c c (5)

El globo ocular del cerdo varía considerablemente en sus dimensiones debido a la gran diversidad de tamaños entre muchas de las razas existentes

Anteroposterior 22 a 44m.

Vertical 25mm

Horizontal 26 a 27mm (5).

El ojo del conejo muestra muchas diferencias si se le compara con el humano y con otros animales anteriormente descritos. Posee un globo relativamente grande y muy prominente.

En ciertas ocasiones, se llega a proyectar desde la órbita para extenderse mas allá del borde cigomático mas de 5mm y 12mm del frontal (5)

Al ojo mismo o globo ocular, se le describe de una manera muy sencilla como una capa de tejido neural sensible a la luz (retina) que mantiene su forma gracias a las capas que lo rodean y protegen las cuales son la esclera y la que lo nutre (coroides), y que funciona mediante una sistema óptico de lentes, formado atrás de un epitelio transparente y

modificado anterior a la extensión de la esclera (que es la córnea), los cuales se combinan para dirigir su luz a la retina (11)

Histológicamente, el ojo se encuentra constituido por tres túnicas capas:

- 1) túnica fibrosa o capa externa: compuesta por esclera y córnea
- 2) túnica vascular o túnica media: formada por coroides, cuerpos ciliares e iris, y
- 3) túnica interna o sensitiva del ojo: constituida por la retina. (11) (Fig.)

Túnica Fibrosa

La túnica fibrosa, proporciona al ojo una forma constante, que reviste gran importancia para un sistema visual funcional. La porción anterior de esta túnica (la córnea) es transparente, lo que permite el paso de luz; formada de tal manera que la hace una lente poderosa que refracta los rayos luminosos centralmente, hacia el eje visual del ojo (4,6,11,12,14,15,17,18,19,26,27)

Túnica Vascular

Esta segunda capa o capa media, se le conoce con el nombre de úvea debido a su similitud con una uva. La úvea es dividida en coroides, cuerpo ciliar e iris. Su función primordial consiste en modificar tanto la luz interna como la externa, así como el proveer nutrición y remover los desechos de los demás componentes del ojo (4,6,11,12,14,15,17,18,19,26,27).

Túnica Nerviosa

La túnica sensitiva es la capa más central, la cual se encuentra conformada por la retina que se encuentra asociada al nervio óptico. La retina, principalmente contiene células sensibles a la luz, conocidas como fotorreceptores, que después de una serie de procesos de modificación, transmiten impulsos al cerebro a través del nervio óptico (4,6,11,12,14,15,17,18,19,26,27).

Estas túnicas unen a la parte interna y transparente del ojo humor acuoso, lente y humor vítreo, las cuales en conjunto funcional para transmitir y reflejar la luz a la retina y así proporcionan una presión interna que mantiene al ojo firmemente distendido (11).

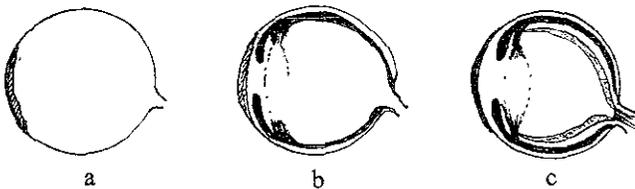


Fig. 54 Túnicas que forman al globo ocular:

- a) túnica fibrosa, b) túnica vascular y
- b) túnica nerviosa.

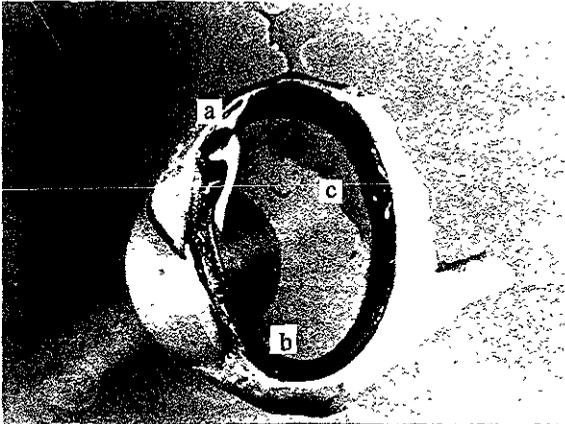


Fig.- 55. Túnicas que forman al globo ocular: a) túnica fibrosa, b) túnica vascular y c) túnica nerviosa.

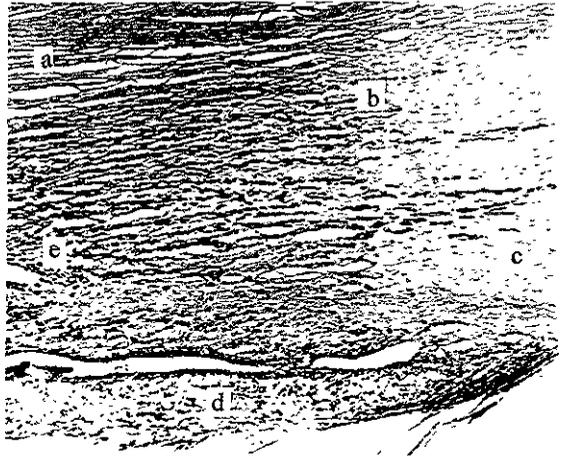


Fig.- 56. Transito corneal en ojo de Dromedario (*Camelus dromedarius*) a) córnea, b) limbo, c) esclerótica, d) iris e) ángulo.

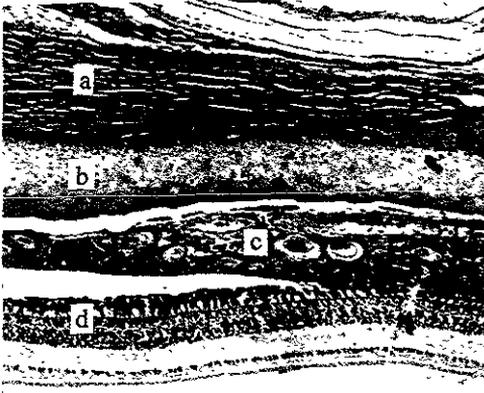


Fig. 57. Esclera de pato almizclero (*Anas cyaea*) a) haces colágenos, b) cartilago, c) coroides, d) retina.

ESCLEROTICA O ESCLERA

La esclera conforma la mayor parte de la túnica fibrosa que protege y da forma al globo ocular. En la mayoría de los carnívoros, no es observable a simple vista, sobre todo en los gatos, ya que se encuentra cubierta en su totalidad por los párpados.

La esclera o esclerótica, es la estructura fibrosa densa de color blanco amarillenta, esto debido a la presencia de grasa (4); en su mayoría y que puede variar dependiendo del grosor del estroma (siendo azul cuando este se adelgaza), que rodea en su mayoría al ojo. En los équidos y bóvidos representa los 4/5 posteriores de la túnica fibrosa y en carnívoros los 5/6. Se forma a partir de tejido conectivo denso que contiene muchas fibras elásticas, sustancia propia y fibroblastos (19, 26) (Figs. 55).

Anteriormente, la esclera emerge con la córnea periférica y la conjuntiva bulbar, para formar una zona de transición conocida como limbo (11,18) (Fig. 56).

La esclera consta de 3 capas principales:

1. lámina episcleral
2. estroma o sustancia propia escleral
3. lámina fusca (2,4,11,18)

Episclera o Lámina episcleral

Es una delgada membrana que rodea en su totalidad a la superficie de la esclera y a la cápsula de Tenon. Su función principal consiste en proporcionar nutrición a las partes externas de la esclera avascular. Está contenida dentro de la cápsula de Tenon y unido al globo por tejido conectivo. Se une anteriormente con la conjuntiva y la esclera, aparece mas gruesa y vascularizada entre el limbo y las inserciones de los músculos extraoculares. La vascularización que presenta no es suficiente para darle un color (5)

Sustancia propia

Esta estructura es muy parecida a la córnea. Posee una cantidad considerable de fibras elásticas, las cuales se encuentran entrelazadas con las fibras de colágena (5,11).

Lámina fusca

La superficie interna de la esclera es conocida como la lámina fusca, la cual es de color café debido a su pigmento supracoroidal, formada por haces colágenos y abundantes fibras elásticas y melanocitos (4,19) (Fig.57).

En el humano está compuesta por tejido fibroso denso, con grosor de 1mm en la parte posterior, 0.8mm en la anterior y solo 0.3mm en el ecuador. Presenta también fascículos aplanados de fibras colágenas, que en su mayor parte corren paralelos a la superficie, pero que se entrecruzan libremente, así como por redes finas de fibras elásticas, algo de sustancia fundamental y algunos fibroblastos aplanados y ramificados. Por fuera hay tejido fibroelástico mas laxo (tejido episcleral), que está separado del tejido fibroso denso de la



Fig- 58. Cartilago hialino de autillo del desierto (Otus).

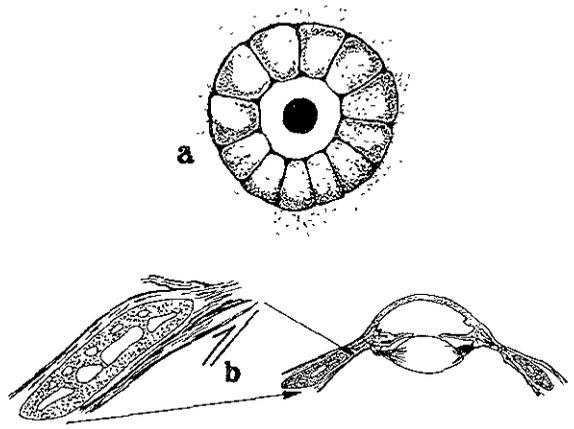


Fig. 59 Huesecillos esclerales
a) vista anterior, b) vista lateral

cápsula de Tenon (fascia bulbar) por un estrecho espacio, atravesado por los tendones de los músculos extraoculares para insertarse en la esclerótica. Este espacio y la grasa extraocular permiten que el globo ocular gire dentro de la órbita. En la cara interna de la esclerótica hay una delgada capa llamada (lámina fusca), formada por haces colágenos más pequeños y abundantes fibras elásticas y melanocitos. Hacia atrás, la esclerótica está perforada por el nervio óptico en la lámina cribosa (11).

En el perro, el ecuador, es la región más delgada y es donde se inserta el músculo retractor del globo, mide de 0.12 a 0.28mm de ancho, se engrosa en la parte posterior y llega a medir 0.8mm de espesor, mientras que en la región del plexo venoso escleral es más gruesa 0.1mm.

En el perro y gato, presenta un plexo bien desarrollado

En el caso de los ungulados, la región más gruesa es aquella que da entrada al nervio óptico o al polo posterior (6). Presenta numerosos canales que permiten el paso de vasos sanguíneos y de nervios, destacándose el paso del nervio óptico, las venas vorticosas, los plexos venosos esclerales, las arterias ciliares largas y cortas y los nervios ciliares cortos y largos. Su porción ecuatorial es la más delgada (12). Está compuesta de vasos sanguíneos, fibroblastos, colágena y fibras elásticas (12)

En las aves, la esclerótica es de color opaco, con excepción de la superficie expuesta donde es transparente y se une con la córnea (28). Alrededor de toda su circunferencia, la esclera posee cartilago hialino que funciona como soporte (22) (Fig 58)

Los cocodrilos, lagartos y caimanes, poseen cartilago dentro de la esclera, tal y como sucede en las aves (21).

Huesecillos esclerales.

En la esclera de algunos animales, puede encontrarse cartilago, el cual forma una copa que se extiende al margen de la córnea o como sucede en las aves y lagartos, forma un anillo de placas óseas o huesecillos esclerales (28). Estos huesecillos están localizados inmediatamente posteriores a la córnea (22) y por debajo o externos al cuerpo ciliar. Aunque las aves y los reptiles poseen estas estructuras, se cree que los huesecillos tuvieron su origen a partir de algunos peces y pasaron a los anfibios. Quizá las aves posean el mayor rango de acomodación, como sucede en el pez rey (kingfish) y otras aves nadadoras, las cuales poseen huesecillos con un mayor poder de acomodación que en aquellas especies de aves que se encuentran confinadas a la tierra. Los halcones y búhos los han utilizado para producir un alargamiento de los ojos y que presenten ojos en forma de cono lo que da como resultado diferencias considerables en lo que se refiere al radio de curvatura entre la córnea y el globo. En un sentido meramente funcional, se cree que los huesecillos fueron creados para mantener la rigidez ocular, dada por los músculos de la acomodación (5,7 28,29) (Figs 59,60)

En las tortugas, dentro de la esclera, en el hemisferio anterior del ojo, se localizan una serie de huesecillos, a los que se les conoce como anillo escleral que en estos animales se encuentra muy bien desarrollado (21)

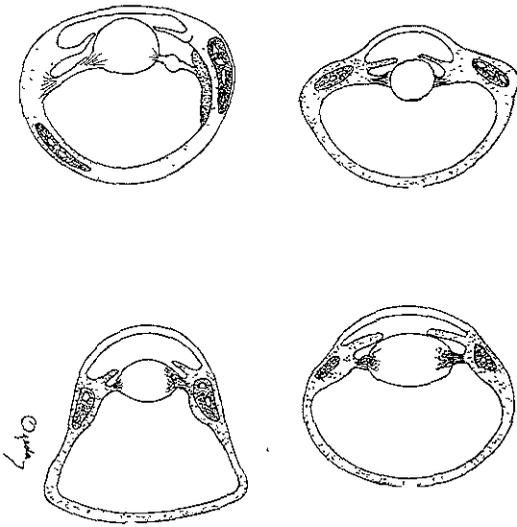


Fig. 60 Posición de los huesecillos esclerales en ojos de algunas especies.

En las lagartijas el soporte del ojo se obtiene, mediante un anillo de huesos esclerales, que permite la unión de los músculos ciliares y para mantener la forma del globo (21)

Córnea.

La córnea, posee dos funciones principales. En primer término permite el paso de luz al interior del ojo, por tal razón tiene muchas variaciones en su tamaño de acuerdo a la cantidad de luz que requiere para una especie animal en particular. Y posteriormente, es la primera superficie de refracción de todo el sistema ocular, por lo que muestra múltiples variantes (2,4,5,6,11,12).

La córnea no siempre presenta en el ojo una posición central, varía en aquellos animales que tienen fijación binocular, encontrando en esos una tendencia a desplazarse hacia la nariz para auxiliar en la aproximación de las dos imágenes. El desplazamiento parece ser mayor en aves como en los halcones. Además de esto la forma de la córnea no siempre es circular como en el caso del humano (5,7)

La córnea es una estructura clara, transparente y de superficie lisa, pero en su curvatura no es uniforme (19), es también considerada como la porción anterior, transparente y avascular que forma la capa más externa del ojo. En el humano la zona central (óptica) tiene un radio de curvatura menor que el de la periferia y la curvatura de la cara posterior es más pronunciada que la de la anterior. Por tanto es más delgada en el centro (0.7 a 0.8 mm) que en los bordes (1 mm). El poder de refracción de la córnea, en función de su índice de refracción y de su radio de curvatura, es mayor que el del cristalino. En el aspecto estrictamente anatómico, la córnea consta de la córnea propiamente dicha y el limbo, zona de transición de alrededor de 1mm de ancho en la periferia que contiene vasos sanguíneos y linfáticos, la córnea propiamente dicha es avascular (19). Cuando es observada de frente, ésta varía en los diferentes animales de acuerdo con las necesidades demandadas por sus hábitos (5) (Fig. 61)

La córnea, es virtualmente una continuación de la esclera, pero con la diferencia de poseer una mayor curvatura (5).

El tejido corneal carece por completo de vasos sanguíneos, posee plexos de fibras nerviosas densas que la hacen mucho más sensible al dolor que cualquier otra parte del ojo (4,5,11)

En el humano, la córnea se compone de (19) (Figs 62)

- 1) Epitelio anterior
- 2) Membrana o lámina de Bowman
- 3) Sustancia propia o estroma
- 4) Membrana limitante posterior o membrana de Descemet y
- 5) Endotelio

1) La más anterior o externa de sus cinco capas que es el epitelio anterior de la córnea, posee un epitelio plano estratificado sin queratina, con un grosor de 50 micras, presenta 5 a 6 capas de células una basal de células cilíndricas bajas, tres o cuatro de células poliédricas y una o dos superficiales de células planas. Es una verdadera continuación de la conjuntiva

bulbar, que se continúa a su vez con el epitelio de la conjuntiva palpebral en fórnix conjuntival. En esta capa, existe una gran sensibilidad, debido a la presencia de un gran número de terminaciones nerviosas libres y tiene un excelente poder de regeneración por las mitosis que tienen lugar en la capa basal. Su espesor varía de acuerdo con las especies animales, pudiendo ir desde 5 hasta 20 hileras o capas, y que en algunos animales llega a presentarse pigmento en cantidades variables (19) (Figs. 63,64).

2) Lámina de Bowman.

La lámina de Bowman, posee un grosor de 8 μ m, carece de estructura y es acelular; está formada por una especie de fieltro de fibrillas colágenas delgadas y termina bruscamente en el limbo (19). Es una estructura, la cual está bien identificada en la córnea del hombre, y que en la mayoría de los animales domésticos, no es reconocida al observarse cortes histológicos (19)

3) Sustancia Propia o Estroma.

Forma el 90% del grosor de la córnea, constituyendo la mayor parte de la córnea y está formada por laminillas de fibras colágenas dispuestas en muchas capas y diferentes ángulos. La sustancia fundamental que hay entre las laminillas contiene condroitinsulfato y queratansulfato, y entre los haces de fibrillas colágenas hay fibroblastos aplanados y estrellados (queratocitos). Esta capa de tejido, es la que constituye la mayor parte de la córnea (19).

4) Membrana de Descemet

Mide de 5 a 7 μ m de grueso en el centro, pero se engrosa hasta 8 a 10 μ m en la periferia, donde continúa con el material de la malla trabecular (ligamento pectíneo) en el anillo de Schwalbe. (19)

5) Endotelio.

Es una capa simple de células cúbicas bajas que reviste la superficie interna de la córnea (19)

El limbo corneal, es una zona de transición de 1mm de ancho entre la córnea y la esclerótica. En este lugar, el epitelio corneal se engrosa hasta 10 o más capas y se continúa con la conjuntiva. La membrana de Bowman termina bruscamente, la membrana de Descemet se divide para continuarse con las trabéculas del ligamento pectíneo y el estroma corneal se hace menos regular y se confunde con la esclerótica. El limbo está bien vascularizado, y delimitado por una línea oblicua de células pigmentadas. El limbo lleva una canaladura poco profunda denominada surco escleral (19)

En animales en general, la córnea histológicamente está formada por 4 capas que son epitelio anterior, estroma, membrana de Descemet, y endotelio. Algunas especies poseen lámina de Bowman, los grosores de cada estrato son variables en cada especie (cuadro)

En el perro y el gato se observan (2,11,14,26)

- 1) Epitelio (anterior)
- 2) Estroma
- 3) Membrana de Descemet (membrana limitante posterior)

4) Endotelio (epitelio posterior o mesotelio).

1) El epitelio corneal es más grueso en la periferia de la córnea que en su centro, sin embargo, con la unión de la conjuntiva bulbar, se adelgaza abruptamente y se observan células pigmentadas. En ocasiones se llegan a observar linfocitos y a veces interpuestos dentro de la capa de células basales (2,11,30)

La lámina de Bowman, se presenta en la córnea del humano y en un gran número de aves y en algunos mamíferos. En las especies que no la poseen se observa una lámina basal gruesa y adherente a la substancia propia, su espesor varía entre 10 y 15µm; está compuesto por fibras de colágeno de los tipos (I, III, V y VI) (2,11,30)

2) El estroma corneal o también conocido como la sustancia propia, comprende entre el 80 y 90% de toda la córnea. Consistente de una estructura transparente, que es una lamela o lámina de tejido fibroso (principalmente de colágeno, aunque también posee fibras elásticas, queratocitos y glicosaminoglicanos) (11,30).

3) La membrana de Descemet, es una membrana homogénea acelular, que en el perro tiene un grosor de 10 a 15µm y que en el caballo aumenta hasta 30µm. Se une con la superficie posterior del estroma, siendo una membrana elástica. Esta estructura se presenta como una verdadera membrana basal que se forma a partir del endotelio y se continua para engrosarse lentamente a lo largo de la vida del individuo, siempre y cuando el endotelio permanezca saludable. Compuesta por fibras de colágeno del tipo IV (11,12).

Tiene su terminación en el ápice de la red trabecular en la región del limbo. Su composición es muy parecida a aquella de la trabécula del ángulo iridocorneal (4,11).

4) El endotelio al que también se le ha llamado mesotelio, es una sola capa de células cuboidales que se continua con el ángulo iridocorneal de la cámara anterior. El endotelio corneal es considerado como la capa más importante de la córnea, debido a que gracias a esta, la córnea mantiene su transparencia. Su capacidad de regeneración varía de acuerdo con la especie así como con la edad del individuo (2,11).

Perro.

En el perro, la córnea tiene forma casi circular, la superficie que ocupa con respecto al ojo es del 17% y presenta variaciones dependiendo de la raza que se trate. Su diámetro puede variar desde 12.5 a 17mm (5,6). El radio que presenta en su cara horizontal es de 8mm, mientras que horizontalmente es de 8.5mm. en el limbo, posee un espesor de 0.5mm, mientras que en el centro es de 0.7mm (6).

El epitelio posee un grosor de 0.08mm y la capa basal de células columnares posee de 2 a 4 capas de células poliédricas y de 4 a 10 capas de células escamosas (5). La lámina de Bowman está ausente (6). La sustancia propia es muy gruesa, siendo de 0.5 a 0.6mm, con láminas ligeramente abiertas. La membrana de Descemet es bastante delgada (6).

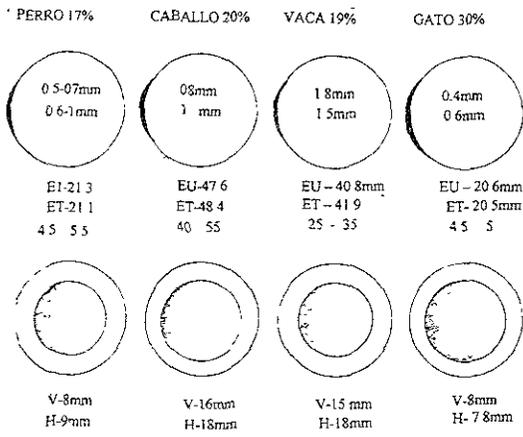


Fig. 61 Medidas corneales.
Eje vertical (v), eje horizontal (h) y porciento que ocupa en el total del globo.



Fig. 62 Córnea de humano
a) epitelio estratificado, b) lámina de Bowman
b) sustancia propia, d) membrana de Descemet,
d) endotelio.

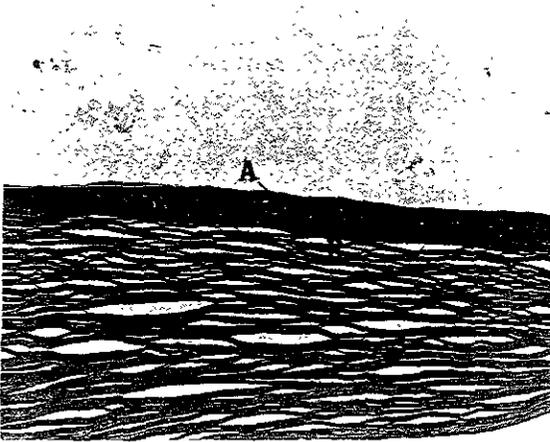


Fig - 63. Córnea de la tortuga galápago (*Emys orbicularis*) a) epitelio grueso, b) lámina basal

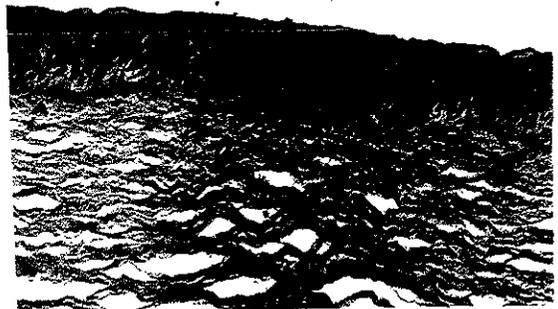


Fig.- 64. Córnea de toro (*Bos taurus*) a) epitelio estratificado grueso hasta con 12 células.

MAMÍFEROS

ESPECIE	EPITELIO ESTRATIFICADO	BOWMAN	SUBSTANCIA PROPIA	DESCEMET
Perro (<i>Canis familiaris</i>)	5 capas 2-3 planas	No hay	Láminas gruesas Ligeramente abiertas	Delgada
Gato (<i>Felix catus</i>)	3-4 capas 1 plana	No hay	Regular	Si hay
Conejo (<i>Oryctolagus cuniculus</i>)	3 capas 1 plana	No hay	Regular	Si hay
Cerdo (<i>sus scofa</i>)	5 capas 2 basales largas	No hay	Muy densa Con muchos queratocitos	Muy gruesa
Caballo (<i>Equus caballus</i>)	9-10 capas 2-3 planas	No hay	Gruesa con pocos queratocitos	Muy gruesa
Toro (<i>Bos taurus</i>)	8 capas 6 planas	No hay	Gruesa De forma irregular	Gruesa
Tigre (<i>Pantera tigris</i>)	6 capas 2 planas	No hay	Láminas muy abiertas con pocos queratocitos	Delgada
Gamo blanco	5-6 capas basales muy gruesas	No hay	Muy abiertas con muchos queratocitos en la superficie.	Delgada y fibrosa
Antílope (<i>Oryx algacel</i>)	13 capas 2 planas	Lámina basal gruesa	Láminas abiertas con numero regular de queratocitos	Delgada
Canguro (<i>Wallabia bicolor</i>)	5 capas 2 planas	Lámina basal	La mitad superficial con muchos queratocitos.	Descemet gruesa Con tejido fibroso.

AVES

ESPECIE	EPITELIO ESTRATIFICADO	BOWMAN	SUBSTANCIA PROPIA	DESCEMET
Pollo (<i>Gallus gallus</i>)	5 capas 1 plana	No hay	Regular compacto	Muy delgada
Autillo del desierto (<i>Otus</i>)	2 capas 1 plana	No hay	Muy denso en medio anterior	Regular
Halcón cola roja (<i>Falco peregrinus</i>)	3 capas 1 con basales alargadas	Si hay	Muchos queratocitos Láminas compactas	Membrana g gruesa. Endotelio delgado
Pato almizclero (<i>Anas clupeala</i>)	4 capas 1-2 planas	Si hay	Láminas abiertas	Muy delgada
Cisne negro (<i>Cygnus atratus</i>)	4 capas 1-2 palanas	Si hay	Gruesa irregular con pocos queratocitos	Muy delgada
Avestruz (<i>Struthio camelus</i>)	5 capas 1 plana	Basal fibrosa	Láminas abiertas en la mitad superior	Gruesa con basal.

ANFIBIOS Y VIBORAS

Rana Hilida (<i>Similisca baudini</i>)	2 capas 1 plana	No hay	Láminas Compactas	Gruesa.
Víbora (<i>Boa constrictor</i>)	1 capa de células planas	No hay	Láminas y estroma muy grueso irregular	Gruesa.

Gato.

En el gato, la córnea comprende cerca del 30% la superficie total del ojo (5,6), siendo esta característica un distintivo principal de los animales que poseen hábitos de vida arrítmicos, lo cual permite que entre al ojo la mayor cantidad de luz. En estos animales, la córnea posee una gran curvatura, lo que la hace ligeramente más cónica.

En la región o zona del limbo, posee un espesor aproximado de 0.4mm, mientras que en el centro casi se duplica, siendo este de 0.8mm (5).

El radio que presenta verticalmente es de 8mm, mientras que horizontalmente cambia a 7.8mm (6).

Como en el perro, no presenta lámina de Bowman (6).

Caballo.

La córnea del caballo ocupa un 20% del total del globo ocular (6) o descrito de otra forma, ocupa la quinta parte de la superficie total de la capa externa del ojo. Su forma es oval (5,6, 15).

La córnea en el caballo como en todas las demás especies, es la superficie de refracción de la luz más grande y fuerte del ojo, presenta un radio estimado de curvatura de aproximadamente 17mm (15).

La capa más externa o epitelio, posee células poliédricas profundas y células basales columnares unidas a una membrana basal interna. El estroma corneal se une por debajo de la membrana basal. El estroma, posee predominantemente fibras de colágena en disposición paralela, además de queratocitos. La membrana de Descemet, posee una lámina basal bastante grande. El endotelio es una sola capa de células que es la responsable de mantener la turgencia corneal (15).

Aves.

La córnea de las aves, es como en las demás especies transparente e histológicamente muy parecida a la de los mamíferos, excepto en que la lámina de Bowman no está siempre diferenciada. El tamaño de la córnea varía con la especie, siendo relativamente pequeña en las aves nadadoras y buceadoras y grande en las aves nocturnas (28).

Limbo

El limbo es la zona de transición entre la córnea y la esclera. Microscópicamente el epitelio es más grueso que el epitelio corneal adyacente con pequeñas células basales. El limbo en el perro y gato, mide aproximadamente 1mm de ancho y en cambio en animales mayores como es el caso del caballo y la vaca, esta zona limbal aumenta al doble (11).

UVEA

El término úvea significa “parecido a una uva” y describe acertadamente a los vasos sanguíneos de las células pigmentadas de la coroides, el cuerpo ciliar y el iris, en secuencia posteroanterior, que entre los tres dan lugar a la túnica uveal o túnica vascular, la cual se localiza en la parte profunda de la esclerótica, a la que se halla firmemente adosada (2,4,5,6,11,12,14,26,27,31) y entre la retina (4). Esta capa se encuentra altamente irrigada y con frecuencia pigmentada

La coroides y el cuerpo ciliar, se encuentran unidos a la superficie interna de la esclera (5,11). El iris se origina desde la porción anterior del cuerpo ciliar (5,11), y se extiende centralmente para formar un diafragma al frente de la lente o cristalino (fig 65)

Al iris y cuerpo ciliar se les denomina úvea anterior y a la coroides úvea posterior (11)

Iris

El iris es la parte más anterior del tracto uveal. Se encuentra formado por una capa de células que son modificación del estroma laxo que se encuentra por debajo de la misma (32). Se extiende centralmente desde el cuerpo ciliar para cubrir la superficie anterior de la lente, con excepción de la apertura que se localiza al centro que es la pupila (11,27) (Fig. 66)

El iris, crea una apertura pupilar de tamaño variable que se ajusta a la cantidad de luz que es capaz de pasar a través de la lente para alcanzar a la retina (14).

El iris, divide el compartimento ocular anterior en cámaras anterior y posterior, las cuales se comunican a través de la pupila (6). La superficie está delineada por pigmento, el cual es una extensión del epitelio pigmentario posterior

La parte anterior del iris está compuesta por una zona pupilar central anillo iridal menor y otra periférica ciliar o anillo iridal mayor (11,20) La demarcación entre estas dos zonas es a lo que se le conoce como collarete del iris (5,20); el cual puede ser identificado plenamente cuando se produce dilatación pupilar. La porción de la zona ciliar adyacente a la pupila, algunas veces se encuentra mas pigmentada que el resto del iris (11)

La función primordial del iris, es la de controlar la cantidad de luz que entra al segmento posterior a través del centro de la pupila (6,11).

Las arterias del iris ingresan a las 3 y a las 9 de acuerdo con la carátula del reloj, como terminaciones de las arterias ciliares largas posteriores que forman las ramas dorsal y ventral (12)

En el perro, se forma un círculo arterial incompleto (11)

En la mayoría de los animales domésticos, se encuentran una serie de vasos pequeños que atraviesan el estroma del iris (5,11)

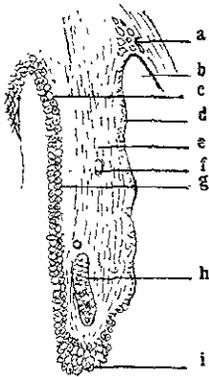


Fig.- 65. Estructura histológica del iris.
 Muy similar en las distintas especies.



Fig.- 66. Iris de conejo (*Oryctolagus cuniculus*) con pocos cromoblastos y cromatóforos. Presentan color blanco rojizo.



Fig- 67. Perro dálmata con anisoiridocromia (un ojo con iris color blanco azulado sin pigmento y otro de color café.

Histológicamente, el iris se divide tres porciones:

- a) capa limitante anterior
- b) estroma y músculo esfínter del iris
- c) capas epiteliales posteriores (4,18).

a) La capa limitante anterior se encuentra bien desarrollada en la mayoría de los animales domésticos, debido a la predominancia de iris pigmentados. Posee dos tipos principales de células: fibroblastos y melanocitos (11)

b) El estroma del iris comprende la mayor parte de la sustancia del iris. Se compone de fibras de colágena muy finas, así como por cromatóforos y fibroblastos, junto con el músculo liso del esfínter localizado en el borde pupilar del iris (11)

El color que presenta el iris, varía considerablemente con los individuos y a su vez con las razas y especies animales. Depende de la cantidad de pigmentación que posea el estroma del iris, así como del tipo de pigmento, y el grado de vascularización presente (11)

Las aves poseen iris con múltiples colores brillantes, y se cree que es debido a la presencia de carotenoides (figs. 68,69,70,71).

La musculatura del iris se compone de:

- a) Músculo esfínter del iris
- b) Músculo dilatador de la pupila

a) El músculo esfínter del iris posee una forma delgada y aplanado, con grupos circulares de fibras musculares lisas en los mamíferos y con fibras musculares estriadas en los animales no mamíferos. Dicho músculo está localizado en el estroma, muy cerca de la pupila (4,7,11).

En el perro y el gato, se une en el estroma posterior, separado del epitelio no pigmentado y por debajo del músculo dilatador mediante una delgada capa de tejido conectivo (4,5,11).

En el caballo, el esfínter ocupa la parte principal del estroma central y se cubre cuando están presentes los gránulos irídicos o corpora nigra (18,20) Fig. 72).

La forma del esfínter varía con la especie y de acuerdo con la forma de la pupila

La inervación del músculo se logra principalmente mediante fibras parasimpáticas a través de los largos nervios ciliares. Posee un espesor de 0.13-0.2mm y 2-4mm de ancho (18)

b) El músculo dilatador del iris posee una sola capa de fibras musculares no estriadas en el estroma posterior del iris que se extiende desde el esfínter del iris a la periferia del iris. El tamaño del músculo dilatador varía con las especies (11).

En el perro se encuentra bien desarrollado y se encuentra comprometiendo a toda la circunferencia del iris (5,11)

En el caballo el músculo se encuentra menos desarrollado, así como en especies que presentan pupilas alargadas o elípticas. La inervación es simpática a través de los nervios

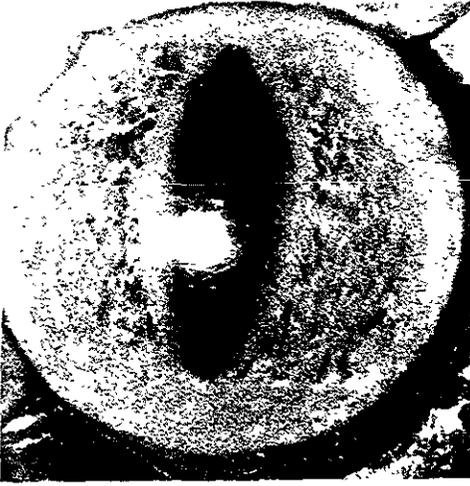


Fig.- 68. Iris color anaranjado en una víbora pitón (*Piton cebae*) con pupila oval vertical.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

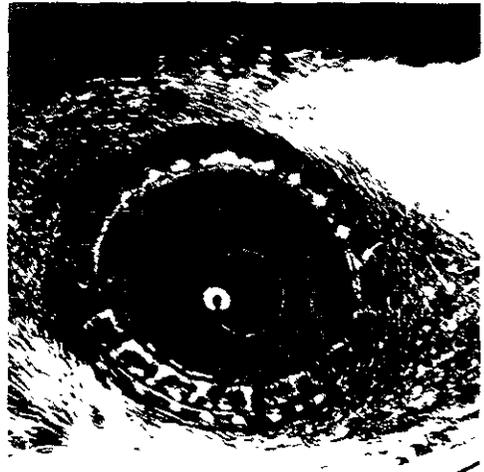


Fig.- 69 Iris azul turquesa de un conmorán con pupila circular, se observan las placas óseas en los bordes palpebrales.

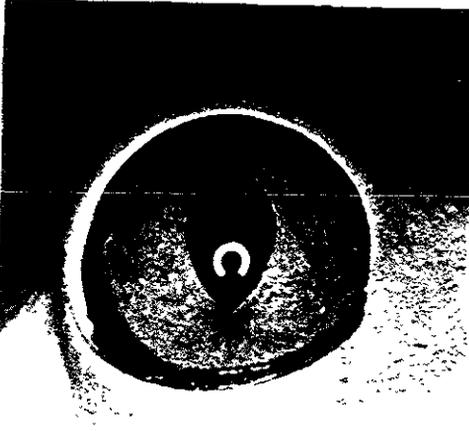


Fig.- 70. Iris de una rana (*Agalychnis*) con pupila oval vertical.



Fig.- 71 Rana de Surinam (*Rana catesbeiana*) presenta iris sin cromatóforos con vasos iridianos visibles, pupila oval horizontal.

ciliares cortos. Es mas prominente en los cuadrantes nasal y temporal y se extiende a los límites externos del esfínter de la pupila (18).

La forma de la pupila cuando se encuentra moderadamente dilatada varía de acuerdo con las especies. En los mamíferos, como primates, perros y el cerdo es redonda, en el gato cuando se encuentra en miosis es vertical y en los herbívoros en un plano horizontal es oval (caballos, borregos, cabras, bovinos). En estos últimos, sobre el borde superior de la pupila, se observan una serie de masas de color oscuro, las cuales varían en tamaño y son conocidas con el nombre de granulos irídicos (o corpora nigra) (5,11). También en la parte inferior de la pupila se llegan a encontrar masas, que son extensiones del epitelio posterior pigmentado, y tienen la función de aumentar la efectividad de constricción pupilar (miosis).

En animales como las cabras y los caballos se llegan a encontrar miocitos del esfínter del músculo en la porción basal de los gránulos irídicos (5).

Los animales que poseen pupilas con formas elípticas, se cree que presentan una mayor sensibilidad a la luz que aquellos animales que presentan pupilas circulares (5)

En el perro, el tamaño de la pupila es muy variable, pero el diámetro promedio se llega a reducir considerablemente conforme pasa el tiempo, tal y como sucede en el humano. La forma es casi circular y las observaciones sugieren que el perro carece del reflejo consensual presente en el hombre

Los colores de los iris son múltiples y casi siempre se encuentran pigmentados de color oscuro sobre el borde libre. Sobre su superficie posterior, presenta múltiples estrías radiadas y dicha capa de pigmento llega a presentar un espesor de 0.09mm

Posee un músculo dilatador extremadamente bien desarrollado. Sus fibras se encuentran acompañadas por muchos melanóforos, pero no siempre son visibles debido a la gran cantidad de células de pigmento

En los caballos, especialmente los jóvenes, la pupila es casi circular, pero en el adulto se llega a presentar como una elipse horizontal, llegando a medir en este sentido por lo menos 17mm. Sin embargo, la pupila del animal adulto cuando se dilata llega a asumir una forma casi circular; esto debido a la restricción de las estructuras en el sentido horizontal lo cual da como resultado un rango superior de actividad en sentido vertical y por que las fibras se encuentran horizontadas radialmente a lo largo del meridiano horizontal (18).

En el borde superior de la pupila, el iris presenta de 3 a 4 masas de color negro que se encuentran suspendidas a partir de su borde libre. Estas estructuras pueden variar en tamaño y como se mencionó anteriormente, se les denomina corpora nigra o cuerpo negro. También pueden ser identificados con el nombre de gránulos del iris. La función de estas estructuras es para aumentar la efectividad de la contracción de la pupila.

El caballo posee un reflejo consensual bastante limitado

En el gato, el estroma del iris es muy grueso y cubierto por una gruesa capa de pigmento. Tiene un grosor en su borde 0.14mm y de 0.26mm en su raíz o base.

La pupila posee un borde ligeramente pigmentado. Cuando se produce dilatación de la pupila, el meridiano horizontal se expande de manera rápida para producir una pupila perfectamente circular. La pupila se pone en miosis cuando se tienen objetos muy cerca, tal y como sucede en el humano. El borde pupilar libre del iris descansa sobre la superficie anterior de la lente. La conexión del iris al cuerpo ciliar es muy firme como a la córnea, a la cual está unida mediante una red esponjosa de ligamentos pectíneos.

En el bovino, el iris posee una estructura oval que presenta un eje horizontal de mayor longitud que el eje vertical. Tal y como sucede en el caballo, también se encuentra dispuesto a las 3 y 9 en punto, estando relativamente inmóvil y angosto, con fibras musculares orientadas en forma radial. Cuando se produce constricción o miosis de la pupila, se acentúa considerablemente la forma oval de la pupila. Cuando la pupila se encuentra parcialmente dilatada, mide aproximadamente 13x15mm, mientras que cuando se encuentra constreñida en forma parcial, será una elipse horizontal irregular. Por lo regular posee una coloración de iris bastante oscura. Así como en el caballo, también está presente la corpora nigra o cuerpos negros, que se encuentran unidos a los márgenes pupilares superior e inferior (5).

Los borregos en general, poseen bordes pupilares altamente pigmentados. La corpora nigra es muy prominente y se encuentra unida más hacia delante del iris que suspendido desde el extremo. La superficie frontal del iris se encuentra plegada muy profundamente (5).

La pupila del cerdo es mucho más parecida a la del humano que a cualquier otro herbívoro anteriormente mencionado. Tiene una forma casi circular, y cuando se encuentra dilatada o en midriasis, asume una forma circular.

La superficie posterior del iris que se encuentra altamente pigmentada carece de estrías. El iris está libre o carece de corpora nigra, pero existe pigmento sobre la superficie anterior, que se extiende en cierto grado a través del estroma.

Presenta una arcada arterial muy poderosa en la raíz del iris, teniendo estos vasos paredes de gran fuerza (5).

En el conejo, con excepción de los blancos, el color del iris es usualmente café, dependiendo del grado de la pigmentación del animal, la tonalidad cambia. La pupila posee una forma oval ligeramente vertical cuando se encuentra en miosis, pero circular cuando está dilatada.

La superficie anterior del iris, es más lisa que aquella del hombre que posee estrías mucho más finas; la superficie posterior se encuentra muy plegada, especialmente en la raíz, la cual es muy angosta y proviene del cuerpo ciliar. El conejo blanco presenta un iris carente de pigmento, de modo que el epitelio posterior puede verse claramente en la forma que rodea el extremo del iris.

En los conejos que sí presentan pigmento, la superficie posterior del iris se encuentra muy pigmentada, así como la superficie anterior. Dentro del estroma existe un gran número de cromatóforos con forma de aralia, y que son muy parecidos a los del cerdo (5).

El iris que poseen las tortugas es factible que presenten matices amarillos o rojos con algunas rayas negras, en estos casos la pupila es redonda (21).

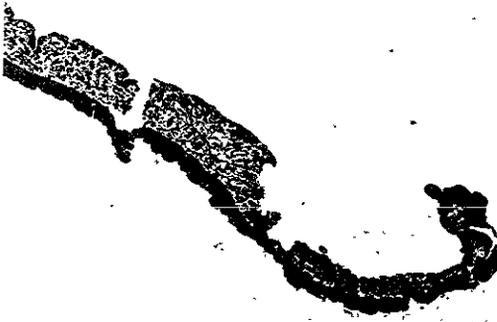


Fig.- 72. Corte histológico de un iris de caballo (*Equus caballus*): a) corpora nigra.

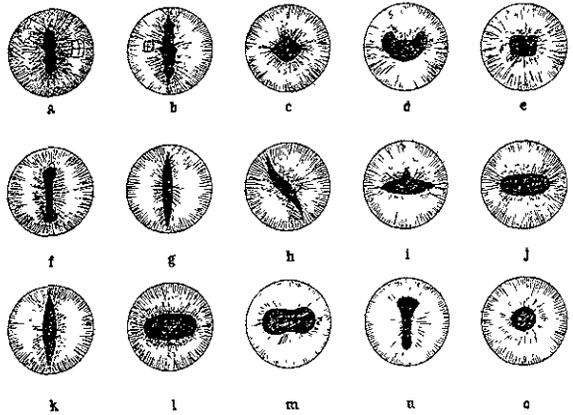


Fig.- 73. Formas diferentes de pupilas accionadas por la acomodación de las fibras constrictoras de la pupila. a y b) gecko, c) rana, d) delfin, e) pigüino, f) pitón, g) cocodrilo, h) tiburón, i) hipopótamo, j) ardilla, k) gato doméstico, l) caballo, m) vaca, n) oso koala, o) perro.

En otros animales como los geckos, cuando la pupila permanece en midriasis permite forma de una flor, variable según la especie, y cuando dicho esfínter se encuentra en miosis forma tres, cuatro o hasta seis pupilas. Se considera que dichas pupilas no poseen ninguna característica fisiológica particular (5,6) (Fig 74)

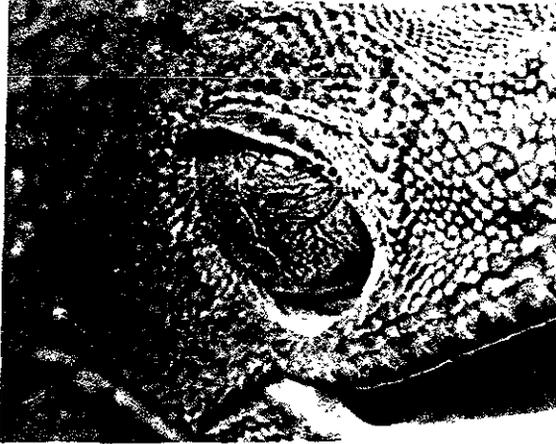


Fig.-74. Ojo de un gecko, el iris toma el color semejante a la piel (mimetismo) el párpado superior en forma de capucha ósea, presenta seis pupilas

Ángulo iridocorneal

La anatomía del sistema de drenaje del humor acuoso, ha sido un tema ampliamente estudiado en humanos, primates, perros, gatos, conejos y recientemente en el caballo (11).

El ángulo iridocorneal o ángulo de filtración, comprende el área y estructuras asociadas a la base del iris, el área perilimbal y la periferia interna de la córnea. Recorre 360° alrededor de la periferia de la cámara anterior. Junto con la base del iris y la porción periférica interna de la córnea, así como por el cuerpo ciliar anterior y la esclera interna anterior (2,4,6,11,12,20). (Fig. 75 y 76).

La estructura que más se observa desde un punto visual frontal inferior, son los ligamentos pectíneos, los cuales son prolongaciones del iris que consisten en fibras largas, delgadas y muy pigmentadas que se fijan desde la base del mismo, así como a la periferia interna de la córnea, cerca de la terminación de la membrana de Descemet que se observa en carnívoros y herbívoros (4,6,11,12,20,29). En este punto, la cámara anterior se comunica libremente con el ángulo iridocorneal a través de un proceso que lleva a una colección de pequeños canales rodeados por cordones de colágena densa; posee gran cantidad de melanocitos y nervios que carecen de mielina. En el sitio donde los ligamentos pectíneos se unen a la córnea se le denomina zona pigmentada profunda (4). Posteriormente, el ligamento pectíneo se une con barras anteriores de red trabecular, las cuales, en mamíferos con frecuencia es subdividida en dos regiones principales: red trabecular uveal (ciliar), la cual en muchos animales compromete en gran parte al ángulo iridocorneal, dando así lugar a la formación de una fisura ciliar, y la red trabecular corneo-escleral, la cual es muy parecida en su estructura a la red uveal pero mas pequeña en cuanto al tamaño de sus barras y los canales o espacios entre las células alineadas (4,11,12).

La red uveal interconecta a la musculatura interna anterior del cuerpo ciliar con el ligamento pectíneo. En la mayoría de los animales, la trabécula uveal se encuentra orientada en sentido meridional, siendo mas pequeña la trabécula uveal posterior y presentando espacios intertrabeculares que los separan de menor tamaño (11).

En los animales domésticos, la malla trabecular corneoescleral, se encuentra caracterizada principalmente por pequeñas trabéculas que se separan por pequeños espacios. En los animales carnívoros, estas trabéculas se encuentran alineadas de manera incompleta por las células trabeculares; mientras que en algunos ungulados, incluyendo al caballo, bisonte y búfalo de agua, cada trabécula se alinea con dichas células (2,5,11)

En el perro, dentro de la red trabecular corneoescleral, existe una región muy bien desarrollada a la que se le conoce como opérculo, la cual forma la parte más anterior del ángulo iridocorneal. La cual consiste de una extensión de la periferia del endotelio corneal y de la porción mas anterior de la red trabecular corneoescleral. Este opérculo se encuentra de manera especial muy bien desarrollado en el perro, conejo y primates. La terminación periferal del endotelio corneal y su membrana basal (membrana de Descemet) conduce a que se le refiera como ligamento cribiforme, debido a que sus ramificaciones, tanto posteroexterna hacia la red trabecular corneoescleral y posterointernamente se unen con la trabécula uveal anterior (12) (Fig 77,78)

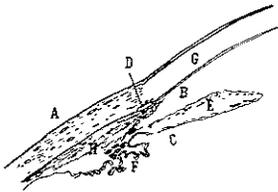


Fig.- 75. Conformación del ángulo iridocorneal del humano. a) esclerótica, b) ángulo, c) cámara posterior, d) espacio de fontana, e) iris, f) procesos ciliares, g) córnea, h) cuerpo ciliar.

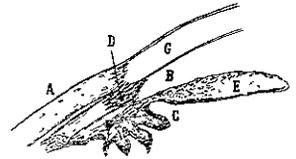


Fig.- 76. Esquema del ángulo iridocorneal de un perro, semejante a un gran número de mamíferos a) esclerótica, b) ángulo, c) procesos ciliares, d) plexo venosos, e) iris f) cuerpo ciliar.



Fig 77 Angulo de un pez teleosteo, se aprecia el ligamento anular (a) mismo que permite amplio movimiento del iris



Fig.- 78. Angulo de conejo a) plexo venoso

Cuerpo Ciliar

El cuerpo ciliar, se considera como la porción medial del tracto uveal (túnica vascular), una continuación de la coroides que se une con el iris (2, 5,11,14,27).

Es considerado como el componente más grande de la úvea anterior y por consiguiente parte de la túnica vascular (26); triangular en la sección sagital, con un ápice que se continúa posteriormente hacia la coroides, el lado interno ve hacia la lente y el cuerpo vítreo, mientras que el lado externo hacia la esclera (2,4,11,12). La superficie anterior recubre al iris, dando origen y formando la mayoría de los componentes del ángulo iridocorneal (4) (Fig 79)

El cuerpo ciliar proporciona nutrientes y remueve los desechos para las estructuras del ojo que se encargan de enfocar o producir la refracción de la luz como la córnea y el cristalino (11). Durante el continuo proceso de formación del humor acuoso y del drenaje, se produce la presión intraocular, la cual es la responsable de dar al ojo mucha de su rigidez (11).

Anatómicamente, el cuerpo ciliar se divide en dos partes, la pars plicata anterior o parte plegada anterior (corona ciliar) y la pars plana (pars planitis) posterior o parte plana posterior (2,4,11,12,14,18).

La parte plegada consiste de un anillo que consta de 70 a 100 procesos ciliares encargados de la producción del humor acuoso; los cuales varían de acuerdo con la especie (4,11,18,33) y que surgen de la base del cuerpo ciliar, anterior a la ora ciliar. Cada proceso se encuentra cubierto por un epitelio pigmentado que une al iris y es el responsable de la producción del humor acuoso (18). Estos procesos aumentan en demasia el área de producción del humor acuoso; y por lo general son más prominentes o de mayor tamaño en animales que presentan cámaras anteriores grandes, tal y como sucede en el bovino que posee 100 procesos y el caballo, en quien se identifican 102 procesos (11).

Los animales de menor talla, como los carnívoros y los primates presentan de 74 a 76 procesos. Animales como las víboras, lagartos y peces, carecen de procesos (2,11).

En las aves y algunos reptiles, los procesos ciliares se encuentran unidos a la lente y participan directamente sobre el mecanismo de acomodación (2,11).

En los carnívoros, los procesos ciliares son delgados, con extremos redondeados (2,11)

La parte plana o pars plana, es la región posterior del cuerpo ciliar que se extiende desde la terminación posterior de los procesos a la terminación periférica de la retina (ora ciliar retiniana) (2,4,11,12,18). Lo ancho de esta estructura (pars plana) varía debido a que la retina se extiende de manera considerable en la mayoría de las especies hacia anterior en los cuadrantes inferior y mediales, por lo tanto es mas ancha superior y lateralmente. En este sitio, la retina se llega a condensar a una sola capa epitelial que continua hacia delante sobre el cuerpo ciliar y el iris. Se observa como una estructura menos pigmentada que el epitelio pigmentado de la retina, el cual se continua con capas mucho mas pigmentadas del cuerpo ciliar e iris (2,11,18)



Fig -79 Cuerpo y procesos ciliares muy largos y marcados en ojo de mono araña (Ateles).

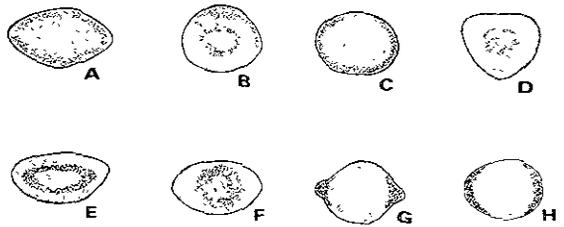


Fig - 80. Formas de cristalino en distintas especies animales.

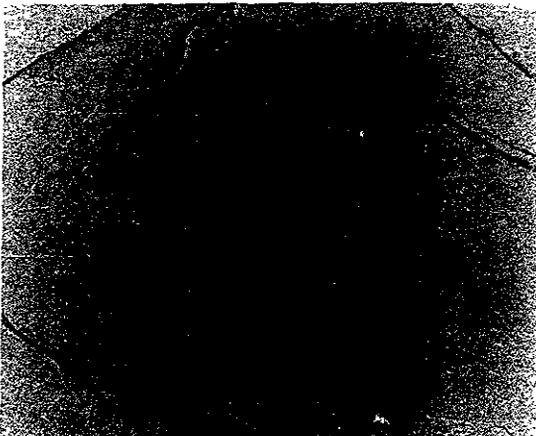


Fig - 81 Corte histológico del cristalino en gato doméstico (Felix catus)

En el perro, la ora ciliar retinal se encuentra 8mm por atrás del limbo dorsal y lateralmente, pero solo 4mm ventral y medial. Ambas regiones del cuerpo ciliar están altamente pigmentadas (11)

Los procesos ciliares, son la principal masa que componen al cuerpo ciliar y se componen principalmente de músculo liso en mamíferos y músculo estriado esquelético con animales no mamíferos. La contracción de estos músculos, de los procesos ciliares y del cuerpo ciliar, ambos en sentido hacia delante y hacia atrás, provocan la relajación de la zona lenticular (ligamento suspensorio de la lente) y permiten el cambio de refracción de estos. Se observa que este músculo se encuentra pobremente desarrollado en especies de animales no primates, lo que provoca una mala capacidad de acomodación en los que no lo presentan (11)

Lente

El cristalino o lente es una estructura en forma de disco biconvexo, fina, avascular, transparente de refracción que permite enfocar imágenes sobre la retina para lograr una visión aguda (4,6,11,12,20,32,33).

Se encuentra situada por detrás o posterior al iris (anclada ecuatorialmente al cuerpo ciliar) y suspendida en su circunferencia mediante las fibras de los ligamentos zonulares que emergen del epitelio ciliar y se unen a la cápsula elástica que encierra a la lente (5,11,12,14). Se le localiza en una depresión del vítreo anterior denominada fosa patelar del vítreo (15,32), y que se sostiene en el vítreo anterior por el ligamento hialoideo capsular

La superficie anterior del lente es más plana y menos curva que la posterior. Los centros de estas superficies se denominan polo anterior y polo posterior. A la circunferencia se le denomina ecuador del lente y limita a las caras anterior y posterior (4,26) (Fig 80)

El cristalino en el perro, se presenta un poco más curvo que en el hombre. Posee un diámetro aproximada de 9.5 mm y 7 mm de grosor en el sentido antero-posterior, su volumen es de 0.5 cc., y su proporción con respecto a todo el globo ocular es 1.8, siendo posible una variación hasta 1:10 (5).

En el gato, el cristalino posee un volumen aproximado de 0.5 cc, lo que corresponde al 10% del total del ojo. Presenta un diámetro de 12 a 13 mm y una dimensión antero posterior de 8 mm. (5) (Fig 81).

El caballo posee una lente biconvexa con una curvatura amplia sobre la superficie posterior, el radio de la curvatura es de alrededor de 11 mm, mientras que el radio anterior es de 13.5 mm. El diámetro transverso es de 20 mm, y su volumen total es de un poco menos de 3 cc. El ecuador de la lente está muy cerca de los procesos ciliares (5)

En el bovino, el cristalino es grande y presenta una curvatura amplia sobre la superficie posterior. Posee un eje antero posterior promedio de 13.3 mm y un diámetro de 19.5 mm con un volumen aproximado de 2.2 cc (5).

En los ovinos, la lente posee una curvatura más acentuada en su superficie posterior y posee un grosor antero posterior de cerca de 11 mm. El diámetro es de 18 mm (5).

El cerdo es uno de los animales que presenta una curvatura posterior marcadamente prominente, siendo esto muy parecido a lo que se presenta en el humano. El diámetro de la lente es de alrededor de 12.5 mm y posee un grosor máximo antero-posterior de 9.2 mm (5). El cristalino en el conejo es mucho más grande que el del humano, y esférico, por lo tanto, contrario a lo que sucede en el humano, abarca un espacio mayor dentro del globo ocular. La curvatura de la superficie posterior posee un radio de 5.0 mm. Presenta dos líneas sencillas de suturas, la sutura anterior, la cual es vertical y la posterior que es horizontal (5) (Fig 82).

Cápsula de la lente

La lente, se encuentra envuelta por completo por una delgada cápsula de tejido elástico, denominada cápsula del cristalino, un epitelio lenticular anterior, así como de fibras lenticulares (11,12,32)

La cápsula del cristalino posee propiedades elásticas, pero no fibras elásticas. El grosor de la cápsula varía de acuerdo con la región, siendo más delgada en el polo posterior, ligeramente más gruesa en el ecuador y 2mm más gruesa anterior al ecuador (5,11).

La cápsula de la lente es la lámina basal del epitelio lenticular (4,11,12).

En el perro, el grosor de la cápsula anterior varía de 50 a 60 mm, mientras, que en polo posterior es de 3.5 a 7.0 mm (5).

En el gato, el grosor de la cápsula anterior es de 40 a 90 mmy de la cápsula posterior de 7.0 a 10.0 mm (4,34)

En el caballo, la cápsula de la lente posee una estructura muy fuerte, pero poco elástica; y la parte anterior de esta es mucho más gruesa que la posterior (5).

En el cerdo, al igual que en el humano, la cápsula posee variaciones en cuanto al grosor sobre la superficie anterior, pero estas variaciones son menos notorias (5).

Epitelio anterior

Dentro de la cápsula anterior, se presenta una sola capa de células epiteliales del cristalino, estas células se mantienen para producir nuevo material capsular, el cual en etapas previas, es la membrana basal para estas células (11).

Las células del epitelio anterior van centralmente de cuboidales en el polo anterior y por células columnares cerca del ecuador. El epitelio posterior del cristalino es usado para formar embriológicamente a las fibras primarias lenticulares, las cuales posteriormente están ausentes (4,11,12)

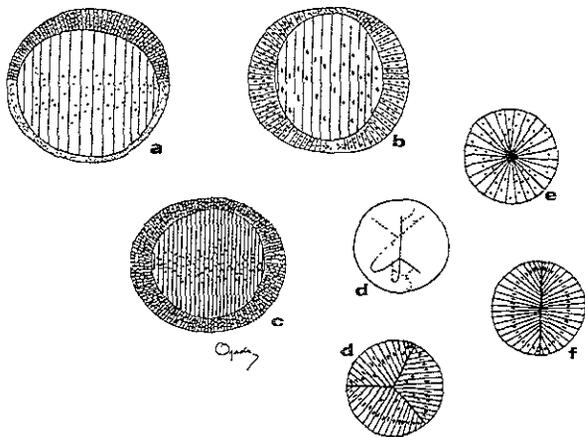


Fig.- 82. Estructura histológica del cristalino en algunas especies, su conformación histológica y unión de suturas. a) víboras, b) aves, c) lagartija, d) humano e) conejos y teleosteos f) anfibios y reptiles.

La porción nuclear de la lente sufre deshidratación y condensación progresiva (esclerosis nuclear) en los adultos (11).

Fibras lenticulares

Las fibras lenticulares son elongadas hacia los polos anterior y posterior, poseen forma de "U", uniéndose entre si para formar las líneas de sutura del cristalino, en las cuales, la configuración varía de acuerdo con las especies y a diferentes niveles dentro de la lente. Las fibras lenticulares se encuentran formándose de manera continua a lo largo de la vida del animal, produciendo una compresión de las fibras viejas hacia el centro del cristalino (4,11,12)

Las suturas con frecuencia forman una Y cerca del centro de la lente, pero en animales de mayor edad, llegan a ser mas complejas, presentando diversas ramificaciones en las capas mas superficiales. Las suturas en la mitad anterior, presentan un patrón típico de una forma de Y parada, y en la mitad posterior presenta una Y invertida (2,11)

Las fibras de la lente poseen una forma hexagonal en sección transversal, además de estar interdigitadas y bien acomodadas entre ellas (4,11,26)

Unión Zonular

La lente se encuentra suspendida libremente desde el cuerpo ciliar mediante un anillo de fibras transparentes llamadas zonulas. La unión zonular se alcanza mediante una disposición bastante compleja de fibras que se insertan hacia la cápsula de la lente en una zona que encompasa al ecuador y una pequeña distancia tanto anterior y posterior al ecuador. Cada fibra zonular está compuesta de numerosas fibrilla pequeñas.

Las fibras zonulares se agrupan en haces, sobre la cápsula del cristalino estos forma una corona continua. Aunque están más o menos interconectadas pueden dividirse en dos grupos: (2,11)

1. Se origina en la cresta del cuerpo ciliar y se inserta anterior al ecuador del lente.
2. Se origina en las paredes del cuerpo ciliar y se inserta posterior al ecuador. Las fibras de este grupo se adhieren con menor fuerza que las del primer grupo

En el perro, los haces zonulares son muy numerosos y densos (5), además poseen gran cantidad de variaciones dentro del mismo ojo. Se han descrito cinco variaciones del aparato suspensorio

- Haces de zonulas con amplias uniones al lente y arcadas regulares entre los haces, con fibras transversas aisladas
- Distribución irregular de fibras y fibras interconectadas entre haces, al punto de formar redes
- Haces de diferentes grosores y fibras interconectadas formando redes.
- Largos haces de fibras con redes de fibras interconectadas
- Haces largos de fibras torcidas, con fibras interconectadas formando una membrana

La relación de las zonulas a los procesos ciliares varían de acuerdo con las especies. En primates, las fibras zonulares se originan de la pars plana, 1 mm antes de la ora serrata

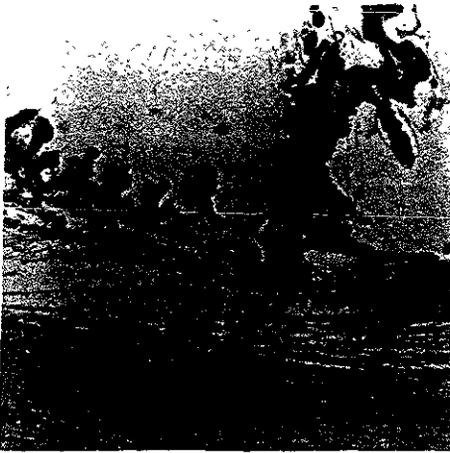


Fig. 82. Cuerpo ciliar del perro a) haces de zonulas que se unen al cristalino.



Fig - 83. Cuerpo ciliar de tigre a) haces de zonulas muy largas, b) iris, c) ángulo, d) trabéculo.

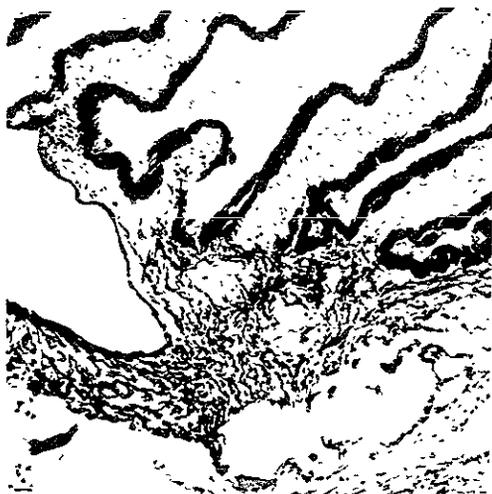


Fig.- 84. Cuerpo ciliar de canguro (*Macropus rufus*). a) haces zonulares, b) plexo venoso, c) iris.



Fig.- 85. Cuerpo ciliar de dromedario (*Camelus dromedarius*), a) iris, b) esclerótica, c) haces zonulares

(2,11)

En el gato, las fibras zonulares aparecen como derivaciones de los procesos ciliares y se insertan entre los valles (2,11).

En el perro, los procesos remanentes están envainados con la zonula. Las fibras como un grupo pueden ser seguidas a la base del proceso ciliar (2,11).

El caballo posee numerosas fibras que se continúan hacia la pars plana (4,11,18)

Vítreo

El cuerpo vítreo es la estructura más grande del ojo de acuerdo al peso y volumen, ya que ocupa las dos terceras partes del volumen total del ojo. Es un hidrogel transparente, compuesto en un 98% a 99% de agua y el resto compuesto por mucopolisacáridos y vitreína, mismos que ocupan la cavidad posterior del ojo (cavidad vítrea) (4,11,12,16,18,32,33). Es cóncavo en la parte anterior, donde se forma la fosa hialóidea o fosa patelar, que corresponde a la superficie convexa posterior del lente (4,18).

El cuerpo vítreo se adhiere a la parte ciliar de la retina, en el disco del nervio óptico, así como a la cara posterior del lente, en esta última por medio del ligamento hialóideo. Este es más sólido en animales jóvenes que en los adultos (4,20) (Fig 86).

La porción periférica del vítreo, próximo a la retina es conocida con el nombre de corteza (18). Las fibras de colágeno del vítreo cortical se unen a la membrana basal de Müller o estrato limitante interno, así como a las células de la glia de la retina (2,4,11).

El vítreo forma un soporte gelatinoso para la retina dividido en tres componentes básicos, de acuerdo a su desarrollo embriológico: vítreo primario, vítreo secundario y vítreo terciario (2,11)

El vítreo primario, el cual se desarrolla primero, se forma principalmente por un sistema vascular hialoide que tiene la capacidad de involucionar con la maduración postnatal a las tres semanas de edad en los perros y a las ocho semanas en los gatos, por lo que es posible observarlo en animales jóvenes; el vítreo secundario o también identificado como vítreo adulto o definitivo, se forma alrededor del vítreo primario y finalmente el vítreo terciario que se forma por las fibras zonulares (2,11)

El vítreo se encuentra en contacto con la cápsula posterior del cristalino mediante el ligamento hialoideocapsular o ligamento de Wieger (unión anterior del canal de Cloquet), la zónula, pars plana del cuerpo ciliar, la retina y el disco óptico; se extiende desde el disco óptico al polo posterior de la lente. El canal de Cloquet, es un remanente en forma de túnel que se adhiere a la membrana hialoide anterior (anterior a la ora ciliar retiniana), posterior a la lente y que termina cerca del nervio óptico (atraviesa centralmente todo el vítreo). Posteriormente, la inserción anterior de la arteria hialóidea aparece como un punto blanco conocido como punto de Mittendorf en la cápsula axial posterior del lente, pero que se encuentra en la membrana hialóidea anterior (2,11,12,20). La extremidad anterior del canal de Cloquet se ve de forma circular sobre la membrana hialóidea anterior por detrás de la lente.

La cara del vítreo anterior está unida por la membrana hialóidea anterior, la cual continúa sobre la cápsula posterior del lente dentro de un anillo formado por el ligamento hialoideocapsular para cubrir la extremidad anterior del canal de Cloquet. Entre la cápsula posterior de la lente y la membrana hialóidea anterior existe un espacio denominado espacio de Berger (2,11)

El vítreo por completo posee múltiples variaciones en su consistencia debido a las proporciones tan diversas de gel a líquido vítreo en las diferentes especies y en las diferentes edades (2,11)

En el perro y el gato, la densidad vítreo es al contrario que en los primates, debido a que su corteza es líquida y en el centro es densa (2,4,11).

En el bovino, cerdo y borrego, todo el vítreo es una estructura casi homogénea y de una gran densidad, tanto como en el vítreo cortical del humano (2,4,5,11)

El cerdo y el caballo no muestran separación hacia las zonas cortical y central pero es de una menor densidad óptica. El vítreo del caballo, posee un volumen aproximado de 28 8ml (18)

En el conejo, el vítreo es de tan poca densidad óptica que es muy difícil de examinar (5)

Coroides

Es la porción posterior del tracto uveal o túnica vascular; se encuentra formada principalmente por vasos sanguíneos y pigmento. Es la principal fuente de nutrición para las capas externas de la retina, la cual se encuentra inmediatamente después o adyacente a esta. Se continúa hacia anterior con el cuerpo ciliar y envuelve a la parte interna del hemisferio posterior del globo, excepto en la región del área cribosa, en donde está ausente. Es más gruesa en el polo posterior y se va adelgazando conforme se acerca a la porción anterior (2,4,11).

En los primates, el margen anterior de la coroides se une al cuerpo ciliar a lo largo de una unión irregular a la que se le conoce con el nombre de ora serrata (11).

En los animales domésticos, la unión no es cerrada y se le llama ora ciliar retineana. La coroides tiende a engrosarse a lo largo del polo posterior llegando a adelgazarse hacia el ecuador (Fig. 87)

Anatómicamente, la coroides se divide en cinco capas que de afuera hacia adentro son: (2,4,5,11)

1. Supracoroidea
2. Estroma (vasos sanguíneos, fibroblastos y melanocitos)
3. Tapetum (en la mitad dorsal del fondo ocular)
4. Coriocapilares
5. Lámina basal (Membrana de Bruch que es un complejo basal) (Fig. 88)

La capa tapetal varía de acuerdo con la especie, estando ausente en el cerdo, y muchos primates no humanos (6)

Supracoroidea.

La supracoroidea consiste de tejido conectivo elástico y muy pigmentado que forma una transición entre la esclera y la coroides (2,4,11,12). Las láminas de colágena que atraviesan el espacio potencial supracoroidal unen a la coroides con la lámina fusca. Los nervios ciliares largos, que contienen fibras sensoriales y simpáticas, cursan el espacio pericoroidal en el meridiano horizontal (11).

Estroma

Inmediatamente después de la capa supracoroidea se forma un plexo con un gran número de arterias y vénulas coroidales, separadas por estrias muy pigmentadas de tejido conectivo elástico, las cuales contienen melanocitos y fibrocitos (2,4,11). Este plexo se compone de venas muy largas, las cuales emergen de manera centripeta hacia cuatro venas vortex muy prominentes que se localizan en sentido oblicuo cerca del ecuador entre los meridianos vertical y horizontal (2,11)

En caballos, los vasos, los cuales en su mayoría son venas, tienden a anastomosarse menos que las de los ojos de los perros y corren circunferencialmente con el eje anteroposterior. La vasodilatación de los vasos coroidales se puede alcanzar mediante la estimulación del nervio facial

En el ojo de las aves, los grandes vasos se encuentran directamente asociados con otra cama de vasos, los cuales han sido referidos como sinusoides, laguna o últimamente vasos linfáticos. Estos vasos, comprometen una mayor porción del volumen coroidal y sirven como un gran reservorio que ayuda en la regulación de la presión intraocular mediante la remoción de líquido desde los vasos sanguíneos. Morfológicamente, estos vasos son muy parecidos a los linfáticos, carecen de inervación y una membrana basal definida asociada con músculo liso, pero que poseen endotelio fenestrado. Estos vasos están localizados próximos a la supracoroidea y se ha llegado a pensar que son parte de esta.

La diferencia entre la coroides de las aves y la de los mamíferos se debe a la combinación de los vasos accesorios en la coroides externa y una delgada banda de músculo liso dentro de la supracoroidea (2,11).

Tapetum lucidum

El tapetum lucidum, es una estructura característica de los ojos de los animales cuyo hábitat presenta una iluminación reducida, por condiciones nocturnas o por un medio ambiente acuático (4)

Se encuentra localizado en la mitad superior del interior del globo ocular, cubriendo una tercera parte del fondo del ojo. En la mayoría de los animales se localiza dentro de la coroides, interpuesto entre la lámina vascular (Bruch) y la lámina coriocapilar (2,11) (fig 89). El tapetum posee una forma triangular rugosa cuando es vista de manera fundoscópica y varía el color. Tiene la función de reflejar la luz que pasa a través de la retina y así volver a producir estímulo sobre las células fotorreceptoras retinianas. Esta

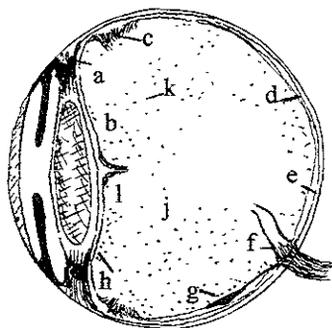


Fig - 86. Adherencias del cuerpo vítreo a) unión del vítreo a la cara posterior del cristalino, b) unión de fibras zonulares orbículo anteriores, c) unión anterior del vítreo a la pars plana, d) zona de disminución de adherencia a la base del vítreo a la retina, e) unión vítreo-retina al margen de la fovea centralis, h) base del vítreo, i) vítreo posterior al margen de la fovea centralis, j) vítreo central, k) vítreo cortical, l) extremidad anterior del canal de Cloquet

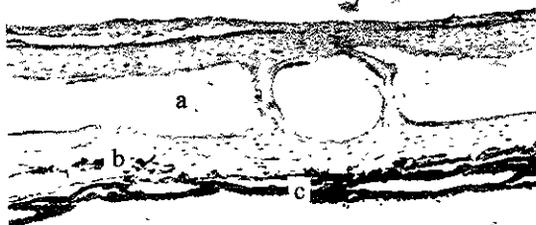


Fig - 87. Coroides de un pato (*Anas cyaea*) a) hueco de hueso escleral, b) coroides, c) epitelio pigmentado.

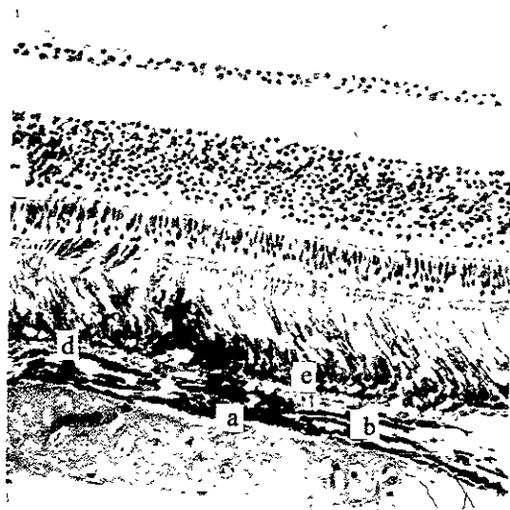


Fig 88. Planos coroidales a) supracoroidea, b) estroma (vasos, fibroblastos y melanocitos), c) tapetum, d) coriocapilares, e) lámina basal.

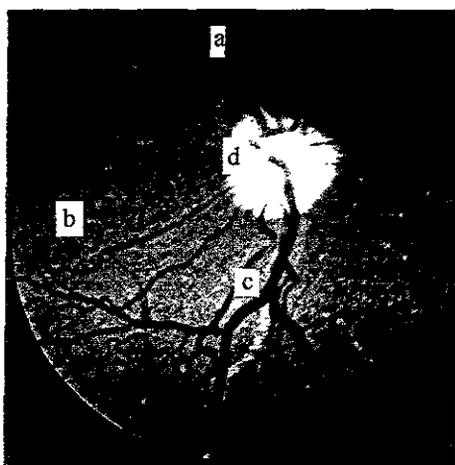


Fig- 89 Tapetum del perro. a) tapetum lucidum, b) non tapetun, c) arterias retinianas, d) nervi óptico.

estructura es la responsable del brillo del ojo que se observa en la noche cuando los animales miran hacia la luz (4,11).

Los animales que carecen de tapetum lucidum como los humanos, ardilla, canguro rojo, y cerdo ya que poseen hábitos diurnos (11).

La capa tapetal se encuentra compuesta de fibras de colágeno dispuestas de manera regular en los herbívoros (siendo fibroso en el caballo, bovino, oveja y cabra) y de células poliédricas específicas o iridocitos que contienen cristales que producen el reflejo en carnívoros (tapetum celuloso en el perro y gato) Los animales que poseen tapetum muestran múltiples variaciones en el color, dependiendo de la raza, especie, edad, así como de la cantidad de pigmento (11).

Microscópicamente, el tapetum se encuentra interpuesto entre las ramificaciones de los vasos en la coroides y una capa de coriocupilares por debajo de la retina. El grosor del tapetum varía considerablemente; al centro posee múltiples capas de células y éstas van disminuyendo hacia la periferia hasta desaparecer por completo (11).

El tapetum lucidum se desarrolla posteriormente en los animales que nacen con ojos inmaduros como son el perro y el gato; desarrollándose por completo alrededor de los cuatro meses de edad (4,11).

Los carnívoros poseen un tapetum celuloso. Histológicamente, este tipo de tapetum se compone de células de forma rectangular en la región central, pudiendo aumentar hasta 35 las capas celulares en el gato, 15 en el perro. Como se mencionó anteriormente, este número disminuye hacia la periferia, hasta que el tapetum celuloso es reemplazado por estroma coroidal regular (11).

El tapetum lucidum de los perros tiene forma de triángulo recto, la hipotenusa se dirige hacia ventral y el ángulo recto se sitúa hacia dorsal. El ángulo medial es más agudo que el lateral. En las razas caninas grandes, el borde ventral en general es ventral al disco óptico, mientras que en las razas pequeñas, el tapetum es más pequeño y no se extiende hacia ventral, por lo que no incluye al disco óptico. En algunas razas pequeñas, el tapetum puede estar muy reducido en su área o bien estar ausente. En la raza Beagle, se ha descrito la ausencia hereditaria del tapetum en la cual, las células están presentes al principio, pero después falla el desarrollo normal de los bastoncillos tapetales (4)

El tapetum del perro contiene altas concentraciones de hidrato de zinc y cisteína, en el gato, además están presentes altas concentraciones de riboflavina. También se ha reportado la presencia de guanina en altas cantidades, así como de colesterol y una variedad de lípidos (4,11).

En los gatos pigmentados como en aquellos que carecen de pigmento, el tapetum lucidum es granular y de color amarillo a verde. Posee células con un grosor de 3 a 4 micras y terminaciones romas, donde colindan con las células tapetales adyacentes en la misma capa (4)

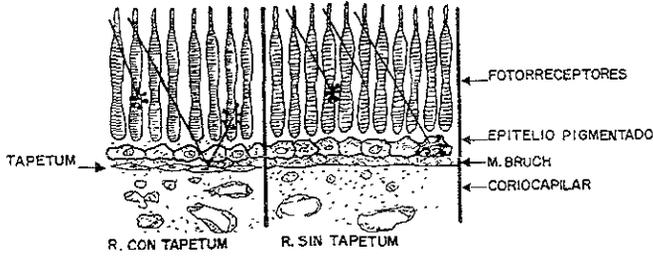


Fig. 89-a Tapetum lucidum, estructura anatómica en muchos animales

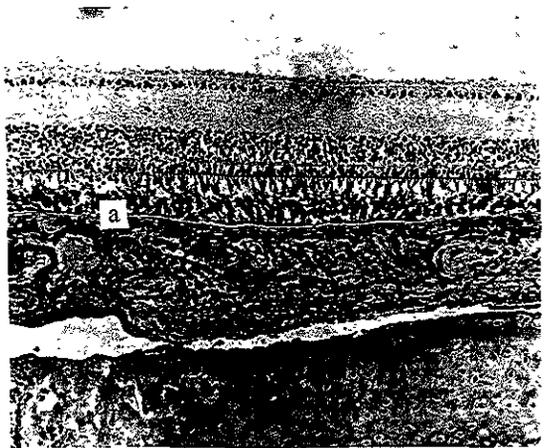


Fig- 90. Membrana de Bruch. a) entre retina y lámina coriocapilar.

En los animales ungulados, el tapetum se compone de fibras de colágeno, por tal motivo se le llama tapetum fibroso. Esta estructura es principalmente acelular, excepto por un fibrosito ocasional. Las fibras de colágena están organizadas hacia una lamella (lámina) bien ordenada que se ramifica e interconecta con láminas adyacentes al mismo nivel, siendo paralelas con la superficie de la retina (11).

Coriocapilares

Es la capa mas interna de los vasos coroidales. Ésta lámina consiste de una capa simple de capilares entre el tapetum lucidum y el epitelio externo pigmentado de la retina o en ausencia del tapetum lucidum, entre el epitelio externo pigmentado de la retina y la lámina vascular (4,11)

Esta lámina se forma de la ramificación súbita de las arterias ciliares posteriores. Los capilares poseen fenestraciones circulares y lúmenes anchos. Las fenestraciones presentan un diafragma que las cubre. Externa al endotelio, se encuentra la lámina basal de la coroides a la que se le conoce como lámina basal o membrana de Bruch (4,5,11).

Lámina basal o membrana de Bruch (fig.90)

La membrana de Bruch, es una estructura delgada poco desarrollada en muchos de los animales domésticos así como en los ojos de los primates. Separa a la retina de la coroides. La membrana de Bruch (complejo basal), consta de 5 capas que son.

1. lámina basal del epitelio pigmentado de la retina
2. zona interna de colágena
3. capa elástica
4. zona externa de colágena
5. lámina basal del coriocapilar (2,4,5,11)

En muchas especies diurnas que carecen de tapetum lucidum, incluyendo al cerdo, primates, la membrana de Bruch, se encuentra pentalamina, consistiendo de una lámina basal del epitelio pigmentado de la retina (RPE) y endotelio corioepilar, dos capas adyacentes de colágeno, así como de fibras elásticas de colágeno. En animales con tapetum y especialmente con tapete celular, la membrana de Bruch se reduce a una estructura trilaminada que consiste de dos láminas basales y una capa de colágeno (2,4,11,12)

Retina

La túnica interna del globo ocular, está formada por la retina, una delgada membrana transparente, la cual es la estructura más compleja del ojo. La retina sensitiva, se extiende desde el disco óptico a la ora ciliar retiniana (4,5,6).

La parte más externa de la retina limita con el complejo basal y la lámina coriocapilar, su parte mas interna, limita con el cuerpo vítreo. Junto con las otras estructuras asociadas, como el tapetum lucidum, los vasos retinales y el disco óptico la retina forma lo que se

denomina como el fondo de ojo, mismo que puede ser visualizado mediante el oftalmoscopio (11,12,13,14)

La retina y el nervio óptico, derivan del posencéfalo; por consecuencia, su morfología y fisiología son muy parecidas a las del cerebro (11).

La función de la retina como una extensión directa del cerebro es recibir estímulos de luz desde el exterior y transmitir esta información de manera exacta al cerebro, donde posteriormente es interpretada para producir la visión. La visión toma lugar en la corteza visual (11).

Se han descrito 10 capas en la histología de la retina. La retina sensitiva interna contiene nueve capas y el epitelio pigmentado de soporte es la décima capa. La retina óptica se extiende desde el disco a la ora ciliar retiniana, la cual se reduce a las dos capas celulares epiteliales del cuerpo ciliar (2,4,5,6,11,12) (fig. 91)

Las diez capas que se pueden identificar de afuera hacia adentro son las siguientes

1. Epitelio pigmentario de la retina (EPR)
2. Capa de células fotorreceptoras (CF)
3. Membrana limitante externa (MLE)
4. Capa nuclear externa (CNE)
5. Capa plexiforme externa (CPE)
6. Capa nuclear interna (CNI).
7. Capa plexiforme interna (CPI)
8. Capa de células ganglionares (CCG)
9. Capa de fibras nerviosas (CFN)
10. Membrana limitante interna (MLI)

Epitelio pigmentario de la retina.

El EPR, es una capa de células poligonales que forman la capa más externa de la retina. Es la continuación de la capa epitelial pigmentada del cuerpo ciliar, se le encuentra más adherida a la coroides que el resto del tejido de la retina y deriva de la capa externa de la retina óptica. Realiza actividades de gran importancia en el transporte de nutrientes desde la capa coriocapilar a las capas más externas de la retina (2,4,6,11,12,32)

Las células de esta capa están muy pigmentadas, con excepción de la parte que se encuentra localizada sobre el tapetum lucidum de la coroides (4,11). La ausencia de melanina permite el paso de la luz a través del EPR al tapetum para posteriormente producir el reflejo a los receptores fotosensibles (2,11).

Capa de células visuales (conos y bastones) (CF).

La capa de células visuales actualmente solo contiene parte de los fotorreceptores externos a los que se les conoce como segmentos internos y externos, los cuales poseen sus núcleos

en el estrato nuclear externo. Estos segmentos, poseen formas de cilíndricas a cónicas y se les encuentra agrupados de lado a lado, estando paralelos a la luz que penetra a través de la pupila. Estos segmentos reaccionan al estímulo de luz e inician el mecanismo de visión además del reflejo que se asocia a este (2,6,11).

Los segmentos externos de los bastones y conos se componen de pilas de discos membranosos rodeados por membrana celular. Los bastones forman pilas de una amplitud uniforme a través de su longitud y son de mayor longitud que los segmentos de los conos externos. Los segmentos externos de los conos también consisten de pilas de discos, pero estos segmentos son más anchos (11).

En los conos del segmento externos dentro de cada mamífero, los discos contienen uno de tres pigmentos, los cuales son sensibles a uno de tres longitudes de onda diferentes. En comparación con las aves, quienes poseen de cuatro a cinco tipos de fotorreceptores en los conos (5,11).

Los segmentos internos de conos y bastones se encuentran separados por grandes extensiones de vellosidades de las células de Müller, son conocidas con el nombre de canastas de fibra, las cuales morfológicamente son idénticas en las especies vertebradas, pero menos numerosas en retinas con vasculatura intraretinal (11).

Además de los fotorreceptores de conos y bastones, se ha identificado una tercera clase de fotorreceptores conocida como conos dobles, la cual es identificada en todos los grupos de vertebrados. Estos dobles conos consisten de conos que difieren en tamaño, forma y estructura. Este tipo de estructura es el fotorreceptor predominante en los animales diurnos, ya que ocupa más del 82% de la retina en el nivel del segmento interno (11) (fig. 92)

Membrana Limitante Externa (MLE)

Los segmentos internos de la capa de células visuales se encuentran separados del núcleo de fotorreceptores mediante una membrana limitante extremadamente delgada. Esta membrana, es una membrana falsa que se compone de una serie de uniones celulares, adherencias zonulares, que unen firmemente los segmentos internos de los conos y bastones a las células de Müller y a su vez a cada una de las células de Müller (2,6,11,12).

La función de esta membrana, consiste en sostener siempre a la retina externa, ya que la membrana limitante externa, debido a la presencia de grandes conos y bastones, no hace contacto directamente, pero forma una barrera entre los espacios extracelulares de la capa de células visuales y el resto de la retina sensitiva (2,4,11)

Capa Nuclear Externa (CNE).

Esta capa, contiene a los somas o cuerpos celulares de los fotorreceptores (2,4,11,12). El número de hileras de núcleos varía de acuerdo con las especies así como con su localización en la retina. En la retina central, el perro y el gato poseen hileras más profundas (12-15 en el perro y 19-20 en el gato), mientras que en los ungulados, se observan menos filas (5 en el

caballo y el cerdo y 10 en la vaca). Conforme disminuye la densidad de conos y bastones, se va adelgazando de manera gradual la capa nuclear externa. Los núcleos de los conos de manera universal se sitúan próximos a la membrana limitante externa. En mamíferos, por lo regular son mas grandes, de forma oval y mas euromáticos que el núcleo de los bastones, que es mas pequeño, de redondo a oval, mas oscuro y mas heterocromático (2,11).

Otras estructuras identificadas en esta capa son las fibras de conos y bastones que se conectan, axones de conos y bastones, así como procesos de las células de Müller (2,11).

Capa plexiforme externa (CPE).

La capa plexiforme externa se compone de arborizaciones terminales (sinapsis) de los axones de los conos y bastones que hacen sinapsis con las dendritas de las células horizontales y bipolares. Los axones de los bastones por lo regular terminan en unas estructuras con forma de pera, o esférulas que son la terminación sináptica del bastón (2,4,11,12). La esférula de los bastones posee una o mas invaginaciones donde ocurren las bandas de las sinapsis. Los pedículos de los conos se extienden hacia la capa plexiforme externa (2,4,5,12)

En esta capa se identifica un segundo tipo de sinapsis, la cual es plana y solo se distingue mediante densificación de la membrana. Este proceso sucede entre las dendritas bipolares planas y los axones receptores (11)

En el gato, las dendritas de las células horizontales realizan la sinapsis solo con los conos y las terminaciones axonales conectan solo a los bastones (4).

Capa nuclear interna (CNI).

La membrana nuclear interna está compuesta del soma de las células horizontales, células bipolares, células amácrinas y las células de Muller. En esta capa, las neuronas mantienen conexiones entre la capa de células visuales y la capa de células ganglionares. Las células horizontales, bipolares y amácrinas se encuentran involucradas en la modificación e integración de los estímulos (11).

En muchos vertebrados se han identificado dos tipos de células horizontales, las tipo A, las cuales en muchas especies de mamíferos, hacen sinapsis con todos los tipos de conos y el segundo tipo o tipo B, en la que se cree que las terminaciones dendríticas de las células horizontales hacen sinapsis con los mismos pedículos como en el tipo A, pero que además poseen un axón que hace sinapsis con esférulas de bastones. Y por último el tercer tipo, que también posee un axón pero que únicamente existe en la retina del humano. Las células bipolares es la segunda neurona mas numerosa de la retina de los animales domésticos y constituye la conexión radial entre los fotorreceptores y las células ganglionares (11)

Las células amácrinas se clasifican de acuerdo con la distribución de sus procesos axonales, los cuales a su vez, se dividen en dos clases difusa y estratificada. Además han sido subclasificado de acuerdo al grado de ramificación o estratificación determinado de

acuerdo a la tinción (mas de 24 en la Tetina del humano) Las células difusas se han subdividido de acuerdo al tamaño de sus campos axonales en angostos y anchos. Las células amácrinas estratificadas se han clasificado principalmente por la localización de las uniones de sus procesos (4,5,11).

Además de los otros tipos celulares anteriormente descritos, existe una cuarta neurona de la capa nuclear interna llamada célula interplexiforme, la cual no se encuentra en todos los tipos de retinas. Esta neurona, posee procesos pre y postsinápticos en la capa plexiforme interna y conectes presinápticas con células bipolares y horizontales mediante un gran proceso horizontal que se extiende a la capa plexiforme externa (11).

Las células de Müller (células radiales gliales), son identificadas como la principal célula no neuronal de la retina de los vertebrados; la cual actúa como célula de soporte para muchas neuronas en la retina. Estas células tienden a poseer mayor citoplasma y sirven para unir en la porción externa de la capa nuclear interna. Son alargadas, y ramificadas, se extienden desde la membrana limitante interna mas allá de la membrana limitante externa. Tienen una función importante para el soporte de la estructura interna, así como para la nutrición de la retina Tienen la capacidad de llenar casi todo el espacio extracelular entre las células neurales (11).

En muchos animales las células de Müller tienen una relación espacial estrecha con los vasos sanguíneos, indicando posibles roles en la formación de la barrera hematoretineana (11).

En la retina del conejo, las células de Müller no hacen contacto con los vasos sanguíneos y no participan en la barrera sanguíneoretineana y en la transferencia de metabolitos. Es el único tipo celular en la retina de los vertebrados que consta de una sola forma o tipo morfológico (11).

Capa Plexiforme Interna (CPI)

La capa plexiforme interna es la región sináptica entre las neuronas de primero y segundo orden, siendo notablemente mas gruesa que la capa plexiforme externa en todas las retinas de los vertebrados y especialmente en aquellas retinas que poseen fovea y un área central o área centralis bien definida. Esta capa compromete los procesos celulares de las capas nuclear interna y de células ganglionares en donde ocurre la sinapsis entre las células bipolares, amácrina y ganglionares (11)

Capa de Células Ganglionares (CCG)

La capa de célula ganglionares contiene células ganglionares de tres tipos, siempre con células de la neuroglia y vasos sanguíneos retinianos. Es la capa celular de la retina mas interna y consiste de una sola capa de células, con excepción del área central o área centralis, donde posee un grosor de dos o tres capas celulares (excepto en primates y otros no mamíferos, en los que existen de 6 a 9 capas de grosor) (4,11)

En el gato se han descrito tres formas de células ganglionares, las cuales se describen como α, β, γ , las cuales corresponden a tres tipos fisiológicos w, x, y. Las células α o γ , poseen ramificaciones dendríticas esparcidas y un gran pericarion. Las células α, β, γ , poseen ramificaciones numerosas. Están más concentrados en el centro que en la periferia. Las células γ o w, su pericarion es pequeño y poseen pocas dendritas. Son muy numerosas y se concentran más en la retina central (11)

Capa de fibras nerviosas (CFN)

En esta capa se encuentran los axones de las células ganglionares no mielinizadas, además de algunas células neurogliales y los extremos internos de las células de Müller junto con las fibras nerviosas. Las fibras carecen de vainas de mielina para mantener la transparencia de la retina. La capa de fibras nerviosa aumenta su grosor conforme alcanza el disco óptico. Los axones no se ramifican, pasan radialmente al nervio óptico, excepto en el área centralis (11).

Capa o membrana limitante Interna (MLI)

La capa limitante interna es una membrana basal formada por las terminaciones fusionadas de las células de Müller. Junto con los aspectos internos de la retina sensitiva, los procesos de dichas células de Müller se orientan verticalmente, surgen y terminan con los procesos adyacentes (4, 11).

Vasculatura de la Retina

Las variaciones de la vasculatura retiniana se han clasificado en cuatro patrones básicos: holangióticos, merangióticos, paurangióticos y anangióticos (fig. 93, 94).

- a. Holangióticos. Estas, presentan un patrón vascular donde toda la retina sensorial recibe irrigación sanguínea directa, ya sea desde una arteria central o desde las arterias cilioretiniales, que emergen como tronco individual o como varias ramas desde o alrededor del disco óptico. Los primates, el ratón, la rata, la cabra, la vaca, la oveja, el perro y el gato poseen este patrón.

En el patrón holangiótico, el gato posee tres pares mayores de arterias cilioretinianas y venas, que se originan alrededor de la periferia del disco óptico. Consisten de un par dorsomedial que curva lateralmente, un par venromedial y un par ventrolateral de arterias y venas. Estos arcos de vasos alrededor del área centralis, dejan o permiten que parezca clínicamente como una zona libre de vasos, pero está presente una red de capilares.

En el perro, las arterias ciliares posteriores cortas, forman un montaje de pilares que rodean al disco óptico hacia tres o cuatro venas mayores. Además se forman venas más pequeñas que se unen a las venas de mayor tamaño sobre el disco óptico y forman una vena central retiniana más pequeña. En el perro, los vasos de la retina tienden a ser más tortuosos que en otros animales (2, 4, 11)

- b. Merangiótico. Este patrón consiste de vasos sanguíneos localizados a una región de



Fig. 91- Capas retinianas similares en la mayoría de animales. a)EPR, b)CP c)CNE, d) CPE, e) CNL, f) CPL, g) CCG, h) CFN, i) MLI.

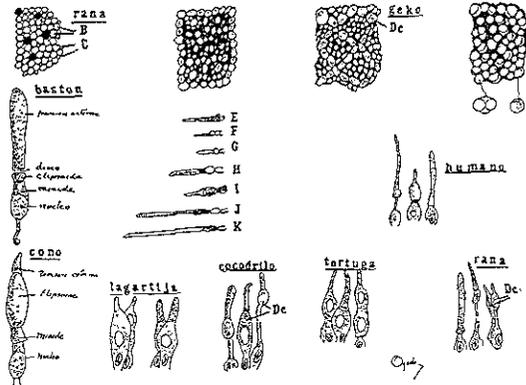


Fig.- 92. algunos aspectos importantes de la retina. b) bastones, c) conos, d) dobles conos, e) cono humano 0.07mm, f) cono humano 0.045mm, g) bastón humano 0.05mm, h) bastón gecko 0.048mm, i) cono lagartija 0.06mm, j) bastón de salamandra 0.017mm, k) cono pez salmón 0.018mm.

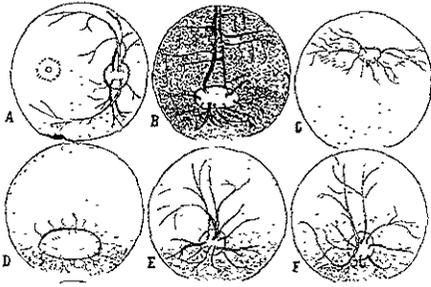


Fig- 93. Vasculatura retina en algunas especies. a) primate, b) bovino, c) conejo, d) equino, e) canino, f) felino.

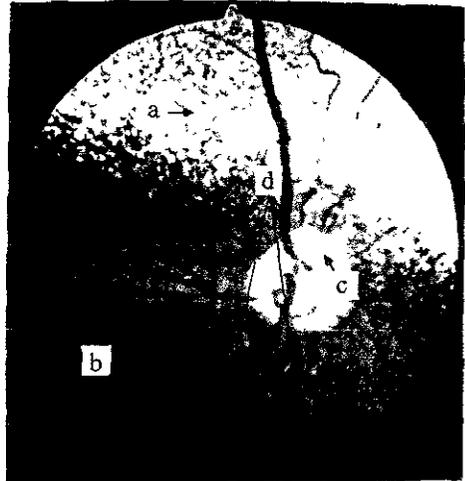


Fig- 94. fondo de ojo y vasculatura de un perro. a) tapetum lucidum, b) non tapetum o tapetum nigrum, c) nervio óptico o papila, d) arterias retinales (tomado de Gellat).

la retina; está representado por los conejos, principalmente (4,11)

- c. Paurangiótico. Aquí los vasos sanguíneos dentro de la retina se localizan solo cerca del disco óptico (peripapilarmente). Este patrón se observa en algunos ungulados, tales como el elefante, rinocerontes, caballo y marsupiales (2,11)

La retina del caballo, la cual pertenece a este tipo de patrón en, el disco óptico, contiene aproximadamente 30 arterias a arteriolas finas y 30 venas a vénulas de aproximadamente 25 a 35 micras de diámetro respectivamente.

No se distinguen una de la otra mediante oftalmoscopia. Las arterias no forman una red capilar en sus terminaciones, lo que significa que pasan directamente hacia las vénulas, las cuales poseen un anulo arteriolar en el punto en que se ramifican.

- d. Anangiótico. Este patrón se caracteriza por la ausencia de vasculatura dentro de la retina sensitiva; sucede en muchas especies de animales no mamíferos, especialmente en aves, algunos mamíferos como monotremos, marsupiales y murciélagos (2,4,11).

La vasculatura de este patrón, dentro del ojo se encuentra restringida a la estructura conocida con el nombre del pecten, la cual une al vítreo con el nervio óptico y será descrita de manera independiente mas adelante.

Fóvea

El término de fóvea como tal, se refiere a una depresión existente en la retina, la cual posee la función de mejorar de manera considerable la imagen de la retina y así proporcionar un punto de fijación (4,6,11,12,13,18)

La fóvea central se localiza en el humano a unos 2.5 mm de la papila óptica, hacia el lado temporal. Alrededor de la fóvea está la mancha amarilla o mácula lútea, así denominada por la presencia de un pigmento amarillo (fig 95, 96)

Existen grandes vasos arriba y debajo de la zona central de la retina, pero solo hay pequeños capilares en la fóvea misma, lo cual aumenta su transparencia. La fóvea es la zona de mayor agudeza visual. En la papila óptica no hay fotorreceptores, por lo que esta región recibe el nombre de punto ciego (5).

Zona Central y Fóvea

La distinción entre la zona central y el resto de la retina, es estructural y funcional. La zona central tiene gran concentración de fotorreceptores y está especializada para la agudeza visual diurna, en tanto que la retina periférica es de estructura más burda y más adecuada para la recepción de estímulos débiles en la penumbra (5).

En el aspecto morfológico, en la zona central existe una acumulación de células ganglionares en más de una hilera y una concentración de conos y de células bipolares. La mácula lútea es una zona vaga de unos 3 mm de diámetro que rodea a la fóvea, caracterizada por la presencia de pigmento amarillo en las capas más internas (5).

La fóvea central es pálida, carece de pigmento y posee pocos vasos sanguíneos, además de poseer forma de una fosa redondeada poco profunda, que está a 2 o 2.5 mm del disco óptico hacia su lado temporal, o sea, que está en el eje visual. La depresión se produce por la ausencia de las capas más internas de la retina en esta región y mide alrededor de 1.5 mm de diámetro. Su fondo o piso solo mide 550 micras de diámetro y contiene 30 000 conos que son más largos y delgados que los de otras partes (esto es, no tienen forma de cono). Esta zona carece de bastones, estos conos hacen sinapsis con las células bipolares colocada oblicuamente alrededor de los límites de la fóvea, que no tiene capilares. Esta disposición permite el libre paso de los rayos luminosos a los fotorreceptores (5)

Disco y papila ópticos

La cara retineana del nervio óptico se denomina disco óptico, que incluye la papila óptica, prominencia ligera que está formada por la aglomeración de fibras nerviosas cuando éstas pasan de la retina al nervio óptico. El disco posee una forma ligeramente oval está situado hacia el lado nasal del polo posterior. Con excepción de las fibras del nervio óptico, todos los tejidos retinianos se interrumpen bruscamente en los límites del disco. La ausencia de fotorreceptores explica el término punto ciego. Cuando las fibras nerviosas perforan la esclerótica para incorporarse al nervio óptico lo hacen a través de la lámina cribosa, la

lámina fibrosa densa que es perforada por los haces de fibras del nervio óptico. en su periferia, la lámina cribosa que continúa con el tejido de la esclerótica.

En el disco óptico hay una pequeña depresión central, la copa fisiológica, por la cual emergen la arteria y vena centrales de la retina. En la mayor parte de los casos, esta arteria es la única que riega la retina y su oclusión provoca la ceguera permanente. En algunos individuos, la retina también recibe sangre de la arteria cilioretiniana para la mácula.

La principal característica de cualquier ojo que posea una o dos foveas, se debe a una actividad diurna, y los animales nocturnos carecen del desarrollo de foveas

Usualmente, las foveas ocupan una de dos posiciones, ya sea central o temporal. Algunas aves poseen ambos tipos de fovea en cada ojo. La fovea central se usa para la fijación monocular en ojos que no están dirigidos hacia delante y el tipo temporal se usa casi invariablemente para producir de manera simultánea una fijación binocular, tal y como sucede en el hombre. Los animales que poseen dos foveas separadas en cada ojo evitan una confusión de imágenes múltiples.

Todas las aves conocidas poseen foveas, la mayoría de estas es central, pero la gran mayoría y en especial los cazadores y las aves que vuelan a gran velocidad poseen fovea temporal, lo que les permite capturar pequeños insectos durante el vuelo. En las aves únicamente existe una característica que actualmente se conoce y que es una banda de fovea, y a la que se le llama banda foveada, la cual une a las foveas central y temporal. Este tipo de fovea o banda foveada puede ser identificado con facilidad en aves que son grandes voladoras, y parece que es un vehículo para la transferencia gradual de fijación desde una fovea a otra durante el vuelo. Además, también se encuentran en aves terrestres.

El gecko posee una fovea temporal en cada ojo, probablemente usada para lograr una fijación binocular.

En lo referente a tres especies de iguanas que poseen dos foveas en cada ojo y una central profunda

Nervio óptico

Los axones de las células ganglionares de la retina (neuronas de segundo orden), dejan la capa de fibras nerviosas y forman la estructura denominada como cabeza del nervio óptico, papila óptica o disco óptico. A partir de esta área, pasan a través de la coroides y la esclera hacia la órbita. El nervio óptico se encuentra formado por los axones de las células ganglionares, las células de la glía y septo, las cuales se originan desde la piamadre. Los axones visuales hacen sinapsis en el cuerpo geniculado lateral y el colículo rostral. Los axones pulpomotores hacen sinapsis en el área pretectal (2,6,11).

El nervio óptico es considerado un tracto de fibras nerviosas del cerebro más que un nervio periférico, se extiende desde la retina (área del disco óptico) al quiasma óptico y puede estar dividido en porción ocular, orbital e intracraneal. Debido a sus propiedades anatómicas tan parecidas, el nervio óptico se considera más como un tracto de fibras nerviosas del cerebro que un nervio periférico (11).

El nervio óptico intraocular consta de tres porciones retiniana, coroidal y escleral. Las porciones retiniana y coroidal del nervio óptico se conocen como disco óptico (papila o cabeza del nervio) (4,5,11). (fig,95, 96)

Los términos disco óptico, papila y cabeza de nervio pueden intercambiarse e incluyen a las porciones retiniana y coroidal del nervio óptico. La papila se refiere a una elevación de la cabeza del nervio y su presencia y desarrollo varía de acuerdo con las especies, así como con los individuos. Dentro de la papila óptica, existe una depresión llamada copa fisiológica. La copa se almea mediante una placa de células de la glía conocidas como un tejido central de soporte que es el menisco de Kuhnt. La exageración de este tejido es la papila de Bergmeister, la cual es un remanente de la arteria hialóidea en el disco (11).

El nervio óptico atraviesa la coroides y la esclera a través de un área de fibras de colágena llamada lámina cribosa. La lámina cribosa del gato, perro y mono se encuentra bastante bien desarrollada, poseyendo láminas de colágeno muy prominentes; mientras que la del ratón, rata y conejo posee un desarrollo muy pobre, carente de cantidades substanciales de colágena dentro de la lámina. De los roedores, la lámina cribosa de la rata es la menos desarrollada; siendo que la del cerdo de guinea presenta un mayor desarrollo debido a la gran cantidad de tejido conectivo (11).

La porción orbitaria del nervio óptico está cubierta por las vainas meningeas del sistema nervioso central: duramadre, aracnoides y piamadre (11)

La porción intracraneana es pequeña y se extiende desde el canal óptico al quiasma óptico. En el quiasma óptico se cruzan o se decusan los 2 nervios ópticos (izquierdo y derecho) hacia los lados opuestos. Posteriormente al quiasma óptico, los axones se continúan como tractos ópticos (2,11,12). Es importante considerar que existen diversos tipos de quiasmas, según la especie y desde luego sus hábitos de vida (4,11) (Fig.97)



Fig.- 95. Base en retina de nervio óptico en un oso negro (*Selenarctus tibetanus*)
a) retina, b) coroides, c) nervio.

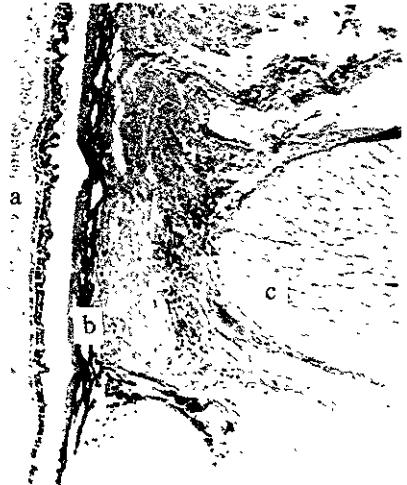


Fig.- 96. Base en retina del nervio óptico de un tigre de bengala (*Panthera tigris*). a) retina, b) coroides, c) nervio.

Pecten

Como se mencionó anteriormente, la retina anagiótica, está comprendida por vasos sanguíneos modificados que protruyen hacia el vitreo para aportar nutrientes y eliminar productos de desecho del metabolismo de la retina. En las aves, este sistema se conoce como “pecten” (32).

El pecten, es una reminiscencia del nervio óptico altamente pigmentado, el cual posee un plexo rico en pequeños vasos sanguíneos y altamente pigmentado, con 3 a 30 láminas plegadas. Posee un ápice dirigido hacia la lente y que en la mayoría de las especies su longitud basal es igual a la mitad del diámetro horizontal del ojo (2,6,11,28,32,36). Cuando es visto de manera macroscópica, se puede dividir en tres tipos. el tipo plegado que se observa en la mayoría de las aves; el cóncavo que se identifica en el kiwi y el plano que se reporta en el avestruz.

En el pecten plegado, el número de pliegues y el tamaño varía de manera considerable de acuerdo con las especies de aves. La variación parece estar asociada con la actividad del ave, incluyendo la capacidad visual de esta. Este tipo de pecten se observa en el halcón cola roja (*Buteo jamaicensis*) (fig. 98).

La cantidad de pigmento varía de acuerdo con el pecten de diferentes aves; se observa que la melanina está mas desarrollada en la porción apical, lo cual, permite proteger a los vasos sanguíneos de la exposición a la luz ultravioleta (2,11,36).

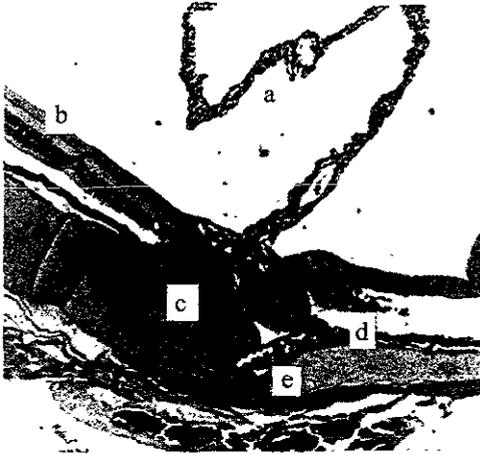


Fig 98- Pecten de un halcón cola roja (*Falco peregrinus*), a) pecten, b) retina, c) nervio, d) coroides, e) cartilago escleral

LITERATURA CITADA

1. Keith LM. Embriología Básica. 3a ed. México: Ed. Interamericana McGraw Hill, 1990.
2. Gelatt KN, Gelatt JP. Handbook of Small Animal Ophthalmic Surgery. Vol 2: Corneal and intraocular procedures. 2a ed. USA: Pergamon 1994.
3. Carlson BM. Embriología Básica de Patten. 5ª ed. México: Interamericana McGraw-Hill 1990.
4. Romero GE. Manual de la Anatomía y Fisiología del Ojo y sus Anexos en el perro y el gato: Estudio Recapitulativo (tesis de licenciatura). México, D.F. México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNAM, 1998.
5. Prince JH, Diesem CD, Eglitis I, et al. Anatomy and Histology of the Eye and Orbit in Domestic Animals. 1a ed. USA: Springfield , Charles C. Tomas Publishers 1956..
6. Tista OC. Anatomofisiología comparada de la Fauna. 1ª ed. México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, 1991.
7. Prince JH. Comparative Anatomy of the Eye. 1a. ed. USA: Springfield, Charles C. Thomas Publishers 1956.
8. Sisson S, Grossman JD. Anatomía de los Animales Domésticos. 4ª ed. España: Salvat Editores 1981
9. McCalla TC and Moore CP. Exophthalmos in dog and Cats. Comp. Contin. Educ. Pract. Vet 1989; 11: 784-792.
10. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Anatomía Aplicada del Bovino. 1ª ed. Costa Rica: Servicio Editorial IICA 1989.
11. Gelatt KN, Gelatt JP. Handbook of Small Animal Ophthalmic Surgery. Vol 2: Corneal and intraocular procedures. 2a ed. USA: Pergamon 1995.
12. García SG, Hernández RM. Oftalmología. En: Diplomado a Distancia en Medicina, Cirugía y Zootecnia en Perros y Gatos. México: FMVZ, 2000: 13-310.
13. Stades FC, Boevé MH, Neumann W, Gimán M. Oftalmología para el Veterinario. 1ª ed. Argentina: Internédica 1998.
14. Peiffer RL, Petersen-Jones SM. Small Animal Ophthalmology a problem-oriented approach. 2a ed. London: W.B. Saunders 1997.
15. Moore PC and Constantinescu GM. Surgery of the Adnexa. Surgical management of Ocular Disease. Veterinary Clinics of North América: Small Animal Practice, 1997 ; 27: 1011-1066.
16. Kent GC. Comparative Anatomy of the Vertebrates. 7a ed. Louisiana: Mosby Year Book, 1992.
17. Dyce KM, Sack WD, Weasing CJ. Textbook of Veterinary Anatomy. 2a. ed. Philadelphia. W.B. Saunders Company 1987.
18. Lavach JD. Large Animal Ophthalmology. 2a. ed. USA: The C.U. Mosby Company 1990.
19. Gartner PL, Hiatt JL. Histologia (Texto/Atlas). 2ª ed. México. McGraw-Hill Interamericana 1997.

20. Cooley PL. Normal Equine Ocular Anatomy and Eye Examination. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice* 1992; 3: 427-449.
21. Fowler M, editor. Zoo and wild animal medicine. *Current therapy*. 2a. ed. Philadelphia: Saunders, 1986: 108-132.
22. Ritchie BW, Harrison GJ, Harrison L. *Avian Medicine: Principles and Application*. 1ª ed. Lake Worth Florida: Wingers Publishing Inc. 1994.
23. Elizalde LJ. Prolapso de la glándula superficial del tercer párpado y su tratamiento (tesis de licenciatura). México, D.F: México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNAM, 1993.
24. McGraw-Hill Diccionario Enciclopédico de las Ciencias Médicas. México, D.F: McGraw-Hill, 1985.
25. Tista OC. Membrana Nictitante, Tercer párpado y Brillo. *Revista Imagen Veterinaria: FMVZ, UNAM*. México 1999.
26. Climent S, Sarasa M, Muniesa P, Terrado J. Sentido de la Vista. En: *Manual de la Anatomía y Embriología de los Animales Domésticos*. Zaragoza España: Editorial Acribia, 1998: 175-218.
27. Dyce KM, Sack WO, Wensing CJG. *Anatomía Veterinaria*. 1ª ed. Buenos Aires Argentina: Editorial Medica Panamericana 1991
28. Sturkie PD. *Fisiología Aviar*. Zaragoza España: Editorial Acribia, 1993.
29. Samuelson DA. Ophthalmic embryology and anatomy. In GelattKN (ed): *Veterinary Ophthalmology*, 2a. ed. Philadelphia, Lea & Febiger 1991.
30. Hogan. *Histology of the Human Eye. An Atlas and Textbook*. 2a. ed. Philadelphia, Lea & Febiger, 1971.
31. Frandson RD. *Anatomy and Physiology of farm animals*. 5a. ed. Philadelphia, Lea and Febiger 1992.
32. Petersen-Jones SM, Crispin SM. *Manual de Oftalmología en Pequeños Animales*. 1ª ed. U.K: Harcourt Brace 1999.
33. *Manual de la Anatomía y Fisiología*. 2ª ed. México. La prensa mexicana 1984.
34. Muñoz P, Quiroz H y Moragrega E. Anatomía quirúrgica comparada en ojos de perro, gato, cerdo y conejo. *Rev. Mex. Oftalmol.* 1990; 64: 177-182.
35. Pearson RG. *The avian brain*. 1a ed. London: Academic Press INC, 1972.