

Capítulo 9.

SISTEMA NERVIOSO.

Los sistemas nervioso y endocrino, aseguran los mecanismos de control del organismo. Por su parte, el sistema nervioso controla actividades rápidas como la contracción muscular, fenómenos viscerales y también la secreción de algunas glándulas endocrinas. El componente principal de este sistema es el tejido nervioso, que se dispone formando órganos que, por su localización anatómica, se dividen en órganos del Sistema Nervioso Central (SNC), el Sistema Nervioso Periférico (SNP) y el Sistema Nervioso Autónomo (SNA).

El SNC está constituido por un conjunto de órganos que se encuentran en el interior de las cavidades óseas que los alojan y protegen; estos son el *encéfalo*, que incluye a su vez el *cerebro*, el *tronco cerebral* y el *cerebelo* y la *médula espinal*.

El SNP está compuesto por nervios que se originan en el cerebro, el tronco encefálico y la médula espinal y que se dirigen hacia los órganos sensitivos, el músculo esquelético y las vísceras. Y el SNA o neurovegetativo, que regula las funciones de los órganos y sistemas del cuerpo humano, incluye dos cadenas de ganglios situados a ambos lados de la línea media, y su función es exclusivamente vegetativa.

En el SNC la trama de tejido nervioso que forma los órganos de este sistema se dispone en una sustancia gris y una sustancia blanca, de acuerdo con el color que presenta en estado fresco.

La *sustancia gris* se localiza en la corteza cerebral, corteza cerebelosa, médula espinal y núcleos de agrupaciones de cuerpos neuronales y está constituida principalmente por cuerpos neuronales, axones que son generalmente amielínicos, árboles dendríticos, astrocitos protoplasmáticos, células de la oligodendroglia y capilares sanguíneos, más abundantes que en la sustancia blanca. También pueden encontrarse microglías que acompañan a los capilares. Los astrocitos protoplasmáticos y principalmente las oligodendroglías se disponen alrededor de las neuronas como células capsulares. Los oligodendrocitos envuelven las fibras nerviosas amielínicas que se originan en el cuerpo celular. También pueden presentarse astrocitos fibrosos y fibras mielínicas, pero relativamente escasos con respecto a los astrocitos protoplasmáticos y fibras nerviosas amielínicas.

Con el M/O en la *sustancia gris* se puede observar una masa reticulada que rodea los cuerpos neuronales, cuerpos gliales y capilares sanguíneos. Con las tinciones de plata se distinguen en esta masa gran cantidad de procesos neuronales y gliales que aparecen como hilos o pelos finos que se entrecruzan en las tres direcciones espaciales. A esta estructura se le denomina *neurópilo*. Al M/E, el neurópilo aparece como una masa de procesos celulares yuxtapuestos que dejan muy poco espacio intercelular entre ellos, por lo que este término se aplica a la imagen que se observa con el M/O más que a la estructura que se presenta en el organismo vivo.

La *sustancia blanca*, localizada en la zona central de los órganos ubicados en la cavidad craneana y en la zona periférica de la médula espinal, está constituida principalmente por axones o fibras nerviosas procedentes de la sustancia gris. Se observan abundantes fibras de tipo mielínico, de ahí su color blanco en estado fresco. En la sustancia blanca no se observan cuerpos neuronales y los astrocitos son predominantemente fibrosos. Las oligodendroglías envuelven las fibras nerviosas y

forman la vaina de mielina. Es característico observar los núcleos de las oligodendroglías dispuestos en hileras siguiendo la dirección de los haces o tractos de fibras nerviosas. Se presentan microglías y capilares en menor número que en la sustancia gris.

Generalmente esta constituida por haces paralelos de fibras nerviosas mielínicas que forman tractos o haces que se pueden individualizar unos de otros, como por ejemplo el haz piramidal, que lleva los axones mielínicos de neuronas, cuyo cuerpo se localiza en la sustancia gris de la región temporal de la corteza cerebral, hacia la médula es-pinal.

Cerebro

En un corte anatómico vertical o transversal de este órgano se observa la corteza, la, que aparece como una envoltura muy plegada de unos 3 ó 4 mm de grosor de color *gris* y una zona subcortical, la *sustancia blanca* en la que se distinguen diferentes zonas de especial significación anatómica como son las circunvoluciones, el centro oval y las comisuras. También se observan los llamados núcleos grises.

Sustancia gris

Esta sustancia gris en el cerebro, es un gran manto celular que posee más de 12 billones de células y terminaciones nerviosas, acompañadas por una amplia red de capilares sanguíneos, la cual al M/O puede observarse como formada por seis capas bien definida que le dan un aspecto laminar. De la periferia al centro, estas capas son:

- I. molecular
- II. granulosa externa
- III. piramidal externa
- IV. granulosa interna
- V. piramidal interna
- VI. de células polimorfos

El número, forma y distribución de los cuerpos y procesos celulares de las neuronas situadas en estas capas es lo que le confiere el aspecto laminar a la corteza cerebral. Esta citoarquitectura se mantiene en general en todo el cerebro, observándose variaciones regionales de acuerdo a las funciones específicas de cada zona y al tipo neuronal más importante en dichas funciones.

Las neuronas en esta localización varían en su forma, tamaño, disposición, longitud y ramificaciones y se clasifican frecuentemente en cuatro grupos; células *piramidales*, células *piramidales estrella-das*, células *fusiformes* o no piramidales y pequeñas neuronas denominadas *gránulos*. De acuerdo a la longitud del axón estos tipos de neuronas se clasifican en Golgi I y Golgi II. Como ya hemos visto las Golgi I presentan un axón largo, mientras que las Golgi tipo II presentan un axón corto y que generalmente no abandonan la corteza cerebral.

Neuronas Golgi Tipo I

Utilizando cortes teñidos con hematoxilina eosina y el M/O las *neuronas piramidales* son de tamaño variable (15 a 100 o más μ m de diámetro). Presentan un soma de contorno triangular, con su vértice o ápice hacia la superficie cerebral una *dendrita* grande apical que, atravesando las capas suprayacentes, se ramifica en las zonas más superficiales

de la corteza. De la base del cono formado por el cuerpo celular salen de 4 a 6 dendritas más delgadas y que se ramifican en las capas subyacentes de la corteza cerebral. El axón único se origina en la base de la pirámide y penetra en las capas subyacentes hasta llegar a la sustancia blanca. El axón antes de abandonar la corteza emite varias colaterales delgadas que establecen sinápsis con pequeñas neuronas corticales. Estas células se observan en las capas III, IV y V, y en menor número en la VI.

Las *células piramidales estrelladas* mantienen una dendrita grande apical y su axón basal, pero el cuerpo aparece más redondeado por presentar dendritas que se ramifican en el nivel donde se encuentra el cuerpo celular. El axón de estas neuronas es muy delgado y no abandona la corteza cerebral, ya que estas células no degeneran cuando se destruye el tálamo. Aparecen en todas las capas, con-centrándose en la capa IV.

Las *neuronas fusiformes* tienen un diámetro de aproximadamente 30 μ m, su forma es de huso o alargada en sentido perpendicular a la superficie cerebral. Presenta una dendrita apical que se dirige hacia las capas suprayacentes y un basal que se dirige hacia las capas subyacentes de la corteza. Su axón se dirige hacia la sustancia blanca y abandona la corteza, aunque antes, envía colaterales hacia las capas más superficiales. Se localizan en las zonas más profundas de la corteza cerebral.

Neuronas de tipo Golgi II

Estas son las neuronas más pequeñas y numerosas de la corteza cerebral, los llamados *gránulos*. Existen 4 tipos de gránulos.

Las *células horizontales de Cajal* que presentan una forma alargada y de sus extremos parten las dendritas y el axón siguiendo un trayecto paralelo a la superficie cerebral. Su axón establece sinápsis con las dendritas de las neuronas Golgi I.

Las *células estrelladas* presentan las dendritas ramificadas rodeando el cuerpo celular. El axón es corto y se ramifica en el cuerpo de una neurona piramidal cercana. En ocasiones el axón se dirige hacia las zonas superiores de la corteza cerebral (células de Martinotti).

Las *células en araña* deben su nombre a la profusa ramificación de su árbol dendrítico, que rodea completamente al cuerpo celular. Su axón también forma numerosas colaterales y termina ramificándose muy cerca del cuerpo celular.

Las *células de doble penacho* tienen un cuerpo alargado en sentido perpendicular a la superficie cerebral. Las dendritas parten de los extremos celulares ocupando un área cilíndrica vertical al ramificarse. El axón transcurre horizontalmente terminando en las dendritas apicales de las pirámides cercanas.

La distribución de estos tipos celulares en la corteza, conforman una arquitectura vertical y laminar que varía de acuerdo a la especialización de cada zona de la corteza cerebral. La disposición vertical se debe a la presencia de axones y dendritas que interconectan neuronas situadas a diferentes niveles horizontales pero que conforman una columna vertical con respecto a la superficie de la corteza cerebral.

La disposición horizontal está dada por la agrupación de los cuerpos neuronales en láminas o estratos paralelos a la superficie cerebral. Como ya se dijo, se han podido distinguir en la corteza cerebral 6 estratos o láminas que se diferencian histológicamente entre sí. Independientemente de las variaciones específicas que incluso puede llevar a la ausencia de una o varias capas en determinadas zonas de la corteza cerebral, podemos considerar de forma ideal la presencia de las 6 capas mencionadas, las cuales se analizan a continuación.

Capa I. La *capa molecular* o *plexiforme* es la más superficial y contiene, principalmente, dendritas procedentes de las células piramidales de las capas más profundas (capas IV y V). Presenta muy pocas somas neuronales, entre las cuales se destacan los de las células horizontales de Cajal, que se ponen en contacto con las dendritas de muchas células que pertenecen a diferentes columnas verticales.

Capa II. La *capa granulosa externa* debe su nombre al aspecto que le confiere la presencia de numerosos núcleos celulares pequeños, presenta abundantes células piramidales pequeñas, células estrelladas y células en araña. Contiene además las dendritas de sus propias células, y las dendritas y colaterales axónicas de células situadas en capas más profundas. La presencia de gran número de somas de neuronas pequeñas hacen que esta capa se distinga de la molecular (presenta muy pocas células) y de la capa III (presenta pirámides mayores)

Capa III. La *capa piramidal externa* es una de las de mayor grosor. Contiene células piramidales de mediano tamaño, células de doble penacho y células estrelladas. En la zona más superficial se encuentra un plexo de fibras nerviosas de asociación procedentes del tálamo y otras áreas de la corteza cerebral, así como, axones colaterales intracorticales, es el llamado plexo o estría de Kaes• Bechterew. Estos axones hacen sinapsis con los cuerpos de las neuronas más superficiales de esta capa y con las dendritas de células situadas más profundamente en la corteza cerebral.

Capa IV. La *capa granulosa interna* se caracteriza por el predominio de neuronas pequeñas tipo Golgi II (gránulos), así como, en su zona externa y en regiones de gran desarrollo de esta capa, de algunas células piramidales estrelladas medianas y grandes. En este último caso se pueden distinguir en ella una zona externa de poca densidad celular y una zona interna de gran densidad celular por la presencia de numerosos gránulos. Alcanza un marcado desarrollo en la corteza visual y auditiva. En la corteza motora está muy poco desarrollada. En esta capa se encuentra el plexo externo o estría de Baillarger formado por fibras nerviosas procedentes del tálamo. En la corteza visual alcanza tal magnitud que puede observarse macroscópicamente como una estría blanquecina que divide en dos la sustancia gris de la corteza cerebral, la estría de Gennari.

Capa V. La *capa piramidal interna*, también llamada *gan-glionar*, muestra células piramidales de mediano y gran tamaño, entremezcladas con diversos tipos de gránulos. Hay menor densidad de cuerpos neuronales que en las capas contiguas (IV y VI). En la corteza motora se encuentran grandes moto-neuronas piramidales (130 •m de diámetro), las llamadas células de Betz.

Capa VI. La *capa de células polimorfas* contiene células fusiformes, gránulos y pirámides, de ahí su nombre. En la zona más superficial de esta capa se encuentra el plexo interno de Baillarger.

Sustancia blanca

La *sustancia blanca* del cerebro, según la constitución histológica explicada, donde predominan los axones mielínicos se encuentra por debajo de la gris, y se dispone, según sus características anatómicas, en tres tipos de fibras principales: de proyección, de asociación y comisurales.

Las fibras de *proyección* conectan la corteza con los centros inferiores, son descendentes o aferentes, proceden de toda la corteza y tienen su origen en los axones de las células piramidales medianas y grandes, así como en los axones de algunas células de la capa de células polimorfas. Convergen a través del cuerpo estriado y

llegan a los pedúnculos cerebrales.

A nivel del cuerpo calloso emiten prolongaciones colaterales gruesas que se dirigen a él y siguen su curso, dispuestas en haces a través del cuerpo estriado. Una gran parte de ellas constituye el haz piramidal, que al llegar al bulbo se entrecruzan parcialmente, resultando en la médula las vías piramidales cruzadas.

Las *fibras de asociación* relacionan zonas de un mismo hemisferio. Proceden de los axones de células piramidales y polimorfas, ingresan en la sustancia blanca a partir de la cual forman la mayor parte de su masa, y tras un trayecto más o menos horizontal, ingresan en la sustancia gris de una circunvolución próxima, o en la de otro lóbulo, pero siempre del mismo hemisferio.

Las *fibras comisurales* son fibras colaterales de proyección y de asociación. Proceden de todas las regiones de un hemisferio cerebral y se dirigen a todas las regiones del hemisferio opuesto. Su disposición debajo de las fibras de asociación y por encima de los ventrículos laterales, a los que cubren.

Cerebelo

El cerebelo está constituido por dos hemisferios, izquierdo y derecho, y el vermis central. Y en él se distinguen lóbulos que contienen, parte del vermis, con dos extensiones laterales.

En este órgano, encontramos, al igual que en el cerebro, la *sustancia gris* que se dispone hacia la periferia y constituye la denominada *corteza cerebelosa*, y hacia la zona central la *sustancia blanca*.

Sustancia gris

Esta sustancia en el cerebelo también está constituida por abundantes neuronas y sus prolongaciones o fibras que dan una imagen de tres capas o láminas al ser observadas al M/O.

- I. Capa Molecular
- II. Capa de células de Purkinje
- III. Capa granulosa

Las neuronas que se describen son: Las *células de Purkinje* cuyo tamaño es voluminoso (80 μ m de diámetro) con una forma piriforme, en la que la porción más delgada está más cerca de la superficie. De esta porción apical parten de 2 a 3 troncos dendríticos principales que rápidamente se ramifican formando un denso árbol dendrítico (ramas dendríticas lisas) del cual parten pequeñas ramificaciones con abundantes espinas dendríticas (ramos dendríticos espinosos). El árbol dendrítico se dispone en forma de una lámina gruesa transversal al eje mayor de la laminilla cerebelosa y que llega hasta la superficie de la capa molecular. El axón parte de su porción basal más gruesa y atravesando la capa granular se incorpora a la sustancia blanca llegando hasta los núcleos centrales del cerebelo donde establece sinápsis. Antes de abandonar la corteza el axón emite colaterales que forman un plexo superficial, en la parte superior de las células de Purkinje y otro inferior, a nivel del cono axónico de estas mismas células.

Los *gránulos* son neuronas muy pequeñas, de núcleo heterocromático y escaso citoplasma. Las dendritas salen radialmente del cuerpo celular y terminan en forma de garra o mano que hace sinapsis con las terminaciones de las fibras musgosas y de los axones de las células de Golgi. Por su gran número y escaso citoplasma le confieren a la capa molecular su aspecto característico. Su axón se dirige hacia la capa molecular

donde se bifurca en forma de T, en el sentido del eje mayor de la laminilla. Los axones hacen sinápsis con las espinas dendríticas de las neuronas de Purkinje, de Golgi, en cesta y estrelladas.

Las *células de Golgi* son pequeñas y se localizan en la capa granulosa cerca de su zona superior. Su árbol dendrítico se dispone en la zona molecular. El axón es corto y termina haciendo sinapsis en el glomérulo cerebeloso, con las fibras musgosas y terminaciones en garra de los granulocitos.

Las *células estrelladas* son neuronas alargadas transversalmente al eje mayor de la laminilla. Se localizan en la zona más superficial de la capa molecular. Los axones hacen sinapsis con las dendritas de Purkinje y envían colaterales al cuerpo de las células estrelladas vecina.

Las *células en cesta* están situadas en la zona profunda de la capa molecular. Sus dendritas se ramifican en la capa molecular. El axón transcurre transversalmente enviando colaterales que terminan en forma de cesto de mimbre alrededor del cuerpo de la célula de Purkinje.

Fibras nerviosas aferentes

Las fibras nerviosas que llegan a la corteza cerebelosa son las *musgosas* y las *trepadoras*, las cuáles traen información propioceptiva. Las fibras *musgosas* provienen de los haces espino cerebelosos, cuneocerebelosos, reticulocerebelosos, trigéminocerebelosos y tectocerebelosos, conduciendo generalmente información propioceptiva. Las fibras *musgosas* terminan en contacto con las dendritas en garra de los granulocitos y con las terminaciones axónicas de las células de Golgi, formando una estructura sináptica aproximadamente esférica y de gran complejidad estructural, denominada *glomérulo cerebeloso*. Los glomérulos cerebelosos se encuentran en la capa granulosa.

Las fibras *trepadoras* provienen como regla general de la oliva mediante los haces olivocerebelosos. Ellas terminan rodeando y ascendiendo por las ramas dendríticas lisas de las células de Purkinje, que se encuentran en la capa molecular, de ahí su nombre de trepadoras.

Fibras nerviosas eferentes

Las fibras nerviosas eferentes son los axones de las fibras de Purkinje, que atravesando la capa granulosa penetran en la sustancia blanca con destino a los núcleos centrales del cerebelo que en su mayor parte tienen como función la modulación de los movimientos posturales y volitivos.

Las fibras o axones procedentes de estas neuronas son de tres tipos:

De asociación, las que transcurren dentro de los límites de la propia corteza y están representadas por las células estrelladas, las células en cesta y las de Golgi, además las colaterales recurrentes de los axones de las células de Purkinje.

Capas de la corteza cerebelosa

En la composición de sus láminas o capas se describe la siguiente composición:

Capa I. La *capa molecular* es la más superficial y relativamente gruesa. En ella predominan las prolongaciones dendríticas y axónicas de las células de las capas inferiores, existiendo muy pocos cuerpos neuronales de pequeño tamaño, sobre todo de neuronas estrelladas y en cesta, así como escasas células gliales.

Las dendritas de las células de Purkinje, de las células estrelladas y de las neuronas denominadas *en cesta*, establecen sinápsis con los axones de los *gránulos*. Los axones

de las neuronas *en cesta* envuelven el soma de las neuronas de Purkinje estableciendo sinapsis axosomáticas. Las fibras *trepadoras* establecen sinapsis con las dendritas lisas de las células de Purkinje. En esta capa predominan los axones de los gránulos que al bifurcarse en T transcurren paralelamente al eje mayor de la lámina. También se encuentran presente los axones de las células en cesta y de las estrellas.

Capa II, La *capa de células de Purkinje* presenta los cuerpos de estas neuronas dispuestos en una hilera de una sola célula de grosor, separadas unas de otras. También se encuentran entre una neurona y la siguiente algunas células gliales. Las dendritas de las células de Purkinje se localizan en la capa molecular y los axones atraviesan la capa granulosa y se introducen en la sustancia blanca.

Capa III. La *capa granulosa* es atravesada por los axones de las células de Purkinje. En esta capa se encuentran el soma de neuronas muy pequeñas, denominados *gránulos del cerebelo*; son las células más pequeñas del organismo. Además podemos encontrar células de Golgi cuyo soma se localiza cerca de la capa de células de Purkinje y células gliales. Los glomérulos cerebelosos son estructuras esféricas producidas por las sinapsis entre las terminaciones dendríticas en garra de los gránulos, las terminaciones axónicas de las células de Golgi y las terminaciones axónicas de las fibras aferentes musgosas.

Sustancia blanca

Está constituida por una porción central en la parte media y profunda del órgano de la cual se proyectan expansiones periféricas que penetran en los lobulillos. La parte central se continúa con los pedúnculos cerebelosos.

En ella encontramos *fibras aferentes musgosas*, procedentes de distintas partes del sistema nervioso y *fibras aferentes trepadoras* procedentes de la oliva bulbar. Las *fibras eferentes* vienen de la corteza (axones de las células de Purkinje) y van hacia los núcleos centrales y *las fibras eferentes que parten de estos núcleos* salen del cerebelo por los pedúnculos.

Médula espinal

La médula espinal, en corte transversal, muestra una disposición inversa de la sustancia gris y blanca con respecto a lo observado en el cerebro. La sustancia blanca forma como un cilindro que presenta dos hendiduras (una anterior y otra posterior). La sustancia gris ocupa la porción central, en forma de H, y lateralmente posee dos astas anteriores y dos posteriores; en la zona central, la comisura gris se dispone transversalmente uniendo las astas anterior y posterior de un lado con las del otro, en el centro de la comisura gris se encuentra el conducto del epéndimo, revestido por el epitelio ependimario.

La *sustancia blanca* se dispone en cordones que rodean la sustancia gris central, cada uno de los cuales está constituido por fibras nerviosas mielínicas que se agrupan según su origen y destino. Las fibras se disponen en haces paralelos entre sí siguiendo el eje longitudinal de la médula.

En la *sustancia gris* se observan cuerpos neuronales con sus procesos; dendritas y axones, axones terminales procedentes de fibras de la sustancia blanca o de las raíces posteriores y de colaterales de los axones. También se encuentran células de neuroglia.

Meninges

Las meninges son tres capas de tejido conjuntivo, que envuelven al encéfalo y a la médula espinal. La más interna se aplica directamente a la superficie del encéfalo y de la médula, y se denomina *piamadre*; la media es la *aracnoides*, y la tercera, y más externa, es la *duramadre*.

Piamadre

Esta es una membrana delicada (pía, tierna), que se adhiere fuertemente al cerebro y a la médula espinal. Está formada por haces entrelazados de fibras colágenas y algunas fibras elásticas finas, se observan fibroblastos de aspecto aplanado y macrófagos, y abundan los vasos sanguíneos, que alcanzan la superficie del encéfalo y la médula espinal. El tejido conjuntivo laxo que forma esta capa se aplica a la superficie de los órganos del SNC y penetra con los vasos sanguíneos en ellos. En la superficie externa este tejido conjuntivo está revestido por mesotelio (epitelio simple plano) y se continúa con el núcleo de las trabéculas que interconectan la piamadre con la aracnoides.

Aracnoides

Está constituida por una membrana de tejido conjuntivo que se aplica a la duramadre y un sistema de trabéculas que unen esta membrana a la piamadre.

La red de trabéculas recuerda una tela de araña, de ahí su nombre de aracnoides. La piamadre y la aracnoides, por estar unidas, se describen a veces como una estructura única; la *piaracnoides*. Tanto la membrana sostenida por las trabéculas, como las propias trabéculas están compuestas por fibras colágenas y elásticas revestidas por un mesotelio. Las células presentes en esta capa, ubicadas en sus superficies externa e interna, son fibroblastos modificados con largas prolongaciones que se unen entre sí mediante desmosomas.

El espacio que queda entre el techo membranoso de la aracnoides y la piamadre está lleno de líquido cefalorraquídeo y se denomina *espacio subaracnoideo*. El espacio virtual entre la aracnoides y la duramadre se denomina *espacio subdural*, y está revestido por mesotelio y contiene una fina capa de líquido.

Espacio subaracnoideo

El suelo de este espacio lo constituye la superficie externa de la piamadre, el techo la superficie interna de la aracnoides y contiene el sistema de trabéculas que une ambas membranas. Presenta un revestimiento mesotelial y mantiene comunicación con los ventrículos donde se produce el líquido cefalorraquídeo.

En algunos sitios de la superficie encefálica, en donde se producen marcadas invaginaciones o surcos, la piamadre que se encuentra unida a esta superficie, se separa de la aracnoides, que se mantiene unida a la duramadre. Estas separaciones en ocasiones se hacen lo suficientemente extensas como para contener cantidades apreciables de líquido cefalorraquídeo, denominándose cisternas, como en el caso de la cisterna magna o cerebelosa inferior. Estos lugares presentan importancia clínica pues son lugares para la obtención de líquido cefalorraquídeo que pueden ser utilizados como vía alternativa del proceder más frecuente, la punción lumbar (PL).

Se encuentran vasos sanguíneos en el espacio subaracnoideo, por lo que hemorragias ocurridas en los mismos pueden filtrar sangre al líquido cefalorraquídeo siendo detectado en la punción lumbar.

Suelen observarse en esta capa las llamadas *vellosidades aracnoideas*, que son proyecciones en forma de yemas de la aracnoides, que relacionan el espacio subaracnoideo con el seno longitudinal superior y la duramadre, cuya función es

absorber de forma continua el líquido cefalorraquídeo para evitar el aumento de la presión intracraneal, lo que es posible por el fino epitelio simple plano (endotelio) que reviste el seno venoso y el mesotelio del espacio subaracnoideo.

Duramadre

Es la capa más externa formada principalmente por tejido conjuntivo denso. La disposición y características de la duramadre presenta diferencias entre la que reviste la cavidad craneana y la de la médula espinal.

En la cavidad craneana la duramadre presenta una capa vascularizada y en contacto con la superficie ósea interna del cráneo. Esta capa se corresponde con el periostio de la tabla interna. Íntimamente adherida a la capa vascular se encuentra la duramadre fibrosa o duramadre propiamente dicha. En ciertos lugares se separan ambas capas formando espacios que cortados transversalmente presentan un contorno triangular, los llamados *senos venosos de la duramadre*, que se encuentran revestidos por endotelio al igual que los demás vasos sanguíneos. También se producen *expansiones laminares de la duramadre fibrosa*; la de la región central de la cavidad craneana se introduce entre los dos hemisferios cerebrales, es la hoz del cerebro y una expansión transversal que separa el cerebro del cerebelo, la tienda del cerebelo, en otros lugares se pueden producir estas expansiones como en el caso de la tienda de la hipófisis. En la base de estas expansiones o relacionadas con ellas es donde se encuentran los senos venosos.

En el conducto raquídeo la capa fibrosa de la duramadre se separa del periostio formándose un *espacio epidural* lleno de tejido conjuntivo laxo, grasa y venas. En el cráneo no hay espacio epidural porque en este sitio la duramadre está fusionada con el periostio interno de los huesos craneales. Aunque en la cavidad craneana no existe espacio epidural, la unión entre las dos capas de la duramadre craneana es más laxa en la región temporal, de ahí la frecuencia de la producción de hematomas epidurales en los traumatismos o golpes que se localizan en esta zona.

Plexos coroideos

Otra estructura encefálica de interés médico son los plexos coroideos, formadores de líquido cefalorraquídeo (LCR).

El LCR brinda protección al SNC y está ubicado en los espacios subaracnoideos, en los ventrículos cerebrales.

La mayor parte del líquido cefalorraquídeo se produce en los plexos coroideos, que son pequeñas estructuras ricas en capilares que se proyectan en las luces de algunos ventrículos. Estos plexos están especializados en producir líquido tisular, y su estructura es bastante simple. Se asemejan a una arborización, donde cada hoja está provista de una arteria o arteriola que proporciona un plexo capilar. Los capilares se encuentran en un núcleo de tejido conjuntivo laxo que causa elevaciones en el epitelio que reciben el nombre de *vellosidades*. El epitelio de las vellosidades es cúbico simple y a través de él pasa el líquido tisular antes de entrar en la cavidad ventricular.

SISTEMA NERVIOSO PERIFERICO

En cuanto al Sistema Nervioso Periférico, ya hemos descrito en el Capítulo 8, correspondiente a Tejido Nervioso, los contenidos relativos a los nervios periféricos y a las terminaciones nerviosas, aquí describimos los elementos histológicos relativos a los ganglios.

Ganglios. Se denomina *ganglio* a la agrupación de cuerpos neuro-nales situados

fuera del SNC, los cuales se consideran de dos tipos principales; craneoespinales y autónomos.

Ganglios craneoespinales Son dilataciones globulares situadas en las raíces posteriores de los nervios raquídeos y algunos pares craneales. Cada ganglio está rodeado por una cápsula de tejido conjuntivo, que se continúa con el perineuro de la raíz raquídea. En una hemisección del ganglio se observa que los cuerpos neuronales se agrupan hacia la periferia y rodeando a un haz de fibras mielínicas central.

Las neuronas de los ganglios espinales son de gran tamaño hasta 100 μm o más, redondeadas, esféricas, presentan un solo proceso que se bifurca cerca del cuerpo neuronal (pseudomonopolares). Al M/O presentan un núcleo esférico, voluminoso, vesiculoso, con nucléolo prominente, y localizado en el centro de la célula. El citoplasma es abundante y en él se observan neurofibrillas, gránulos de lipofucsina que en ocasiones se sitúan en un lado de la célula, estos gránulos aumentan con la edad. La sustancia Nissl está presente en forma de pequeños gránulos y el Aparato de Golgi es perinuclear y muy desarrollado. Las mitocondrias son abundantes. Al M/E se observa abundante RER y demás organitos mencionados al M/O.

Los cuerpos neuronales se encuentran rodeados por células aplanadas, pequeñas, que le forman una cubierta a modo de cápsula, son las glías llamadas células capsulares, células satélites o anficitos. Esta cubierta se continúa con la vaina de Schwann. Por fuera de la cubierta celular se encuentra una membrana basal y una delicada cápsula de tejido conjuntivo que se continúa con el endoneuro.

La prolongación única de cada célula ganglionar se extiende, desde su cuerpo celular, hasta alcanzar el haz principal de fibras en la raíz dorsal de la médula, y al hacerlo la prolongación se divide en dos ramas; una pasa al nervio raquídeo, el cual la conduce hasta una terminación receptora, y la otra pasa hacia dentro, siguiendo la raíz dorsal para alcanzar la columna posterior de sustancia gris, en el mismo lado de la médula. Estructuralmente, ambas prolongaciones tienen aspecto de axones mielínicos.

Ganglios vegetativos Tienen similitud con los ganglios cerebroespinales, aunque en estos, las neuronas son multipolares, con contornos más irregulares que los de las células de los ganglios craneoespinales. Son de menor volumen y, además, no todos los ganglios poseen cápsula de tejido conjuntivo.

Los ganglios autónomos o vegetativos son de tamaño variable, los hay muy pequeños, como los intramurales de las vísceras huecas, que pueden presentar hasta una sola neurona. Estos ganglios intramurales no presentan una cápsula bien definida. En los ganglios mayores, como los de la cadena simpática, se presenta una cápsula de tejido conjuntivo bien definida y un mayor número de neuronas.

Otra característica diferencial de estos ganglios con respecto a los craneoespinales es que las fibras nerviosas son amielínicas y se distribuyen en las tres direcciones espaciales y a todo lo ancho y largo del ganglio entremezcladas con los somas de las neuronas. Los cuerpos neuronales son estrellados, característicos de las células multipolares y más pequeños que las de las neuronas de los ganglios craneoespinales. El núcleo es excéntrico, y presenta las características típicas de los neuronales, voluminoso, esférico, vesiculoso y con un nucléolo prominente. En el citoplasma se presentan los organitos típicos de las neuronas, con la diferencia que los gránulos de lipofucsina que no son evidentes como en las neuronas de los ganglios sensitivos. Aunque las células capsulares envuelven a las neuronas, estas no forman una cápsula celular tan manifiestas como en los ganglios sensitivos, ya que la forma estrellada de

las neuronas no permite la formación de una cápsula celular bien definida al M/O.

SISTEMA NERVIOSO VEGETATIVO (SNV)

El control de los músculos cardíaco y liso no se encuentra bajo la influencia directa de la conciencia; estas actividades están regidas por fenómenos reflejos. Algunos de los impulsos aferentes que intervienen en estos reflejos llegan a la conciencia pero otros no, por lo cual se plantea que estos reflejos son autónomos.

Así, las neuronas eferentes que inervan el corazón, la fibra muscular lisa y las glándulas, constituyen el SNV o autónomo, el cual consta de dos vías fundamentales; *simpática* y *parasimpática*, que producen efectos contrarios en los órganos que inervan. Las dos secciones tienen su origen en el SNC, pero a niveles diferentes. En cada uno de ellos se necesitan siempre dos neuronas eferentes para unir el sistema nervioso central con cada glándula o cada músculo inervado. La primera neurona se encuentra en el SNC, y el cuerpo de la segunda en un ganglio del sistema vegetativo.

Sección simpática

A nivel de la médula torácica y en la parte alta de la lumbar se halla una columna lateral de sustancia gris, además de las astas anterior y posterior. Esta columna posee neuronas pequeñas con núcleos periféricos y proyectan axones delgados, con poca mielina, que abandonan la médula a partir del asta anterior, para llegar a los nervios raquídeos. Los ganglios paravertebrales forman cadenas a cada lado de la columna vertebral y constituyen troncos simpáticos.

Los axones de las neuronas situadas en la columna lateral medular terminan en los ganglios paravertebrales o en los prevertebrales, y en consecuencia reciben fibras preganglionares. Del ganglio simpático salen fibras postganglionares, en un número mayor que las que entran en él; por tanto, dentro del ganglio cada fibra preganglionar efectúa sinapsis con varias neuronas, por lo cual los ganglios son amplificadores de la señal que llega a ellos.

Sección parasimpática

Las fibras nerviosas de esta sección terminan en glándulas y músculos inervados por la acción simpática. La acción parasimpática se origina en las dos porciones extremas del sistema nervioso. Los cuerpos neurales que dan origen a un grupo de sus fibras preganglionares se hallan situados en núcleos de sustancia gris del bulbo y del cerebro medio, y salen del SNC con los pares craneales III, VII, IX y X. Las neuronas del resto de las fibras preganglionares se hallan en la parte lateral de la médula sacra y salen del SNC con los nervios sacros segundo, tercero y cuarto, posteriormente los abandonan y constituyen las ramas viscerales de dichos nervios.

Las fibras preganglionares parasimpáticas son largas y llegan hasta el músculo o glándula que van a inervar.

Las *terminaciones nerviosas del sistema autónomo* no se aprecian con las coloraciones corrientes, en esencia, son terminaciones similares a las de una neurona presináptica a nivel de una sinapsis, y la estimulación de un músculo o una célula glandular se efectúa por el impulso nervioso que produce la liberación del contenido de las vesículas, que a su vez induce una respuesta visceral. Se necesitan técnicas especiales al M/O para detectar estas terminaciones, tales como impregnación con plata y la tinción vital con azul de metileno. Al M/E las terminaciones nerviosas en las células lisas son semejantes a las placas motrices terminales en las fibras de músculo estriado.

TERMINACIONES NERVIOSAS ESPECIALES.ORGANOS DE LOS SENTIDOS.

Los órganos de la sensibilidad general están ampliamente distribuidos en el organismo

y aparecen explicados en el Capítulo 8. Por lo cual en este Capítulo aparecerán expuestas las características generales asociadas a la mayoría de los órganos de los sentidos como son las del gusto y del olfato y estructura histológica del órgano de la audición y el equi-librio, el *oído*, y del órgano de la visión, la *retina*.

Estructura general de los receptores especiales

Los receptores especiales presentan rasgos en común que se pueden generalizar aspectos siguientes:

1. *Elemento de la superficie*. Es la sustancia o estructura que se encuentra en la superficie del receptor y que varia de acuerdo a las características de la célula que recibe el estímulo. En los corpúsculos gustativos y la mucosa olfatoria el elemento de la superficie es la sustancia producida por las glándulas presentes en la cavidad bucal y las específicas del epitelio olfatorio en la nasal.

En estos tipos de receptores las sustancias que producen el estímulo se encuentran disueltas en este elemento de la superficie. En el caso de los receptores del oído interno el elemento de la superficie se presenta como una sustancia gelatinosa que se adhiere a las microvellosidades apicales de las células receptoras, produciendo el estímulo por el desplazamiento de esta sustancia con relación al epitelio del receptor.

En la retina del ojo se puede considerar al epitelio pigmentario como el elemento de la superficie, ya que su función es reducir la luminosidad parásita que pudiera dificultar la agudeza visual.

2. *Células sustentaculares*. Son las células que tienen la función de sostener a las células receptoras. Por regla general son *células cilíndricas*, aunque pueden existir especializaciones en su estructura y función. Entre ellas tenemos las células de los pilares y falángicas del órgano de Corti con haces paralelos de filamentos intermedios, o las *células basales* del epitelio olfatorio a las que se les atribuye la función de célula madres al igual que en las de la mucosa olfatoria.

3. El tercer elemento son las *células receptoras*. Estas células son consideradas neuronas o células epiteliales especializadas de acuerdo al criterio de los diversos autores. Al margen de estas consideraciones estas células receptoras se clasifican en:

a) *Receptores de tipo I*. Cuando la célula encargada de la recepción del estímulo presenta un axón en su otro ex-tremo. Este es el caso del receptor de la mucosa olfatoria, considerándose en este caso como una neurona especializada, ya que presenta axón.

b) *Receptores de tipo II*. Son las células receptoras presentes en todos los demás receptores. En este caso estas células no presentan axones, sino que en su extremo distal o basal establecen sinápsis con dendritas o axones de neuronas ganglionares. En este caso no se consideran como una verdadera neurona, ya que no presentan axón.

El oído

El oído es un órgano parasensorial, localizado a ambos lados de la

cabeza y que realiza funciones tales como la audición y el control del equilibrio; también actúa como caja de resonancia para la fonación.

Esta dividido en tres partes; oído externo, oído medio y oído interno.

Oído externo

Está constituido por el pabellón de la oreja y el conducto auditivo externo.

El *pabellón de la oreja* consta de cartílago elástico revestido por piel, la cual contiene glándulas sebáceas y folículos pilosos; el *conducto auditivo externo* posee una porción cartilaginosa externa que se continua con el cartílago auricular, y una porción ósea interna, cuyas paredes derivan del hueso temporal.

La porción cartilaginosa o más externa está revestida por piel, en la que existen glándulas productoras de cerumen. Estas glándulas son túbuloalveolares y poseen conductos excretores, revestidos por epitelio estratificado. Los pelos y las glándulas sólo se encuentran en el techo de la porción interna del conducto auditivo externo.

El oído externo tiene la función de proyectar las ondas sonoras contra la membrana timpánica.

Oído medio

Incluye el tímpano, la cavidad timpánica y la cadena de huesecillos, y comunica con la nasofaringe mediante la trompa de Eustaquio.

La *cavidad timpánica* es una cavidad de forma irregular situada en la porción petrosa del hueso temporal. Se continúa con la trompa de Eustaquio y dorsalmente lo hace con las células mastoides del hueso temporal. Las paredes laterales son dos. La *externa* es una pared ósea que contacta con el oído interno.

La *membrana timpánica* presenta cuatro capas; cutánea, radiada, circular y mucosa.

La capa cutánea es una piel delgada que se continúa con la del conducto auditivo externo.

Las capas radiadas y circulares consisten en haces compactos de tejido conjuntivo fibroelástico, dispuesto simillarmente al de los tendones. Las fibras de la capa radial siguen al pericondrio del cartílago hialino que cubre el manubrio del martillo.

Periféricamente las fibras forman un anillo cartilaginoso que se une al hueso circundante. La capa mucosa tiene tejido conjuntivo cubierto por epitelio simple plano; en los niños este epitelio puede ser cúbico ciliado, como el del resto de la cavidad timpánica. Esta cavidad aloja una cadena de tres huesecillos; martillo, yunque y estribo los cuales están articulados entre sí, y se relacionan con el tímpano por un lado y con el oído interno por el otro.

La *trompa de Eustaquio* es un conducto que conecta la parte anterior de la cavidad timpánica con la nasofaringe. Este conducto ventila la cavidad timpánica y permite que se equilibren las presiones existentes en el oído medio y la garganta precisamente, la abertura de la trompa de Eustaquio permite, en la deglución, equilibrar dichas presiones.

Oído interno

El oído interno se localiza en la parte petrosa del hueso temporal y está formado por los laberintos óseo y membranoso. El *laberinto* óseo es un hueso compacto que constituye una especie de molde, que está lleno de un líquido llamado perilinfa.

Los laberintos óseo y membranoso contienen dos componentes; el laberinto vestibular, encargado del equilibrio (canales semicirculares, utrículo (y sáculo) y la coclea o caracol, que contiene el órgano de la audición (de Corti). El laberinto membranoso está lleno de un líquido que se denomina endolinfa.

El laberinto vestibular posee tres canales semicirculares que se continúan con el utrículo.

Utrículo, sáculo y canales semicirculares. El *utrículo* es un saco elíptico situado en la parte posterosuperior del vestíbulo óseo que comunica con los canales semicirculares membranosos. Del utrículo parte el conducto endolinfático.

Los canales semicirculares se sitúan en ángulo recto, unos respecto a los otros en las tres dimensiones del espacio, y poseen unas dilataciones o ampollas.

Las regiones sensoriales neuroepiteliales de los conductos semicirculares, forman las crestas ampulares. En el utrículo y el sáculo aparecen también áreas sensitivas neuroepiteliales denominadas *máculas*.

Cresta ampular

Cada canal semicircular está provisto de un órgano sensorial que responde a la aceleración angular en el plano del canal. El órgano sensorial denominado *cresta ampular*, es una banda de tejido conjuntivo que se proyecta en la ampolla del canal y está cubierta por neuroepitelio compuesto por células sensoriales ciliadas tipo I y II, y células de soporte. Cada célula ciliada posee un haz de cilios sensoriales que se proyectan hacia la luz y se unen a una sustancia gelatinosa denominada *cúpula*, que llega hasta el techo de la ampolla.

La cúpula, al movimiento de la endolinfa, excita las células sensoriales mediante el desplazamiento de sus cilios sensoriales. En el epitelio receptor se distinguen dos tipos de células sensoriales. La tipo I que poseen un cuello estrecho y cuerpo celular redondeada donde se encuentra el núcleo oval. La parte basal redondeada de la célula se encuentra encerrada en una terminal nerviosa aferente similar a un cáliz o copa. Las células tipo II son cilíndricas y están inervadas por su base con terminales de fibras aferentes y eferentes, donde se observa un tipo atípico de sinápsis en listón o banda.

Ambos tipos celulares poseen alrededor de 80 estereocilios (microvellosidades de gran longitud) en su superficie apical que pueden llegar a alcanzar 100 μ m de longitud en un punto de la superficie celular y decrecen a partir del mismo, en el lugar central o de máxima longitud de los estereocilios se encuentra un cilio con su aparato microtubular característico, de mayor longitud que las

microvellosidades e inmóvil. Las células de soporte son cilíndricas y se encuentran entre las sensoriales, poseen núcleos basales y un citoplasma apical repleto de gránulos secretorios, cuyo producto de secreción forma la matriz de la cúpula.

El epitelio sensorial de la mácula del utrículo y del sáculo tiene la misma estructura que el de las crestas. Pero a diferencia la superficie de estas presentan una cubierta gelatinosa, la *membrana otolítica*, en la cual penetran los haces de microvellosidades, que son de menor longitud que en las crestas ampulares. En la superficie libre de dicha membrana se disponen unos cristales de carbonato de calcio denominados otolitos. Como los otolitos son más densos que la endolinfa, las fuerzas gravitatorias causan un movimiento de la membrana otolítica relativo al epitelio sensorial y, por lo tanto, excita o inhibe las células sensoriales. La aceleración lineal y los cambios de posición de la cabeza son los estímulos adecuados al respecto.

El caracol óseo proporciona una cubierta protectora rígida al conducto membranoso o conducto coclear que posee el órgano de la audición. El canal del caracol óseo da 2.5 vueltas alrededor de su eje, que es un pilar de hueso esponjoso llamado *modiolo*. La base del modiolo constituye la pared anterior del meato acústico interno. El nervio coclear y los vasos sanguíneos entran al caracol mediante la base del modiolo. El canal óseo está dividido parcialmente por una *proyección ósea* del modiolo, denominada *lámina espiral ósea*, que se extiende desde el modiolo hacia la luz del canal coclear, en todo su trayecto. La membrana basilar es una estructura fibrosa que une la lámina espiral con el ligamento espiral, engrosamiento del periostio de la pared externa ósea del canal coclear. La membrana vestibular es otra membrana delgada que cruza oblicuamente el canal coclear desde la lámina espiral hasta la pared externa de la cóclea.

Ambas membranas, vestibular (Reissner) y basilar, dividen el canal coclear en tres compartimientos, una porción superior (*rampa vestibular*) el (*conducto coclear*) y otra inferior (*rampa timpánica*). La *rampa media* está delimitada por arriba con la rampa vestibular por la membrana vestibular de Reissner, y por debajo con la rampa timpánica, mediante la membrana basilar.

El canal coclear membranoso está lleno de endolinfa y termina como un saco ciego en el vértice del caracol. En este mismo lugar las rampas timpánica y vestibular se comunican por un canal u orificio que se denomina el *helicotrema*. A través del helicotrema se pueden equilibrar las condiciones de la perilinfa entre las dos rampas que se comunican.

En la rampa o canal coclear, sobre la membrana basilar, está el órgano de Corti, el cual está constituido por células sensoriales y células de soporte; estas últimas denominadas *células de Deiters*, interna y externa; células del pilar interna y externa, y células de la vertiente interna y externa. El órgano de Corti se conserva uniforme

a lo largo de todo el conducto coclear, desde la ventana redonda hasta el helicotrema. Es avascular. La mayor parte descansa sobre la membrana basilar, otra sobre la ram-pa timpánica. Entre ambas partes hay un túnel delimitado por dos hileras de células de soporte. Las células pilares internas y externas descansan sobre la membrana ba-silar.

Las células sensoriales se dividen en dos grupos; las internas, una fila de célula cercanas a las células pilares internas; y las sensoriales externas, que forman tres o cua-tro filas externas a las células pilares externas. Las célu-las sensoriales externas son cilíndricas y con el polo re-dondeado, y en la superficie apical de cada una hay un haz de aproximadamente 100 estereocilios que se proyectan en forma de W o V en una vista superficial.

En la base están inervadas por fibras aferentes y efe-rentes. Las células sensoriales internas están alineadas y son similares a las células de tipo I de las máculas y ampo-llas; tienen forma de cáliz con núcleos situados hacia la base, y en la superficie apical presentan de 50 a 60 cilios, que se disponen en hileras paralelas y de menor a mayor, pe-ro carecen de cinocilios.

Los cilios de las células sensoriales se encuentran en contacto con la membrana tectoria, la cual está constituida por un material proteico fibrilar, parecido a la queratina.

Los sonidos recibidos por el oído externo y trasmitidos a través de la membrana oval hacia la perilinfa de la rampa timpánica hacen vibrar la membrana basilar. Esta vibración predomina en una porción determinada del órgano de Corti según la frecuencia del sonido.

Dicha vibración, es también transferible a las células ciliadas por interacción de sus cilios con la membrana tectoria. Los impulsos así creados salen por las ramas aferentes del nervio acústico, a través de la membrana basilar hacia la *lámina espiral ósea* (hasta sus cuerpos neuronales en el ganglio espiral albergado en el modiolo).

Las células bipolares del ganglio dirigen sus prolonga-ciones centrales o axones para terminar sinápticamente en los núcleos cocleares del tallo cerebral.

El ojo

El ojo es una esfera de 2.5 cm. de diámetro, que se ubi-ca en las depresiones óseas orbitales y que contienen tejido adiposo, músculos extraoculares y fibras nerviosas .

Desde el punto de vista estructural, ha sido comparado con una cámara fotográfica, y su función principal es la fo-torrecepción, la cual se efectúa mediante una estructura es-pecial que reviste la mitad posterior del globo ocular, de-nominada *retina*.

Para su estudio, el ojo y sus anexos pueden dividirse en:

1. Tejidos protectores (párpados, conjuntiva y córnea). A estos se añaden las glándulas lagrimales y sebáceas, y el tejido adiposo orbital que sirve como amortiguador.
2. Tejidos que dan forma y rigidez al ojo. La cubierta cor-

neoesclerótica, la cual junto a la presión intraocular mantiene el tamaño y la forma ocular relativamente constantes.

3. Tejidos nutricionales y excluyentes de la luz. Esta capa se encuentra por dentro de la esclerótica, se denomina úvea y consta de la coroides, el cuerpo ciliar y el iris. La úvea está fuertemente pigmentada y vascularizada.

4. Tejidos fotorreceptores y neurales. Se localizan en la retina, que reviste la parte interna del ojo y está conectada al cerebro por medio del nervio óptico.

5. Tejidos ópticos o refráctiles. Están constituidos por la superficie anterior lisa de la córnea, el cristalino y los medios claros; humores acuosos y vítreo.

Párpados

Se presentan en número de dos; superior e inferior, y están constituidos por el músculo orbicular; por fuera están cubiertos por la piel. La dermis superficial contiene vasos linfáticos, y glándulas sudoríparas y sebáceas.

El estroma profundo contiene una placa de tejido con-juntivo compuesto por glándulas sebáceas que abren en los márgenes de los párpados, y se denomina placa tarsal (dan solidez al párpado). Las glándulas sebáceas que allí se encuentran se denomina *glándulas de Meibomio*; los orificios de sus conductos excretores se abren un poco por detrás de las pestañas.

En el extremo interno (medial) se localizan los orificios y canales que conducen las lágrimas al saco lagrimal y a la nariz. La cara posterior de los párpados está cubierta por una membrana mucosa llamada *conjuntiva palpebral*.

Conjuntiva

Esta es la membrana que cubre al ojo (conjuntiva bulbar) y a la cara posterior de los párpados (conjuntiva palpebral).

En la *conjuntiva bulbar* el epitelio posee de cuatro a cinco células de grosor, pero puede llegar hasta 10 células en la unión con la córnea; la zona de transición se denomina *limbo*. Este epitelio posee células formadoras de mucus y células caliciformes. Las células epiteliales son poligonales y presentan pocos desmosomas. La *conjuntiva palpebral* tiene un epitelio con dos o tres células de grosor, y posee una cantidad variable de tejido linfoide.

Córnea

Al M/O posee una apariencia bastante uniforme, y su grosor está formado por 5 capas: de delante hacia atrás son; epitelio, membrana de Bowman, estroma, membrana de Descemet y endotelio.

Epitelio. Presenta la superficie lisa y es de tipo estratificado plano. Las células cilíndricas de la capa basal "descansan" sobre una membrana basal gruesa, que se tiñe con la técnica de PAS. Al M/E se observa que el epitelio consta de células densamente agrupadas,

con citoplasma fi-brilar y pocos organitos; las mitocondrias son pequeñas y están muy diseminadas, las células contienen abundante glucógeno, y las capas superficiales son nuclea-das, y pre-sentan repliegues en su superficie.

Membrana de Bowman. Es una capa acelular de 30 •m de grosor, compuesta por fibras colágenas en disposición desor-denada.

Estroma. Posee láminas de fibras colágenas paralelas a la y que incluye células planas; no posee vasos sanguíneos ni linfáticos. El estroma se tiñe metacromáticamente con azul de toluidina, debido a la presencia del sulfato de con-droitina y queratosulfato que coadyuvan con las propiedades de transparencia.

Membrana de Descemet. Mide 10 •m de grosor y está si-tuada detrás del estroma. Se tiñe ligeramente con la eosina y fuertemente con el PAS; por su parte posterior la membrana se une al endotelio.

Endotelio. Está formado por una sola capa de células delgadas y aplanadas. Al M/E está compuesto por células que se superponen mediante marcadas interdigitaciones y escasos desmosomas; sin embargo, poseen uniones estrechas en sus bordes apicales. Su citoplasma tiene abundantes mitocon-drias, vesículas y Aparato de Golgi.

Limbo Es la zona limitante entre la córnea y la esclerótica, y está formada por las terminaciones periféricas de las mem-branas de Bowman y Descemet. Contiene además los sitios de transición del epitelio conjuntival en corneal.

Malla trabecular y canal de Schlemm En la periferia de la membrana de Descemet se encuentra la *malla trabecular* donde se drena el humor acuoso. La malla encierra espacios denominados *espacios de Fontana*, que se comunican con la cámara anterior. En las partes anterior y lateral de la malla trabecular hay uno o más canales endoteliales que cursan circunferencial-mente la córnea y se denomina *canal de Schlemm*. Este canal colecta el humor acuoso que se filtra en los es-pacios de Fontana.

Al M/E la malla trabecular consta de fibras colágenas encerradas en una sustancia de cemento y recubiertas por células endoteliales.

Cámaras anterior y posterior

La *cámara anterior* es el área limitada por delante por la córnea, y por detrás por el iris y el cristalino. Contie-ne humor acuoso, líquido que está formado por la mayoría de los componentes solubles de la sangre, a excepción de las proteínas que aquí son escasas.

La cámara está revestida por las células endoteliales de la córnea y la malla trabecular, pero no hay células es-pecíficas en la cara anterior del iris.

La cámara posterior tiene por delante al iris, al cris-talino y las zónulas por detrás, y lateralmente a los cuer-pos ciliares.

Esclerótica

Es la porción de la túnica externa del ojo que se ex-tiende posteriormente. Mide 0.5 mm de grosor y consta prin-cipalmente de tejido conjuntivo fibroso; también posee teji-do elástico y vasos

sanguíneos. En la zona de salida del nervio óptico la esclerótica se convierte en una lámina fenestrada, la *lámina cribosa*.

Uvea. Es la capa pigmentada y predominantemente vascular del ojo. Está formada por el iris, el cuerpo ciliar y las coroides. El *iris*, es la porción más anterior de la úvea y se extiende desde el ángulo de la cámara anterior al margen pupilar. Consiste en un estroma esponjoso y una capa epitelial pigmentada.

Contiene además un esfínter muscular próximo al margen pupilar y un músculo dilatador situado delante del epitelio pigmentado. Las células pigmentadas son de dos tipos:

1. Melanóforos, que poseen melanina y prolongaciones.
2. Células fagocíticas cargadas de pigmento.

El epitelio de pigmento de la superficie posterior del iris es una doble capa de células, que se une a la cápsula del cristalino, y que siempre contiene pigmentos, mientras que las células de pigmento que están en la porción anterior no existen en las personas blancas de ojos claros.

Por su parte, el *cuerpo ciliar* se extiende desde la raíz del iris (anterior al comienzo de la retina) hasta la *ora serrata* (posterior). El cuerpo ciliar presenta numerosos pliegues altamente vascularizados. El *músculo ciliar* es una masa de músculo liso que ocupa el cuerpo ciliar, y que controla el enfoque del cristalino. Estos músculos están inervados por el sistema simpático y reciben irrigación de una arteria circular.

El revestimiento interno del cuerpo ciliar comprende dos capas de células cuboidales. La capa interna con membrana basal no posee pigmento y la externa sí.

Coroides. Situada detrás de la esclerótica, comprende una capa vascularizada y otra pigmentada llamada *membrana de Bruch* y una capa epitelial (célula cúbica) pigmentada; también contiene venas y capilares. El estroma posee melanóforos y, en menor número, mastocitos y células ganglionares aisladas.

En la parte interna de la membrana epitelial hay un espacio denominado *espacio subretinal* que contiene un líquido rico en mucopolisacáridos. La superficie de las células epiteliales tiene pliegues que se interdigitan con los bastones y conos; las células epiteliales contienen REL y Aparato de Golgi desarrollado, RER en la zona apical y mitocondrias basales. Las células contienen altas concentraciones de melanina en forma de gránulos redondos u ovals, mucho mayores que los de los melanocitos. También presentan lisosomas y cuerpos de mielina que corresponden a las puntas del segmento exterior de los fotorreceptores que han sido fagocitados y se denominan *fagosomas lamelares*. Las células epiteliales de pigmento tienen una función secretoria.

Cristalino

Es una estructura transparente situada detrás del iris y en frente del cuerpo vítreo, y se mantiene en su lugar fijado por fibras (fibras zonulares).

La superficie externa del cristalino está limitada por la cápsula hialina, semejante a la membrana de Descemet en cuanto a propiedades químicas y tintóreas. Esta cápsula es impermeable, lo cual la hace del ojo un órgano aislado. El cristalino tiene su propio metabolismo durante toda la vida y aísla proteínas antigénicas extrañas al resto del cuerpo.

Su transparencia se debe al material proteínico que posee. Con la edad la transparencia se pierde y se dificulta la visión; en este caso se ha formado una catarata.

Debajo de la cápsula anterior hay una capa de células cuboidales que contienen sustancia granular fina, proteínas y escasos organitos. La membrana celular apical forma complejos de unión con las células de las fibras del cristalino.

La sustancia del cristalino presenta fibras ordenadas concéntricamente en varios grados de condensación; hacia el centro del cristalino las fibras son más homogéneas y se distinguen menos como fibras. Estas fibras se tiñen bien con la eosina y al M/E de barrido las fibras varían de forma, de acuerdo con su posición.

Cuerpo vítreo

En toda esta zona existen numerosos vasos (hialoideos) que posteriormente desaparecen. El tejido conjuntivo que acompaña a los vasos persiste, constituyendo el denominado *cuerpo vítreo primario*.

El cuerpo vítreo contiene escasos filamentos, polisacáridos hidrófilos que se tiñen con PAS y algunas células que, al parecer, están relacionadas con la formación y regeneración del cuerpo vítreo. Estas células poseen actividad fagocítica.

Al M/E las fibrillas del cuerpo vítreo presentan periodicidad de 12 nm y son de naturaleza colágena.

Retina

Es una membrana que no mide más de 0.5 mm de grosor, que al recibir un estímulo, lo convierte en un impulso nervioso y los trasmite al nervio óptico y al cerebro. Está íntimamente relacionada con la discriminación de imágenes y la percepción del color.

La superficie interna de la retina está cubierta con una membrana basal y la externa contiene a los fotorreceptores. Así, la luz atraviesa todo su grosor antes de llegar a los receptores sensoriales. Clásicamente, al M/O se describen en la retina, 10 capas sucesivas que, del exterior al interior del globo ocular, son:

1. Epitelio pigmentado.
 - 1ra. *Neurona*
2. Capa de conos y bastones (receptores visuales).
3. Membrana limitante externa.
4. Capa nuclear externa

2da Neurona

5. Capa plexiforme externa.
6. Capa nuclear interna.
7. capa plexiforme interna

3ra neurona

8. Capa de células ganglionares.
9. Capa de fibras nerviosas.
10. Membrana limitante interna.

Epitelio pigmentado. Constituye la capa más externa de la retina. Está formado por una sola capa de células cúbicas que "reposan" sobre una membrana basal que se encuentra en contacto con la coroides. Esta capa se caracteriza por la presencia de granos de melanina en el citoplasma de las células epiteliales y largas microvellosidades entre las que se introducen los extremos externos de los conos y bastones. Funcionalmente este epitelio actúa absorbiendo la luz y evitando su reflexión; está relacionado también con la nutrición de los receptores a partir de los vasos presentes en la coroides.

Capa de conos y bastones. Los fotorreceptores están situados en la superficie externa de la retina, a continuación de la capa pigmentaria. Estos conos y bastones poseen un segmento externo que contiene rodopsina (sustancia fotorreceptora) en los bastones e iodopsina en los conos.

El segmento externo de los bastones es delgado y de diámetro constante, mientras que el de los conos posee una base ancha que se estrecha en un vértice delgado en contacto con el epitelio pigmentario.

El segmento externo de ambos fotorreceptores posee sacos membranosos aplanados en sentido transversal y en forma de discos de 1 μ m de diámetro. Cada uno de ellos presenta sus paredes membranosas estrechamente adosadas entre sí y contienen en su interior los pigmentos visuales (rodopsina, iodopsina, etc.).

En el segmento interno, por dentro de la membrana limitante externa, se destacan dos porciones: la *externa*, que se denomina *elipsoide* y contiene abundantes mitocondrias y microtúbulos; y una *interna o mioide*, donde predominan el Aparato de Golgi, ribosomas libres y el RER.

El segmento interno está unido al externo mediante un estrechamiento que presenta una estructura tubular y que se denomina pedículo que tiene al M/E la estructura microtubular de un cilio (falta el par central) y que en su base aparece un centríolo o cuerpo basal.

A partir del final del segmento interno el cuerpo celular se estrecha, volviéndose a dilatar en la región del cuerpo que contiene el núcleo. El núcleo de los bastones es más pequeño y denso que el de los conos, encontrándose en una mayor proporción por ser los conos menos numerosos. En la fovea central solamente se encuentran

conos y es por eso el lugar de máxima agudeza visual.

Capa plexiforme externa. Los núcleos de las células fotorreceptoras están situados en la capa nuclear externa, a partir de la región donde se encuentra el núcleo el cuerpo celular se vuelve a estrechar produciendo un proceso interno (axón) que se dirige hacia la capa plexiforme externa en donde establece sinapsis con los extremos dendríticos de las células bipolares y horizontales.

En cuanto a función, los bastones se encargan de la visión nocturna; y los conos dan mayor resolución y una mayor agudeza visual con la luz diurna y la percepción del color.

Capa nuclear externa. Los cuerpos celulares y los núcleos de los conos y bastones constituyen esta capa. Células gliales especiales, las células de Müller, ocupan todos los espacios que quedan entre las células nerviosas y sus prolongaciones. El límite externo de esta capa es la membrana limitante externa, una zona de complejos de unión entre las células fotorreceptoras y las terminales apicales de las células de Müller.

Capa plexiforme externa. Las terminaciones axónicas de los conos y bastones, las prolongaciones dendríticas de las células bipolares y las prolongaciones de las células horizontales, constituyen la capa plexiforme externa. El cono forma un pedículo sináptico y el bastón forma una esférula con pocas sinapsis. Esta sinapsis consta de los procesos celulares de las células horizontales y proceso dendrítico de las células bipolares.

Capa nuclear interna. Está compuesta principalmente por las neuronas bipolares que llevan impulsos de los bastones y conos a la próxima capa más interna. Contiene los somas (núcleo y pericarion) de las neuronas bipolares, células horizontales y células amacrinas. Los núcleos de las células de Müller se encuentran también en esta capa.

La zona más externa de la capa bipolar presenta *células horizontales*, que envían finas prolongaciones a cada unión sináptica. Su citoplasma contiene mitocondrias y Aparato de Golgi. Existen pocos microtúbulos en sus prolongaciones, pero si muchas vesículas pequeñas en el extremo y numerosas uniones de nexo. Las *células bipolares* tienen escaso citoplasma perinuclear, pero poseen un axón largo que proyecta hacia la capa plexiforme interna. Las *células amacrinas* son células monopolares y forman una capa en la zona más interna; poseen abundante citoplasma que se ramifica en la capa plexiforme interna.

Las *glías de Müller* poseen un citoplasma denso (al M/E) y contiene RER dispuesto en láminas. Las prolongaciones contienen glucógeno y enzimas encargadas del metabolismo energético.

Capa plexiforme interna. Aquí se realizan las sinapsis de las células bipolares y con las células amacrinas y las dendritas de las células ganglionares.

Capa de células ganglionares. En esta capa se encuentran las células ganglionares, algunas células gliales y tejido conjuntivo

vascularizado. Al M/O las células ganglionares son voluminosas, poseen abundante citoplasma y cuerpos de Nissl, mientras que al M/E que presentan abundante RER, mitocondrias, Aparato de Golgi y lisosomas. Su núcleo es esférico, voluminoso, vesiculoso y posee un nucléolo prominente.

Las dendritas de las células ganglionares se conectan con las células bipolares de la capa plexiforme externa y sus axones forman la capa de fibras nerviosas y el nervio óptico.

Capa de fibras nerviosas. Surge a partir de los axones de las células ganglionares y forman la novena capa o capa de fibras del fascículo óptico. Los axones amielínicos forman haces radiales que se dirigen al disco óptico, contienen abundantes microtúbulos y mitocondrias. Junto a las fibras nerviosas hay glías y vasos sanguíneos.

Membrana limitante interna. La constituyen las prolongaciones anchas terminales de las células de Müller, los que se "apoyan" en la membrana basal.

CORRELACION HISTOFISIOLOGICA CORTEZA CEREBRAL Y CEREBELOSA

La corteza cerebral y el cerebelosa presentan una organización compleja en columnas y capas. Desde el punto de vista funcional las sinapsis se establecen entre los centros inferiores por axones que llegan o salen de la corteza y entre las diferentes capas de la misma. Esta relación es columnar.

Desde el punto de vista morfológico las fibras y cuerpos celulares realzan una citoarquitectura por estratos o capas, desde el mismo momento que en cada estrato predominan determinado tipo de neurona y es específica del mismo la relación numérica entre fibras nerviosas y cuerpos celulares.

En las capas granulares predominan neuronas de asociación, pequeñas y de axones cortos. En las capas piramidales se encuentran las células mayores con axones de proyección, células piramidales. Esto hace que en las distintas áreas de la corteza predominen determinadas capas sobre otras. En la región calcarina (corteza visual) predominan las capas de gránulos, mientras que en la corteza motora se hacen más manifiestas las capas de células piramidales.

La estructura de la corteza cerebelosa se puede tomar como ejemplo de estas complejas interrelaciones, ya que es explicada con un mayor número de detalles morfológicos.

CORRELACIÓN HISTOFISIOLOGICA DE LA RETINA.

La organización histofisiológica de la retina se explica más claramente si se describen los elementos fundamentales que la integran:

1. Fotorreceptores. El segmento externo de los conos y bastones se encuentran en la capa de los conos y bastones, sus núcleos y citoplasma perinuclear en la capa nuclear externa y sus axones hacen sinapsis con las dendritas de las células bipolares a nivel de la plexiforme externa. Estas células forman parte de la segunda,

- tercera y cuarta capas, y constituyen la primera neurona de la retina.
2. Células bipolares. Estas constituyen la segunda neurona; sus núcleos se encuentran en la capa nuclear interna y sus axones hacen sinapsis con las dendritas de las células ganglionares a nivel de la capa plexiforme interna.
 3. Células ganglionares. Sus cuerpos se encuentran en la capa de células ganglionares y constituyen la tercera neurona. Sus axones se encuentran en la capa de las fibras ópticas o nervio óptico y forman las fibras del fascículo óptico.
 4. Neuronas de asociación; neuronas horizontales, y amacrinas.
 5. Elementos de sostén; fibras de Müller, microglías y glías perivasculares.
 6. Vasos de la retina. Las arterias y venas retinales atraviesan el extremo inicial del nervio óptico en el punto ciego y se ramifican, una vez dentro del ojo.
 7. Nervio óptico. Los axones de las células ganglionares de la retina convergen en la papila y atraviesan la lámina cribosa de la esclerótica, donde comienzan a adquirir mielina. El nervio está rodeado por las meninges y contiene aproximadamente un millón de axones de tamaño irregular, agrupados en haces y separados por astrocitos y septos o tabiques de tejido conjuntivo, que lleva los vasos sanguíneos. Cada axón está cubierto por 5 a 10 capas de mielina producida por oligodendroglías. También se pueden observar algunas microglías.

Modificaciones de la retina

La *primera* modificación está localizada en el polo posterior del ojo, donde forma la *mácula o fovea*, y es un área de aproximadamente 1.5 mm de diámetro, que constituye el área de mayor agudeza visual y también la zona óptima para la formación de la imagen.

A nivel de la mácula los fotorreceptores son fundamentalmente conos. Las capas superiores de la retina están reducidas en el centro de la mácula, formando una pequeña depresión denominada *foveola*. Alrededor de la foveola abundan las células ganglionares. El adelgazamiento de la retina a nivel de la mácula permite una mayor agudeza visual, ya que se reduce el número de capas que debe atravesar la luz antes de llegar a los fotorreceptores.

La *segunda modificación* de la retina la constituye la *papila*, que se encuentra a nivel de la salida del nervio óptico. Esta es una zona de aproximadamente 1 mm de diámetro, donde las fibras nerviosas abandonan el ojo para formar el nervio óptico. En esta región no existe retina, corresponde a la "mancha ciega" del campo visual.

Anexos oculares

Glándula lagrimal. Tienen la estructura de un órgano macizo con estroma y parénquima. Presenta una cápsula y tabiques interlobulillares delgados de tejido conjuntivo. El parénquima está formado por un sistema de conductos y unidades secretoras serosas similares a las glándulas salivales. La secreción de estas glándulas va a parar a la cara interna de los párpados y de ahí se recoge y se

une a la secreción de las células caliciformes de la cara interna del párpado y a la secreción de las glándulas de Meibonio del borde palpebral y que van a parar al conducto nasolagrimal, que se abre en el meato medio de la nariz.

[VOLVER A WEB](#)