

Capítulo 10

SISTEMA ENDOCRINO

Los organismos multicelulares para llevar a cabo sus funciones requieren de la comunicación celular. Durante la evolución han surgido dos sistemas de comunicación que satisfacen esas necesidades y éstos son los sistemas Nervioso y Endocrino. Estos dos sistemas se relacionan íntimamente y sus funciones pueden superponerse puesto que coordinan las actividades de diversos sistemas celulares.

La interacción de estos sistemas (nervioso y endocrino) se coordinan en el hipotálamo, que es uno de los principales centros de control del sistema nervioso autónomo.

El sistema endocrino se comunica por medio de compuestos químicos (las hormonas) que van a la circulación y de ahí a las "células blanco". Cada célula blanco o diana presenta receptores que al unirse con su hormona específica desencadenan una respuesta celular, de ahí su nombre, pues son blancos de la acción de una hormona determinada. Cada célula blanco puede responder a la influencia de más de una hormona.

La formación de una glándula endocrina a partir de una membrana epitelial (de origen ectodérmico, endodérmico ó mesodérmico), implica la pérdida del conducto que conecta la unidad secretora con la superficie que le dio origen, por lo que el tejido glandular queda incluido en el tejido conjuntivo en forma de islote.

El tejido conjuntivo que forma parte de la glándula es muy vascularizado, y las células glandulares vierten su secreción tanto a la linfa como a la sangre. Debido a este proceso reciben también el nombre de glándulas de secreción interna.

La estructura microscópica de las glándulas endocrinas es variada, por lo que pueden encontrarse las células parenquimatosas formando acúmulos, cordones ó folículos. Este tipo de organización se corresponde con glándulas endocrinas multicelulares, pero existen células endocrinas incluidas en membranas epiteliales ó en glándulas exocrinas (sistemas digestivo, respiratorio, reproductor, etc.) que se consideran glándulas endocrinas unicelulares. Estas células producen hormonas amínicas y constituyen el denominado sistema APUD (ver Sistema Digestivo).

Las glándulas endocrinas multicelulares constituyen órganos macizos. Estos pueden ser glándulas endocrinas independientes como por ejemplo la hipófisis, suprarrenales, tiroides y paratiroides ó formar parte de un órgano mixto como los islotes pancreáticos, las células intersticiales del testículo, los cuerpos amarillos del ovario ó el aparato yuxtglomerular del riñón.

Características generales de las células endocrinas.

La disposición de las células endocrinas entre ellas y con respecto a las células blanco

permite clasificarlas de acuerdo a la disposición que presentan y a la distancia entre la célula endocrina y su blanco.

Por su disposición las células endocrinas se clasifican:

1.- Como entidades independientes constituyendo órganos, con la función específica de producir y secretar sustancias biológicamente activas (hormonas). Este grupo está representado por las glándulas endocrinas; Pineal, Hipófisis, Tiroides, Paratiroides y Suprarrenales.

2.- Como grupos de células endocrinas localizadas en un órgano que realiza otro tipo de función; los Islotes pancreáticos; las células de Leydig del Testículo; el cuerpo amarillo, las células foliculares, las células tecales y las células hiliares endocrinas del Ovario; las células yuxtaglomerulares del riñón y del intersticio renal; las células atriales mioendocrinas del corazón; y las células retículo epiteliales del Timo. A estos órganos se les llama mixtos y en ocasiones glándulas mixtas cuando presentan secreción endocrina y exocrina.

El hígado es una glándula mixta, con la particularidad que una misma célula (el hepatocito) realiza múltiples funciones, entre ellas la función endocrina dada por la producción de las somatomedinas que median la acción de la hormona de crecimiento y la exocrina por la secreción de la bilis.

3.- Como células endocrinas aisladas constituyendo el sistema neuroendocrino difuso, también llamado Sistema APUD (siglas que provienen del inglés "Amine Precursor Uptake and Decarboxilation" y que en español significa "Células captadoras y descarboxiladoras de precursores de aminas". Las células de este Sistema se encuentran en los epitelios del sistema Respiratorio y Digestivo, en órganos del sistema nervioso central y en otras localizaciones como en la epidermis, etc.

Por la distancia a la que actúa el producto de su secreción esta se clasifica como:

1.- Secreción Endocrina. Si la célula blanco o diana esta situada distante de la célula secretora la secreción (hormona) debe alcanzar esta célula a través de la circulación general.

2.- Secreción Paracrina. La célula diana está situada en el entorno de la célula secretora y la secreción (factor paracrino) se mueve a través del intersticio (compartimento intercelular) actuando sobre las células dianas vecinas.

3.- Secreción Autocrina. La célula diana es la propia célula secretora o la célula madre capaz de originarla. En este caso la secreción autocrina actúa sobre los receptores de la propia célula que la origina o en las células ancestrales que dan origen a las células

secretoras.

Características generales de las glándulas endocrinas.

En este trabajo nos referiremos fundamentalmente a las células endocrinas que forman órganos (glándulas endocrinas). Las glándulas endocrinas poseen una serie de características comunes:

- a. Constituyen órganos macizos.
- b. Carecen de conductos excretores.
- c. Poseen abundantes vasos sanguíneos.
- d. Sus células elaboran hormonas.
- e. Las células ejecutan su acción de acuerdo a la naturaleza química de la hormona (lípofílicas o no).
- f. Las células almacenan su secreción de diferentes formas de acuerdo a la naturaleza química de su hormona.
- g. Sus células poseen características histológicas acorde a la naturaleza química del producto elaborado.
- h. Se pueden originar de cualquiera de las tres hojas embrionarias.

a. Glándula endocrina como órgano macizo. Como todo órgano macizo posee un estroma y un parénquima.

Estroma

El estroma está formado por tejido conjuntivo que se dispone como cápsula, trabéculas o tabiques y tejido intersticial.

Cápsula. La cápsula es el tejido conectivo generalmente denso y de grosor variable que envuelve al órgano. En el hígado esta cápsula puede presentar un engrosamiento de su tejido conectivo en el lugar por donde entran y salen vasos sanguíneos, linfáticos y nervios que se denomina hilio, esto se debe a que este órgano presenta secreción exocrina por lo que sus conductos principales salen por el hilio. En las glándulas endocrinas los vasos sanguíneos, linfáticos y nervios salen y penetran por diferentes sitios alrededor del órgano por lo que no presentan hilio.

Tabiques o trabéculas. Los tabiques son divisiones de tejido conjuntivo que parten de la cápsula y dividen al órgano en territorios más pequeños. Los tabiques pueden delimitar territorios de forma completa o pueden ser incompletos. Las trabéculas son proyecciones de tejido conjuntivo que se disponen como el tronco y las ramas de un árbol. Por las trabéculas o tabiques pueden transcurrir vasos sanguíneos, linfáticos y nervios. En algunas glándulas los tabiques pueden dividir el órgano en lóbulos, particiones o territorios de segundo orden, y lobulillos, particiones de tercer orden y que

son los territorios más pequeños rodeados por tabiques de tejido conectivo observables al M/O.

Tejido intersticial. El tejido intersticial es un tejido conjuntivo laxo rico en capilares sanguíneos y linfáticos que realiza funciones de sostén, defensa, nutrición y transporte de las hormonas. Este tejido es poco visible al M/O y se encuentra rodeando a los capilares y elementos nerviosos presentes entre las agrupaciones de células epiteliales. A través del tejido intersticial pasan los productos de secreción de las células glandulares hacia la sangre o linfa para su incorporación a la circulación sanguínea y transporte hacia los sitios del organismo donde ejecutan su función. Actualmente se ha visto que las células del tejido intersticial realizan además de las ya mencionadas, importantes funciones endocrinas, por ej. las células intersticiales del Timo.

Parénquima

El parénquima está formado por las células que realizan las funciones específicas de un órgano. En el caso de las glándulas endocrinas son los grupos de células endocrinas. El parénquima en su relación con el tejido intersticial del estroma se puede disponer en forma de acúmulos, cordones o formando folículos. Esta disposición se debe a las relaciones espaciales entre las células glandulares y con el tejido conjuntivo intersticial.

Acúmulos. Las células se disponen en grupos, que adoptan una forma más o menos redondeada por estar rodeadas por tejido conjuntivo intersticial que separa un grupo de otro.

Cordones. Cuando los vasos sanguíneos y el tejido intersticial que los contiene se disponen siguiendo trayectos sinuosos e irregulares pero de forma general en una misma dirección, al observar la glándula con el M/O, se ven las células en una disposición alargada o de cordón. Estos cordones pueden ser anchos o estrechos, cortos o largos, radiales o paralelos de acuerdo con la estructura de la glándula de que se trate.

Folículos. En el caso de los folículos las células se disponen como una membrana epitelial simple cúbica que forma la pared de una estructura esférica, el folículo. El folículo presenta una cavidad central, donde se acumula la secreción producida. La secreción producida por estas células es una masa gelatinosa, el llamado coloide. El contorno de los folículos es mucho más redondeado y más regular que la de los acúmulos y se encuentran rodeados completamente de tejido conjuntivo intersticial, siendo cada folículo una estructura independiente (unidad estructural y funcional de la glándula).

Corteza y Médula.

En algunas glándulas endocrinas el estroma y el parénquima se disponen en corteza y médula. En este caso los componentes del estroma y el parénquima se disponen formando una zona externa denominada corteza y una zona central denominada médula. La cápsula sería el elemento más externo de la corteza. Las dos zonas se diferencian por el aspecto que presentan al ser observadas con el M/O de poco aumento.

b. **Carecen de conductos excretores.** Durante el desarrollo ontogenético las células secretoras endocrinas han perdido su conexión con la membrana epitelial que les da origen quedando aisladas y rodeadas por tejido intersticial con capilares sanguíneos hacia los cuales vierten la secreción que producen.

c. **Poseen una amplia vascularización.** Las glándulas endocrinas poseen abundantes vasos sanguíneos, lo cual favorece que las hormonas alcancen rápidamente el torrente sanguíneo. Los vasos capilares pertenecen a la categoría de capilares tipo II o fenestrados. Estas fenestras o poros favorecen el intercambio con las células secretoras. En el tejido intersticial también abundan los capilares linfáticos que colaboran en el traslado de las hormonas hacia el torrente sanguíneo.

La hipótesis que plantea que la Hipófisis y la corteza Suprarrenal presentan capilares sinusoidales no cuenta en la actualidad con muchos adeptos.

d. **Elaboran hormonas.** Las células secretoras de las glándulas endocrinas elaboran sustancias químicas capaces de actuar sobre las células diana estimulándolas o inhibiéndolas según el caso. Las células diana son células específicas que poseen los receptores para la hormona en particular, los cuales pueden ubicarse en la membrana plasmática o en el citosol de la célula diana.

A cada hormona le puede corresponder uno o más tipos diferentes de células diana. La tiroxina, hormona producida por la Tiroides, actúa sobre varios tipos celulares, por lo cuál todos estos tipos celulares constituyen células diana para la tiroxina.

e. **Modo de acción de las hormonas.** Las hormonas pueden ser proteínas, glucoproteínas, derivados de aminoácidos o pueden tener naturaleza lipídica. Su modo de acción depende de su naturaleza química. En el caso de las hormonas lipofílicas (solubles en la fase lipídica de la membrana celular), las mismas penetran en la célula y se unen a receptores del citosol (intracelulares). En el caso de las hormonas proteicas glicoprotéicas y peptídicas estas actúan sobre receptores en la superficie celular. En ambos casos la unión de la hormona con el receptor desencadena una serie de reacciones en cascada que produce el efecto específico de cada hormona en su célula blanco.

Las hormonas no lipídicas (proteínas y glucoproteínas) actúan a través de segundos mensajeros.

1. Mediante el Hampa que es un nucleótido ubicuo derivado del ATP. Al interactuar la hormona con su receptor se produce una activación o inhibición de la enzima adenil-ciclasa, localizada en la cara interna de la membrana celular. Esta enzima cataliza la formación del AMPc, lo cual ocurre en presencia de Mg y con el concurso de proteínas intermediarias. El AMPc producido actúa sobre la proteína quinasa dependiente del AMPc que participa en funciones de regulación celular (como la fosforilación de proteínas). El AMPc actúa a través de otros elementos fosforilados: fosfoproteasas, fosfoproteinofosfatasas, etc.

2. El fosfátido de inositol es otro compuesto que actúa como segundo mensajero. El fosfátido de inositol es un fosfolípido de la cara interna de la membrana plasmática que establece comunicación entre la señal hormonal y los reservorios de calcio intracelular.

3, El calcio es también un segundo mensajero de la acción hormonal.

Las hormonas lipofílicas actúan intracelularmente por receptor de citosol-acción sobre los genes.

1. Las hormonas lipofílicas atraviesan libremente la membrana plasmática y actúan sobre receptores del citosol. Se forma un complejo receptor/hormona que se desplaza al núcleo donde actúa sobre el material genético controlando la síntesis del ARNm (control de la transcripción).

f. **Forma de almacenamiento.** La forma de almacenamiento depende de la naturaleza química de la hormona. Su clasificación es la siguiente:

1. La hormona no se almacena. Si la hormona es lipofílica, como es el caso de las hormonas esteroides, a medida que se produce es liberada al exterior celular por difusión a través de la fase lipídica de las membranas celulares. Tal es el caso de las hormonas de la corteza suprarrenal.

2. La hormona se almacena intracelularmente. Si la hormona no es soluble en la fase lipídica de la membrana (lipofilia) se almacena en gránulos membranosos intracelulares, los llamados gránulos secretorios. Este tipo de almacenamiento ocurre en células que elaboran proteínas y glucoproteínas como en las hormonas hipofisarias y de la paratiroides.

3. La hormona se almacena extracelularmente. Las células de los folículos de la glándula tiroides elaboran una secreción glicoproteica que contiene las hormonas. A

medida que se produce esta secreción es secretada por un mecanismo de exocitosis hacia la cavidad central del grupo celular que forma la pared de la cavidad. De este modo la hormona se almacena en el coloide, el cual es incorporado por endocitosis y liberada la hormona por digestión lisosomal a medida de las necesidades del organismo. La hormona tiroidea al ser liberada se difunde a través de las membranas.ç

g. Características histológicas de la célula endocrina de acuerdo con la naturaleza de la secreción.

1. Células que elaboran hormonas esteroideas. Las hormonas esteroideas son la testosterona, progesterona, estrógenos, mineralocorticoides y glucocorticoides. Las células que elaboran estas hormonas tienen las siguientes características. Al M/O; su citoplasma es claro, vacuolado, presenta abundantes inclusiones de lípido; su núcleo es esférico central y de cromatina laxa (eucromático). Al M/E presenta extenso desarrollo del REL, mitocondrias con crestas tubulares y abundantes gotitas de lípido. El abundante REL y las numerosas gotitas de lípidos son las responsables del aspecto claro y vacuolado al M/O.

2. Células que elaboran hormonas proteicas. Las hormonas proteicas son; la somatotrófica (STH) y la luteotrófica (LH) de la hipófisis; la paratohormona de la paratiroides; las hormonas de los islotes pancreáticos, entre ellas la insulina y el glucagón. Las células que elaboran estas hormonas presentan características de células productoras de proteínas. Al M/O poseen un citoplasma basófilo, núcleo esférico de cromatina laxa y nucleolo prominente. En su citoplasma se pueden ver gránulos al utilizar técnicas especiales. Estos gránulos contienen las hormonas. Por sus características tintoriales de los gránulos y su imagen al M/E se pueden identificar los distintos tipos celulares entre sí, por ej. los gránulos de las células LTH y STH son acidófilos. Al M/E se observan además de lo ya señalado un Golgi prominente y abundantes cisternas del RER.

3. Células que elaboran gluco proteínas. En este caso se encuentran las células que elaboran las hormonas gonadotróficas, tirotróficas y corticotróficas. La hormona corticotrófica o ACTH es una proteína pero se elabora a partir de un precursor más largo, la pro-opiomelanocortina que es una gluco proteína. Estas células presentan las características de las células secretoras de proteínas y además contienen gránulos secretorios PAS positivos, presentando un mayor desarrollo del Golgi.

4. Células que elaboran análogos y derivados de aminoácidos. Estas células son las que elaboran; la adrenalina, noradrenalina de la médula suprarrenal; y las hormonas del tiroides. Tienen las características de las células secretoras de proteínas. Las del

tiroides (tirocitos) son además PAS positivas pues elaboran la glucoproteína que contiene la hormona. En el caso de la médula suprarrenal se presenta también un portador, la cromogranina, el cuál justifica la imagen de célula productora de proteínas. Como se ve, independiente que sus hormonas sean derivados de aminoácidos, estas células elaboran portadores de las hormonas que justifican su imagen de células productoras de proteínas y glucoproteínas.

h. Origen embriológico de las glándulas endocrinas. Las glándulas endocrinas se pueden derivar de las distintas hojas embrionarias.

La hipófisis, la médula suprarrenal y los cuerpos cromafines se originan del ectodermo. La corteza suprarrenal del mesodermo. La tiroides y la paratiroides se derivan del endodermo.

Grupos de células endocrinas en órganos mixtos.

Las células de la segunda categoría serán estudiadas en los sistemas en los cuáles se encuentra el órgano al que pertenecen, con excepción de las células de los islotes pancreáticos que se estudiarán junto a la categoría de células que forman órganos.

Sistema neuroendocrino difuso.

El sistema neuroendocrino difuso se compone de células que se disponen aisladas entre las células del órgano en que se encuentran. Estas células son secretoras de hormonas que sintetizan péptidos y aminor activas estructuralmente emparentadas. Los productos secretados actúan como hormonas, factores paracrino, factores autocrinos y neurotransmisores. Como ya se ha dicho pueden actuar como; hormonas, si actúan diseminándose a través de la circulación sanguínea; factores paracrinos, si influyen a través del líquido tisular del compartimiento intercelular; o como factores autocrinos, si actúan sobre la propia célula que elabora la secreción.

Los estudios citoquímicos e histoquímicos han demostrado que estas células poseen sistemas enzimáticos comunes involucrados en el tratamiento de aminor y en la producción de sus péptidos secretores comunes; por lo que también se les ha llamado sistema APUD.

Las células del Sistema APUD primero se describieron y estudiaron en el intestino, por lo que son las más mencionadas, pero en la actualidad ya se menciona la presencia y se estudian estas células en otras localizaciones como en el hipotálamo y otras regiones del SNC, la glándula pineal, el tiroides, las suprarrenales, la placenta, el páncreas, el aparato respiratorio, el aparato urogenital, la piel, el cuerpo carotídeo (glomus) y los ganglios simpáticos. Esto nos da una idea de la extensión de estas por todo el organismo.

Hormonas

Los productos secretados por estas glándulas son sustancias de naturaleza química variada: péptidos, proteínas, glucoproteínas y esteroides, que en conjunto se denominan *hormonas* (*hormaos*, excitar).

Las características ultraestructurales de las células paren-quimatosas de las glándulas endocrinas varían en dependencia de la naturaleza química de la hormona.

Las hormonas pueden acumularse en gránulos en el coloide (tiroides) ó pasar directamente a la sangre según se forman, por lo que es una característica de algunas células endocrinas (sobre todo las secretoras de hormonas polipeptídicas) presentar gránulos secretorios que son típicos por su estructura, densidad electrónica y dimensiones, como veremos en el capítulo.

La endocrinología es una de las ramas de la ciencia a la cual la investigación ha prestado especial atención. En las dos últimas décadas se ha profundizado en la función de los receptores hormonales, ya que estos tienen gran repercusión en el *nivel efector o diana*, por ser dispositivos especiales que reconocen la hormona y determinan el control biológico en la célula. Este efecto terminal bien puede ser, activar una acción enzimática, aumentar la neoglucogénesis o proteinogénesis, o dirigir el crecimiento celular.

Una hormona puede tener efecto en un órgano en particular, al cual se le denomina blanco o diana, o también puede actuar en todo el organismo.

Las hormonas a nivel celular pueden actuar de dos formas:

1. Las que atraviesan libremente la membrana celular e interactúan uniéndose con proteínas solubles (receptores) en el citoplasma y son llevadas al núcleo de la célula donde la hormona permanece unida a la cromatina e induce cambios en la actividad sintética de la célula, como sucede con las hormonas de la tiroides y los esteroides.
2. Las hormonas polipeptídicas y neurotransmisoras, primero se unen a los receptores específicos en la membrana plasmática. Luego de establecer la unión se forma el complejo hormona•receptor, que activa uno o más sistemas efectores, los que a su vez generan en el interior de la célula, el segundo mensajero.

Los receptores hormonales de este 2do. tipo son fundamentalmente de la membrana plasmática de la célula blanco o diana, y tienen su localización en la empalizada. Los receptores tienen especificidad en el reconocimiento de la hormona.

El sistema endocrino constituye un sistema de control y comunicación tan importantes como el sistema nervioso para el organismo. Si bien las sensaciones son funciones inherentes al sistema nervioso, las hormonas modifican considerablemente la sensibilidad del individuo y sus reacciones ante los estímulos externos. Entre el sistema nervioso y el sistema endocrino existe una relación recíproca importante, ya que ambos coordinan e integran las funciones de todos los sistemas fisiológicos.

En este capítulo estudiaremos las glándulas endocrinas: hipó-fisis, tiroides, paratiroides,

suprarrenales, islotes pancreáticos y glándula pineal; otros tejidos endocrinos, tales como, los folículos ováricos, la placenta, etc., se tratarán al estudiar los órganos a los que se encuentran asociados.

ELEMENTOS CONSTITUYENTES DEL SISTEMA ENDOCRINO

HIPÓFISIS

La *hipófisis* ó *glándula pituitaria* es un órgano anatómicamente bien individualizado que, como puede apreciarse en la figura 16.1, se halla por debajo de la base del encéfalo al cual se une por el tallo hipofisario; está situada en una depresión de la superficie superior del esfenoides denominada *silla turca*. Tiene forma ovoide y mide aproximadamente 1 cm. de longitud, 1.5 cm. de ancho y 0.5•0.75 cm. de grosor. La hipófisis se origina del ectodermo, estructural y fisiológicamente se divide en adenohipófisis y neurohipófisis, que a su vez presenta subdivisiones.

La adenohipófisis se desarrolla a partir de una evaginación del techo de la cavidad bucal (estomodeo) que constituye la bolsa de Rathke; la neurohipófisis surge a partir del piso del diencéfalo, como una evaginación denominada infundíbulo. Ambas porciones entran en contacto para formar la glándula.

Adenohipófisis	Pars distalis	Lóbulo anterior
	Pars tuberalis	
	Pars intermedia	Lóbulo posterior
Neurohipófisis	Pars nervosa	
	Tallo infundibular	
	Eminencia Media	

Adenohipófisis

La *adenohipófisis* está subdividida en tres porciones: la *pars distalis* y su extensión que se denomina *pars tuberalis* y una delgada zona que es la *pars intermedia*.

Pars distalis

La glándula está incluida casi completamente en una cápsula fibrosa densa que forma parte del estroma del órgano.

Como se aprecia en la figura 16.3, el parénquima o tejido funcional está compuesto por cordones celulares irregulares gruesos que se ramifican y entrelazan. Entre los cordones celulares se encuentran capilares sinusoides.

Tanto los cordones celulares como los sinusoides están incluidos en tejido conjuntivo reticular que, junto a la cápsula, forman parte del estroma.

En el parénquima se observan distintos tipos celulares, pero principalmente se hace

evidente la presencia de dos grandes grupos de células: cromófilas y cromófobas, estas denominaciones responden a la afinidad o no con algunos colorantes que tienen los gránulos secretores.

Células cromófobas

Componen aproximadamente el 50 % de las células de la *pars distalis*. Presentan menos citoplasma que los adenocitos cromófilos y se pueden observar formando pequeños grupos en las partes más centrales de los acúmulos celulares.

En cuanto a estas células existen diferentes criterios. Algunos investigadores plantean que son células cromófilas degranuladas, mientras que otros postulan que pueden diferenciarse, dando origen a cualquier tipo celular dentro de la *pars distalis*. Son células pequeñas con poco citoplasma, por lo que en un corte los núcleos se observan muy cercanos.

Células cromófilas

La clasificación de estas células se hizo a partir de la afinidad de sus gránulos por los colorantes básicos o ácidos. De acuerdo con esta afinidad se denominan *adenocitos acidófilos o alfa* y *adenocitos basófilos o beta*.

Células acidófilas.

Son células mayores que las células cromófobas y contienen gránulos específicos en su citoplasma que se tiñen con varios colorantes: eosina, fucsina, anaranjado G y azocarmín. Según la afinidad por el anaranjado G o por el azo• carmín se diferencian dos tipos de células acidófilas.

Las células acidófilas con afinidad por el anaranjado G o somatotropas presentan grandes granulaciones amarillo•naranja en su citoplasma. Al M/E se observa gran desarrollo del RER, sacos de Golgi, algunas mitocondrias y abundantes gránulos específicos que tienen 300•400 nm de diámetro.

Estas células secretan la hormona del crecimiento o somatotropina (STH). La STH es una proteína que desempeña una importante función en el crecimiento y tiene un efecto casi específico sobre el cartílago metaepifisario. Un déficit en la secreción de esta hormona provoca retardo en el crecimiento.

La somatotropina interviene también, de manera significativa, en el metabolismo de proteínas, grasas y carbohidratos.

Las células acidófilas con afinidad por el azocarmín o luteotrópicas muestran, al M/E, retículo endoplásmico muy disperso y gránulos de secreción de alrededor de 700 nm de diámetro.

La secreción de las células luteotrópicas constituye la hormona lactógena o prolactina, que es una hormona proteica que se sintetiza en polirribosomas unidos al RER. Posteriormente la proteína sintetizada entra en las cisternas del retículo y de ahí es transportada al aparato de Golgi mediante vesículas de transferencia. Las pequeñas vesículas que contienen la hormona parten de la cara madura del aparato de Golgi y se

fusionan entre sí, dando lugar a vesículas mayores. Estas últimas se fusionan con la membrana citoplasmática y el contenido del gránulo es descargado por exocitosis.

La hormona lactógena se produce en grandes cantidades al término del embarazo. En la mujer contribuye a la formación de la leche, cuando los conductos y las porciones secretoras de la glándula mamaria se han desarrollado como respuesta a la acción de las hormonas del ovario.

También puede inducir retención renal de a^+ , H^+ y H_2O . En los roedores y mamíferos tiene efecto luteotrópico (estimula la secreción de progesterona por parte del cuerpo amarillo del ovario). También causa actitud maternal en el animal al cual se le suministra, lo mismo sea hembra que macho.

Células basófilas. Las células basófilas son mayores que las acidófilas. Al M/O se identifican bien mediante la técnica de PAS, pues sus gránulos secretores contienen glucoproteínas. Los gránulos son menores y también menos numerosos que en las células acidófilas.

Dentro de las células basófilas se distinguen tres tipos celulares: basófilas tirotróficas, basófilas gonadotrópicas y basófilas corticotróficas.

Las células basófilas tirotróficas son células grandes, con numerosos gránulos de secreción situados en el citoplasma periférico. Al M/E se observa que los gránulos tienen un diámetro de aproximadamente 150 nm, siendo los gránulos más pequeños que en las cromófilas estudiadas hasta ahora. El aparato de Golgi es pequeño, hay pocas cisternas de RER y los gránulos secretorios salen de la cara madura del aparato de Golgi y se exteriorizan por exocitosis.

La hormona tirotrófica es una glucoproteína (TSH) que controla la actividad de las células foliculares de la glándula tiroidea.

Los niveles de esta hormona están determinados por la concentración de la hormona tiroidea en sangre, mediante una retroalimentación negativa.

Las células basófilas gonadotrópicas dan positiva la reacción de PAS, pues las hormonas que secretan son glucoproteínas. Son células voluminosas que al M/E muestran un desarrollo notable del aparato de Golgi y del RE, y también se observan gránulos que tienen un diámetro de 100•300 nm.

Las células gonadotrópicas producen dos hormonas: la estimulante de los folículos (FSH) y la luteinizante (LH).

La FSH estimula el crecimiento de los folículos ováricos en la hembra y el de los túbulos seminíferos del macho, y la hormona luteinizante (LH o ICSH), estimuladora de las células intersticiales, es también una glucoproteína que contrarresta la involución de las células intersticiales del ovario en los animales hipofisectomizados, pero sólo actúa luteinizando los folículos después que estos han madurado por adición previa de FSH.

La LH también activa las células intersticiales del testículo y estimula la producción de andrógenos. Otro tipo celular dentro de las basófilas son las células corticotrópicas; éstas son más voluminosas y dan negativa la reacción de PAS, porque sus gránulos de secreción contienen material polipeptídico. Los gránulos, al M/E, tienen aproximadamente 350 nm de diámetro.

En el citoplasma con frecuencia se observan gotitas de lípido y pequeños filamentos de 6•8 nm de diámetro. Estas células sintetizan la hormona polipeptídica denominada hormona adenocortico-cotropa (ACTH) que estimula la producción de glucocorticoides por las zonas fasciculada y reticular de la corteza suprarrenal.

La hormona es una cadena polipeptídica de 39 aminoácidos y es producida como molécula precursora grande (*pro•opio cortin* ó *pro•opiomelanocortina*) en la cual por ruptura proteolítica se obtiene la ACTH. Otro producto de la ruptura es la hormona β lipotrópica (LPH), secretada con la ACTH, pero sus efectos aún no están esclarecidos. Esta última puede romperse y dar lugar a la MSH y β endorfina. El papel de estos péptidos aún no es claro.

Pars intermedia

En el hombre ocupa aproximadamente el 2 % de la hipófisis y posee límites imprecisos. En el embrión humano se presenta una hendidura bien definida que separa la *pars distalis* de la neuro-hipófisis, y que se encuentra revestida por un típico epitelio estratificado. Esta hendidura puede persistir en niños pequeños, pero rara vez se mantiene en adultos, estando en estos últimos representada por una zona de quistes o vesículas formadas por un epitelio ciliado. Las vesículas contienen en su interior una sustancia coloidal. Las células de esta zona de la hipófisis son poligonales y basófilas, se asemejan en su estructura a las basófilas de la *pars distalis*. Al M/E se observan en el citoplasma gránulos pequeños de naturaleza glucoproteica.

La hormona secretada por esta parte de la hipófisis es la hormona estimulante de los melanocitos (MSH), pero esto solamente se produce en algunas especies, tales como peces y anfibios.

La *pars tuberalis* está muy reducida en el hombre. Es una continuación hacia arriba de la *pars distalis*, pero tiene una estructura microscópica diferente. Los cordones de células epiteliales se disponen en sentido longitudinal, y no presentan granulaciones citoplasmáticas.

Es una zona de la hipófisis muy vascularizada, y está atravesada por vasos arteriales, que irrigan al lóbulo anterior; también la atraviesa el sistema venoso portal hipotalámico• hipofisario.

La *pars tuberalis* está presente en todos los vertebrados; sin embargo, no se conoce que sus células secreten alguna hormona.

Neurohipófisis

La *neurohipófisis* está formada por la *pars nervosa*, el tallo infundibular y la eminencia

media.

Estas tres estructuras tienen iguales características morfológicas, y sus constituyentes son numerosos vasos sanguíneos, fibras nerviosas amielínicas, células denominadas *pituicitos* y tejido conjuntivo.

Las fibras nerviosas amielínicas provienen del hipotálamo y forman el *haz hipotalámico•hipofisario*.

Los cuerpos celulares de las neuronas, cuyas prolongaciones forman el haz, se localizan en los núcleos supraóptico y paraventricular del hipotálamo. Las fibras no terminan sobre células nerviosas, sino que lo hacen en relación con vasos sanguíneos del plexo capilar que irriga esta zona.

La presencia de la sustancia neurosecretora se puede demostrar mediante tinción, tanto en los axones a lo largo del haz, como en los cuerpos de las neuronas de los núcleos del hipotálamo, y es en estas neuronas donde se sintetizan las hormonas que son transportadas por una proteína denominada neurofisina y que posteriormente se almacenan en la neurohipófisis.

En toda la neurohipófisis se observan, a nivel de los axones, masas esféricas que se tiñen intensamente con la coloración alumbre de cromo•hematoxilina; estos son acúmulos locales de sustancias neurosecretoras y proteína transportadora denominados *cuerpos de Herring*.

Los pituicitos son células pequeñas muy semejantes a los astrocitos de la neuroglia. Presentan muchas ramificaciones que se pueden relacionar con vasos sanguíneos o con tejido conjuntivo y tienen función de sostén.

Utilizando el método de impregnación con plata se han descrito cuatro tipos de pituicitos, los cuales difieren en cuanto a su aspecto; estos son: reticulopituicitos, micropituicitos, adenopituicitos y fibropituicitos. En la neurohipófisis se almacenan y liberan dos hormonas peptídicas: oxitocina y vasopresina o ADH (hormona antidiurética). La oxitocina determina la contracción de la musculatura lisa del útero durante el coito y en el momento del parto, y también la contracción de las células mioepiteliales para la eyección de la leche en las glándulas mamarias, como respuesta a la succión del lactante.

La ADH, por su parte, determina un aumento de la presión sanguínea al estimular la contracción del músculo liso en las paredes de los vasos sanguíneos pequeños, y mantiene los niveles de agua en el organismo al favorecer su reabsorción en los tubos contorneados distales y colectores del riñón.

Relaciones del hipotálamo con la hipófisis

El hipotálamo se relaciona con la parte distal de la hipófisis a través del sistema porta hipotálamo hipofisario y con la parte neural a través del haz hipotálamo hipofisario. Sistema porta hipotálamo hipofisario.

Este sistema relaciona el hipotálamo con la parte distal de la hipófisis mediante la liberación de factores u hormonas producidas por neuronas cuyos cuerpos o somas se encuentran en la región hipotalámica y sus axones llegan a la eminencia media donde descargan estas hormonas. Las hormonas producidas en los cuerpos neuronales hipotalámicos y liberadas en la eminencia media actúan como factores liberadores (estimuladores) o represores de las células endocrinas de la parte distal.

Estas hormonas liberadas en la eminencia media pasan al interior de capilares fenestrados de los plexos capilares formados en este sitio por las ramas de la arteria hipofisaria superior. Estos plexos capilares forman pequeñas venas que se dirigen a la parte distal de la hipófisis donde se vuelven a capilarizar en los capilares sinusoidales de la misma. A este peculiar sistema vascular con redes capilares en ambos extremos, interconectadas por vasos venosos se le denomina sistema porta.

El sistema porta hipotálamo hipofisario lleva de forma directa la secreción de las neuronas hipotalámicas, liberadas en la eminencia media, a las células blanco o diana, situadas en la parte distal.

Los capilares sinusoidales de la parte distal reciben, además, sangre oxigenada proveniente de otras ramas de las arterias hipofisarias que no forman parte del sistema porta.

Haz hipotálamo hipofisario.

Los somas de neuronas hipotalámicas elaboran las hormonas oxitocina y vasopresina. Los axones de estas neuronas atraviesan la eminencia media y forman un haz apretado de aproximadamente 100,000 axones que transcurren por el tallo neural terminando en la parte neural de la hipófisis donde liberan su neurosecreción. Debido a esto la parte nerviosa o neural no es una verdadera glándula endocrina, sino un sitio de liberación de hormonas producidas en el hipotálamo.

Vascularización

La hipófisis tiene un tipo particular de vascularización, pues a su nivel se constituye un sistema porta similar al estudiado en el hígado. Este sistema participa en la regulación de la actividad secretora de la glándula. El control hipotalámico de la secreción adenohipofisaria está regulado por factores de liberación hormonales que son conducidos desde la eminencia media hipotalámica hasta la adenohipofisis.

La hipófisis está rodeada por dos grupos principales de vasos, las arterias hipofisarias superiores y las inferiores. Las *superiores* provienen del polígono de Willis, llegan a la glándula y constituyen un grupo anterior y otro posterior. Las arterias del grupo anterior penetran en la parte más alta de la porción tuberal y, en general, se dirigen hacia abajo; en su trayecto estas proporcionan gran número de ramas. Las *más superiores* pasan a la región de la eminencia media y las *inferiores* al tallo neural.

Estos vasos terminan en racimos de capilares que se continúan con vénulas que se dirigen hacia la parte tuberal, para allí constituir vénulas mayores, que se vacían en los

sinusoides de la porción anterior de la glándula.

Este sistema de vénulas, que drena los racimos capilares de la eminencia media del tallo, contiene sangre venosa que va a parar a una segunda red capilar y constituye un sistema portal.

Como señalamos anteriormente, numerosos experimentos han demostrado que los factores liberadores son transportados en la sangre a través de este sistema portahipofisario, resultando una vía importante de regulación de la adenohipófisis.

El lóbulo posterior recibe sangre de las arterias hipofisarias inferiores, derivadas también de la carótida interna. Las venas de ambos lóbulos drenan la sangre en los senos cavernosos que se encuentran en la periferia de la glándula.

Inervación

La inervación de la hipófisis deriva de dos orígenes principales. Uno de ellos es de fibras vegetativas que terminan alrededor de los capilares sinusoidales de la *pars distalis* y el otro origen, de mayor importancia fisiológica, constituye el haz hipotálamo•hipofisario, pues las fibras llegan por el tallo pituitario y se distribuyen principalmente en el lóbulo posterior. Se ha demostrado que muchas fibras pasan al lóbulo anterior y a la eminencia media.

GLÁNDULA TIROIDES

La *glándula tiroides* se encuentra en íntima relación con el cartílago tiroideo de la laringe y su nombre proviene por la forma en escudo que presenta (*thyreas*, escudo oval; *oídos*, forma). Está formada por dos lóbulos de tejido glandular muy vascularizados unidos por un istmo.

La glándula tiroides está rodeada por dos cápsulas. La más externa se continúa con la aponeurosis cervical profunda y la más interna o verdadera cápsula de la glándula, es una delgada capa de tejido conjuntivo fibroelástico, de la cual parten tabiques que se introducen en el parénquima dividiendo la glándula en lóbulos y lobulillos; por los tabiques cursan vasos sanguíneos y linfáticos y nervios. El parénquima se desarrolla a partir de un brote medial de la base de la lengua y al principio del desarrollo de la masa de células endodérmicas proliferan y originan al parénquima tiroideo, constituido por una red de cordones. Estos últimos se fragmentan en pequeñas masas y en el interior de cada una aparece un espacio o luz que, en la medida que se almacena la secreción, aumenta de diámetro.

A este tipo de organización celular se le denomina *folículo*, y estos pueden tener forma y tamaño variable, en dependencia del grado de distensión que alcance a causa del almacenamiento de la secreción.

Los folículos componen los lobulillos y están rodeados por una fina membrana basal.

Estructura del folículo tiroideo

Los folículos son las unidades estructurales y funcionales de la glándula tiroidea, están muy cerca unos de otros, y se relacionan con una extensa red capilar. El producto de secreción que hay en su interior se denomina *coloide*.

El contenido coloidal de los folículos, después de fijada y coloreada la muestra, se observa como un material acidófilo sin estructura.

La proteína del coloide es principalmente una glucoproteína que, al combinarse con el yodo, forma un complejo de tiroglobulina. El coloide es PAS positivo por su contenido en carbohidratos.

La tiroglobulina es sintetizada por las células de los folículos, las cuales en su conjunto constituyen un epitelio simple cúbico cuya altura varía de acuerdo con el estado funcional de la glándula.

En los folículos se pueden observar dos tipos celulares: las células principales (foliculares) y las parafoliculares o células C.

Células foliculares

Estas son las células más abundantes, revisten la luz del folículo y presentan una polaridad definida (núcleo cerca de la base y aparato de Golgi entre el núcleo y la luz).

El citoplasma es basófilo, debido a la presencia de abundante RER. Las mitocondrias son filamentosas y el aparato de Golgi está muy desarrollado. En el citoplasma apical se pueden observar vesículas pequeñas que contienen un material moderadamente denso en su interior, se denominan *vesículas apicales*. En la superficie de contacto con el coloide se observan microvellosidades.

La síntesis de la tiroglobulina es muy similar a la de otras glucoproteínas. La proteína se sintetiza en el RER, donde también se adicionan algunos carbohidratos, después los productos ya elaborados pasan al aparato de Golgi, donde se les agregan otros azúcares. Por último, la glucoproteína queda incluida en vesículas formadas, *vesículas apicales*. Estas vacían su contenido en el coloide y pasan a formar parte de él. La tirosina y la leucina, a su vez, penetran en la base de la célula y se incorporan a las moléculas de tiroglobulinas que son secretadas hacia la luz del folículo, donde ayudan a constituir el coloide. Las células de los folículos captan el yoduro que pasa por los capilares y los transforman en yodo; este posteriormente se une a los radicales de tirosilo en el coloide. Así se evidencia que la yodación de la hormona tiene lugar en el coloide y no en las células.

Posteriormente, la superficie de la célula en contacto con el coloide endocita el material coloidal que penetra en el citoplasma, dentro del cual se combina con los lisosomas; aquí por acción de las enzimas hidrolíticas, se desintegra la tiroglobulina y se liberan hormonas tiroideas, que luego pasan al torrente vascular. Todos los procesos que intervienen en la síntesis y secreción de las hormonas tiroideas tienen lugar de forma continua y simultánea. Estas hormonas, secretadas por las células foliculares, tienen un

notable efecto sobre la regulación del índice metabólico. La tiroxina aumenta el metabolismo celular, por lo cual se relaciona con el crecimiento, la diferenciación y el desarrollo.

La falta de hormonas tiroideas provocan el cretinismo en la infancia, con retardo del crecimiento y retardo mental (RM). En el adulto produce mixedema con abotagamiento facial, piel seca, somnolencia (letargo) y enlentecimiento de la ideación (lentitud cerebral).

En dietas carentes de yodo se produce un bocio, incremento de tamaño de la glándula tiroides, por el aumento del contenido de los folículos. Con la ausencia de las hormonas aumenta la secreción de TSH y las células se hacen más activas, como falta el yodo producen coloide pero no pueden producir hormonas tiroideas lo que provoca mayor secreción de TSH. Con la producción excesiva de coloide aumenta el tamaño de los folículos y por ende del tiroides, es el llamado bocio coloidal.

El aumento de producción de hormonas tiroideas, el hipertiroidismo, se caracteriza por hiperplasia de las células foliculares y aumento del tamaño del tiroides a expensas del número de células (bocio parenquimatoso). El hipertiroidismo se manifiesta por pérdida de peso, nerviosismo, fatiga y taquicardia. La enfermedad de Graves pertenece a este tipo de bocio, y a los síntomas antes mencionados se le añade protrusión de los globos oculares (exoftalmia), que aunque se mejore la enfermedad por el tratamiento adecuado, se mantiene el progreso de la exoftalmia por el incremento de la TSH sino se garantizan niveles adecuados de hormonas tiroideas en sangre. El hipertiroidismo se puede producir por la presencia de IgG, hipertiroidismo autoinmune, que se fija en los receptores basolaterales incrementando la estimulación de las células producida por la TSH.

Células parafoliculares.

Estas células, derivadas de las crestas neurales, son más voluminosas que las células foliculares, no están en contacto con la luz del folículo y se encuentran situadas en la parte interna de la membrana basal y rodeadas por ella. Presentan citoplasma pálido y al M/E se observa un aparato de Golgi y mitocondrias muy prominentes. Lo más característico es la abundancia de numerosas vesículas redondeadas que contienen la hormona calcitonina o tirocalcitonina.

La hormona disminuye la concentración de calcio en el plasma sanguíneo por acción directa en el hueso, inhibiendo la resorción ósea y, por tanto, la actividad de los osteoclastos. El estímulo, para que se secrete la hormona, es la hipercalcemia.

La glándula tiroides se relaciona con la adenohipófisis, puesto que esta última produce la hormona tirotrópica que estimula la producción de tiroxina.

GLÁNDULA PARATIROIDES

Las *glándulas paratiroides* son pequeños cuerpos ovoides de color pardo que se hallan

sobre la superficie de la cara posterior de la tiroides. Generalmente se presentan dos pares de glándulas paratiroides en el hombre, aunque puede haber más. Este tipo de glándula se desarrolla a partir del engrosamiento de la tercera y cuarta bolsa branquial de cada lado.

En el humano posee una delgada cápsula externa de tejido conjuntivo que se proyecta en tabiques muy delgados al interior de la glándula. Estos tabiques delgados transportan vasos san-guíneos y linfáticos y nervios. Una fina red de fibras reticulares sirve de sostén al parénquima que está formado por cordones celulares.

Las células epiteliales son de dos tipos: principales y acidó-filas. Las células principales a su vez se dividen en lúcidas y densas.

1. - Células principales oscuras. Son las células productoras de la hormona paratiroidea, la cuál eleva las concentraciones de Ca^{++} en sangre por estimulación de los osteoclastos y aumento de la resorción de Ca^{++} en los túbulos contorneados

distales. Aumenta, también, la absorción intestinal de Ca^{++} .

Son células poliédricas de 5 a 8 μm de diámetro, con un núcleo central de cromatina laxa, gránulos de lipofucsina de tamaño variable, glucógeno escaso y abundantes gránulos secretorios, más pequeños que los de lipofucsina, que se colorean con hematoxilina férrica. Con el M/E se observa un Golgi yuxtanclear del cual se originan los gránulos secretorios que se colocan periféricamente. Los gránulos secretorios tienen un contenido denso y son variables en forma. Los gránulos de lipofucsina son claros con un contenido denso heterogéneo y de tamaño variable. Las mitocondrias en número escaso son alargadas. Se presentan ocasionales desmosomas entre las células y cisternas del RER.

2. - Células principales claras. Son más numerosas y se diferencian de las oscuras por presentar pocos gránulos secretorios y glucógeno abundante que le confieren vacuolización al citoplasma con la técnica de H/E, de ahí su nombre de claras o lúcidas. El Golgi es pequeño. Se consideran células inactivas.

3. - Células oxífilas. Son algo mayores que las principales, de 6 a 10 μm de diámetro. El citoplasma es intensamente acidófilo debido a la presencia de numerosas mitocondrias. Con el M/E se observan las mitocondrias alargadas con crestas apretadas. El Golgi es pequeño, el RER escaso y poseen poca cantidad de glucógeno en forma de gránulos aislados. El núcleo es esférico, central, de cromatina laxa y algo mayor que el de las células principales.

Hay otro tipo de célula acidófila que se considera una célula transicional y que se diferencia por tener el núcleo más pequeño y heterocromático.

Las células oxífilas son escasas en número y se presentan aisladas o en grupos de

pocas células. No se conoce su función.

Las glándulas paratiroides producen la paratohormona u hormona paratiroidea; dicha hormona es producida por las células principales densas. No se conoce la función de las acidófilas.

Las glándulas paratiroides son esenciales para la vida. En ausencia, se produce un brusco descenso del nivel del Ca^{++} sanguíneo, lo que trae como consecuencia violentas contracciones del músculo esquelético; esto es conocido como *tetania hipo calcémica*. La función principal de estas glándulas es la regulación de la concentración de los iones calcio en los líquidos orgánicos. Una disminución de la concentración del calcio en el plasma, hace que la paratiroides libere una mayor cantidad de paratohormona, la que actúa sobre las células óseas y en particular, sobre los osteoclastos, provocando así un aumento de la resorción ósea.

GLÁNDULA SUPRARRENAL

Las *glándulas suprarrenales* se hallan situadas en los polos superiores de los riñones. Macroscópicamente se diferencia en ellas una *corteza* (amarilla) y una *médula* (parda).

En su disposición la corteza envuelve a la médula. Ambas regiones son distintas, tanto desde el punto de vista embriológico como funcional. La corteza se desarrolla a partir del epitelio celómico que reviste la cavidad corporal primitiva y la médula se origina del tejido simpático cromafínico de las crestas neurales. La gruesa corteza externa segrega corticosterooides y la fina médula segrega adrenalina y noradrenalina.

En ambas porciones las células se organizan en cordones epiteliales.

Corteza suprarrenal

La corteza es dividida en tres zonas de aspecto microscópico diferente e incluso sin límites definidos entre ellas, denominándoseles zonas glomerular, fasciculada y reticular.

Zona glomerular. En la zona glomerular, las células son cilíndricas y están dispuestas formando estructuras esféricas. El citoplasma es basófilo y el núcleo de estas células se colorea intensamente. En esta zona se segregan mineralocorticoides (desoxicorticosterona y aldosterona). Estas hormonas controlan el equilibrio de sodio y potasio en el cuerpo. La más potente es la aldosterona.

El principal factor que controla la secreción de aldosterona parece ser la concentración de angiotensina II en la sangre; además, intervienen los niveles de K^+ . La ACTH segregada por la adenohipófisis regula la secreción de las hormonas producidas por las zonas fasciculada y reticular de la corteza suprarrenal.

Zona fasciculada. En el hombre ocupa el 78% aproximadamente del total de la corteza.

Sus células son poliédricas, de forma más regular y dispuestas en cordones rectos. Las células pueden ser binucleadas y sus núcleos son vesiculares.

El citoplasma contiene gran cantidad de gotitas de lípidos y se observa muy vacuolado. Estas características hacen que las células de esta zona se denominen *espongiocitos*. Estas células tienen gran concentración de colesterol y también se observan en su citoplasma grandes cantidades de ácido ascórbico (vitamina C).

En esta zona se producen los glucocorticoides, siendo de ellos el más activo el cortisol o hidrocortisona. El cortisol actúa en un elevado número de eventos metabólicos. Tiene efecto sobre el metabolismo de las proteínas y es una hormona catabólica; también actúa sobre el tejido linfático, pues su administración produce rápida disminución del timo y del bazo. Por otra parte, la cortisona tiene efecto antiinflamatorio.

Zona reticular. Constituye, en el hombre, aproximadamente el 7% del total de corteza. Sus células forman una red de cordones anastomosados, poseen un núcleo pequeño y el citoplasma es acidófilo y contienen abundantes gránulos de tipo fucsina. En el citoplasma acidófilo de estas células se pueden observar abundantes gránulos de lipofucsina. En esta zona se producen los sexoesteroides.

Características morfológicas comunes. Las hormonas producidas por la corteza son esteroides que independientemente de poseer diferentes efectos biológicos, tienen una estructura molecular semejante, lo cual provoca que intervengan en su síntesis los mismos organitos citoplasmáticos. En los tres tipos de células se encuentra altamente desarrollado el REL, en forma de red de tubos anastomosados; las mitocondrias que presentan crestas tubulares, y el RER, están presentes sobre todo en las células de las zonas glomerular y fascicular.

Médula suprarrenal

La *médula suprarrenal*, a diferencia de la corteza, no es indispensable para la vida. Está constituida por cordones de células epiteliales rodeados por capilares fenestrados y de fibras simpáticas preganglionares. Produce catecolaminas (adrenalina y noradrenalina) y, al parecer, en los momentos de *stress* contribuye a mantener la homeostasis y a preparar al organismo para hacer frente a las situaciones de emergencia.

Características celulares. Las características más importantes de las células de la médula suprarrenal es la presencia de gránulos secretores que se pueden evidenciar por la reacción cromafínica.

Mediante métodos morfológicos e histoquímicos se pueden diferenciar dos tipos de células: las noradrenérgicas, que contienen gránulos con un centro electrón denso que contienen noradrenalina (norepinefrina) y las adrenérgicas que presentan gránulos homogéneos y menos densos. Los gránulos de estos últimos contienen adrenalina. Los dos tipos se diferencian por métodos histoquímicos y la utilización del M/E:

Célula adrenérgicas	Células noradrenérgicas
---------------------	-------------------------

Contienen adrenalina	Contienen noradrenalina
Alta afinidad por el azocarmin	Baja afinidad por el azocarmin
No tienen fluorescencia	Son autofluorescentes
No son argentafines	Argentafines
Positivas a la fosfatasa ácida	Negativas a la fosfatasa ácida
Son negativas al yoduro de potasio	Son positivas al yoduro de potasio
M/E. Gránulos de contenido menos electrondenso y más homogéneo	M/E. Gránulos con un centro electrondenso y más clara la periferia

Los gránulos secretorios además de catecolaminas presentan cromogranina, proteína soluble; ATP; y encefalinas. Las catecolaminas representan el 20 % del contenido de los gránulos.

Las catecolaminas con el ATP y cationes bivalentes forman agregados moleculares complejos de alto peso molecular que las mantiene dentro de los gránulos. Las fibras ganglionares despolarizan la membrana de las células cromafines dejando entrar Ca^{++} , lo que dispara el mecanismo de liberación del contenido de los gránulos.

El número de gránulos varía según el estado secretor de la célula.

Además de las células cromafines en los cordones se pueden observar células ganglionares aisladas o en pequeños grupos.

Importancia del riego sanguíneo radial córtico-medular

Con la distribución radial de los capilares sinusoidales desde los plexos subcapsulares hacia la médula se produce influencia hormonal, con modificación de la estructura celular, de cada capa sobre las siguientes. Experimentos realizados han demostrado que la presencia de mineralocorticoide hace que las células de la capa fascicular no produzcan, por eso mismo las células de la reticular solo producen sexoesteroides. En el caso de la médula la presencia de cortisol mantiene dentro de límites normales la producción y secreción de catecolaminas.

El colesterol, componente de la LDL es captado por pinocitosis mediada por receptores de la membrana celular y sus ésteres se almacena en las goticas de lípido del citoplasma de las células corticales. El colesterol liberado de las goticas de grasa pasa al REL donde sufre cambios enzimáticos y luego en la membrana interna de la mitocondria se sintetiza a partir de él los productos hormonales finales.

El mineralocorticoide aldosterona (0.05 a 0.2 mg por día), es liberado por la acción de la angiotensina II que se produce a partir de la enzima renina del riñón al bajar el Na^+ o aumentar el K^+ en sangre. La secreción de aldosterona es influenciada por la ACTH y la hormona natriurética atrial pero la influencia mayor proviene del mecanismo renina-angiotensina.

La producción del glucocorticoide cortisol (20 a 30 mg por día) es controlada por la ACTH que al ser captada por receptores de la membrana de las células de la zona fascicular provocan la liberación del colesterol de las gotitas de lípido y el proceso de formación de la hormona en el REL y la mitocondria. En solo 30 min. se puede incrementar de 2 a 5 veces su producción y la estimulación crónica con ACTH produce hipertrofia del REL y de las mitocondrias, con unos incrementos de 10 a 20 veces en la secreción del cortisol. Otra hormona relacionada, la corticosterona, se produce solo en pequeñas cantidades en el hombre. El cortisol aumenta la gluconeogénesis a partir de aa.aa., disminuye la síntesis proteica aumentando los aa.aa. en sangre, moviliza los ácidos grasos y el glicerol del tejido adiposo para su conversión en glucosa, es antiinflamatorio por estabilización de la membrana lisosomal en los sitios de inflamación y disminuyendo la permeabilidad de los capilares. Causa atrofia del tejido linfoide y disminución del rechazo de órganos trasplantados por estimular la apoptosis de los linfocitos tímicos.

La dehidroepiandrosterona, andrógeno, se produce en poca cantidad. En individuos con hiperplasia adrenal congénita falta la enzima 21-hidroxilasa y los intermediarios del cortisol se convierten en andrógenos produciendo virilización en niñas y desarrollo precoz de los genitales en niños.

Los tumores hiperfuncionantes de la corteza suprarrenal producen efectos de acuerdo con la zona afectada. En el Cushing se produce por aumento de la secreción de glucocorticoides.

En el Adisson se produce una insuficiencia de la corteza suprarrenal, lo cual eleva los niveles de ACTH en sangre. Esta enfermedad se puede producir por suprimir bruscamente el empleo de glucocorticoides a pacientes que los han estado ingiriendo crónicamente. Esta supresión brusca puede producir la atrofia de la corteza, lo cual puede producirse también por tuberculosis o infecciones. El Adisson transcurre con pérdida de peso, debilidad, disminución de la presión sanguínea, aumento de la pigmentación de la piel y muerte por desequilibrio hidromineral sino es tratado de forma adecuada el paciente.

Tumores de la médula, como los feocromocitoma, producen gran cantidad de catecolaminas. Sus principales síntomas son; crisis de hipertensión paroxística con cifras alta de TA (tensión arterial), sudoración e hipoglicemia. El diagnóstico puede realizarse al eliminar los síntomas con la utilización de bloqueadores de las catecolaminas, fundamentalmente la noradrenalina que es la que produce aumento de la TA por vasoconstricción periférica.

Paraganglios

Esta denominación agrupa varios acúmulos dispersos de células, que al parecer tienen mucho en común con la médula suprarrenal y asociados al sistema nervioso.

Sus células presentan reacción cromafin y junto con la médula suprarrenal se agrupan

bajo la denominación de *sistema cromafin*.

Son muy vascularizados y constan de células principales y de sostén, segregan catecolaminas.

ISLOTES PANCREÁTICOS

Los islotes pancreáticos de Langerhans son pequeños acúmulos celulares en estrecha relación con los capilares sanguíneos y muy ricamente innervados, constituyen la parte endocrina del páncreas y están separados de la porción exocrina por una fina red de fibras reticulares.

En preparaciones his-tológicas corrientes los islotes se presentan como placas ovas más claras que el resto del parénquima. Se encuentran dispersos en la porción exocrina sin orden fijo y en número variable.

En esta parte del páncreas se secretan varias hormonas: in-sulina, glucagón, somatotina y el polipéptido pancreático (P.P.).

Estructura histológica. En preparaciones histológicas corrientes no se evidencian los gránulos de secreción de las células de los islotes, se necesitan métodos especiales de tinción para poder diferenciar principalmente dos tipos celulares: las células alfa o acidófilas y las células beta o basófilas. También se observan en menor cantidad otros tipos de células: las células D o células Delta, las células F ó PP y no diferenciadas o células C.

Al M/O las células de los islotes tienen en general una forma poligonal irregular con sus núcleos esféricos centrales, presentan abundantes mitocondrias cilíndricas y un pequeño aparato de Golgi.

Al M/E se hacen evidentes las diferencias entre los tipos celulares, y también las características y la naturaleza de los gránulos.

Células beta o basófilas. En el humano comprenden el 60% de la población celular; ocupan el centro de los islotes y sus gránulos se tiñen de violeta con fucsina paraldehído, y de azul con hematoxilina crómica. Los gránulos de secreción son vacuolas claras de aproximadamente 200 nm de diámetro, con una zona central más densa de naturaleza cristalina. El contenido de los gránulos es la hormona insulina.

El descubrimiento de la insulina aconteció como resultado de la observación de enfermos con *diabetes mellitus*, llegándose a la conclusión de que esta enfermedad se originaba por falta de los islotes en producir dicha hormona. La acción de la insulina estriba en disminuir la glucemia. Además, esta hormona disminuye el azúcar de la sangre de diversas formas y facilita el almacenamiento de glucógeno en los hepatocitos.

Células alfa o acidófilas. Son menos numerosas (20 %) y ocupan las zonas periféricas del islote. Se presentan como células más voluminosas que las basófilas, y sus gránulos de secreción se tiñen de amarillo con fucsina paraldehído y de rojo con hemato-xilina crómica. Al M/E los gránulos se presentan como estructuras redondeadas y densas, contienen hormona glucagón. Esta hormona tiene acción opuesta a la insulina, por lo que aumenta la glucemia y facilita la gluconeogénesis en los hepatocitos y, por tanto, la entrada de glucosa a la sangre.

Células delta. Son menos numerosas aún (10 %) y se encuentran entre las células alfa; sus gránulos son homogéneos y menos densos que en las anteriores. Los gránulos de secreción contienen somatostatina. También se conocen como células A y se encuentran principalmente en el humano.

La somatostatina es una hormona hipotalámica que inhibe la secreción de la hormona de crecimiento por la hipófisis anterior, así como la secreción de insulina y glucagón.

Células F ó PP. Las células F ó PP producen el polipéptido pancreático. Son células muy escasas en el islote y la función del polipéptido no es aún clara.

Existe por último, un tipo de célula conocido como célula indiferenciada que al parecer representa una célula en reposo que contiene muy pocos gránulos. Se plantea que esta pueda diferenciarse en células alfa o beta.

Otros tipos celulares que aparecen en otras especies están aún en estudio.

GLÁNDULA PINEAL

La glándula pineal es un cuerpo pequeño que mide aproximadamente 8 mm de longitud y 4 mm de ancho, unido mediante un tallo al extremo posterior del techo del 3er. ventrículo. La piamadre la cubre parcialmente y forma una cápsula delgada de la que parten tabiques divisores de la glándula en lobulillos. En estos lobulillos encontramos dos tipos celulares: los pinealocitos y las células de neuroglia.

Pinealocitos. Los pinealocitos son células de núcleo esférico o indentado, excéntrico y de cromatina laxa. Su citoplasma es ligeramente basófilo y presenta poco lípido. Con impregnación de plata exhiben procesos celulares largos que terminan en expansiones bulbosas que se aplican a los vasos capilares. Al M/E el contorno del núcleo es algo irregular y de cromatina periférica, el Golgi es pequeño, presenta RER y REL, mitocondrias numerosas de forma variable. Se presentan láminas anulares y abundantes microtúbulos en los procesos celulares. En los extremos de los procesos se presentan pequeñas vesículas con centros electrondenso. Se observan cintas sinápticas agrupadas por regiones y que se hacen más numerosas de noche (la secreción de melatonina es mayor de noche). Los pinealocitos son las células productoras de las hormonas de la pineal.

La principal hormona es la melatonina que se libera en periodos de oscuridad. La melatonina es un potente antioxidante que retarda el envejecimiento y elimina radicales

que son nocivos para las células del organismo. Los cambios provocados por la iluminación se transmiten por vía ojo-pineal a través del ganglio cervical superior. Además se han detectado la arginina vasotocina, que es supresor de las hormonas gonadotróficas, la antigonadotrofina pineal y un factor liberador de gonadotrofinas. En los ciclos diurnos libera fundamentalmente serotonina.

Las células neuróglícas, principalmente representadas por astrocitos y microglías, son los elementos de sostén.

La glándula pineal del humano y de algunos mamíferos, a menudo contiene concreciones calcáreas, denominadas *acérvula o arena cerebral*, que se incrementa con la edad; su estructura cristalina se asemeja a la de los cristales de hidroxapatita. La función de esta glándula no está bien dilucidada. En los mamíferos es un vestigio del sistema fotorreceptor de los vertebrados inferiores y parece tener función secretoria.

Se ha podido demostrar la presencia de melatonina y serotonina en la glándula pineal del humano y de otros mamíferos. La melatonina modifica la función gonadal y se plantea que su secreción está relacionada con el momento de la presentación del estro en los animales.

En el hombre se plantea la influencia de la glándula pineal en el desarrollo gonadal en el periodo anterior a la madurez sexual, puesto que los tumores pineales en niños provocan el retardo de la pubertad, a causa de la hiperactividad de esta glándula.

Correlación histofisiológica en el sistema endocrino

Las glándulas endocrinas están constituidas en general, por acúmulos de células secretoras de origen epitelial incluidas en tejido conjuntivo rico en capilares sanguíneos y linfáticos.

El revestimiento endotelial de los capilares sinusoides, en los tejidos endocrinos, presenta de manera característica fenestraciones; se cree que estas últimas facilitan el paso de hormonas hacia los capilares.

Las células secretoras liberan las hormonas hacia los espacios intersticiales, desde donde son absorbidas rápidamente hacia el sistema circulatorio.

Las características ultraestructurales de las células parenquimatosas de las glándulas endocrinas varían en dependencia de la naturaleza química de la hormona.

En las células productoras de hormonas protéicas ó glu-coprotéicas se manifiesta el RER muy desarrollado, al igual que el aparato de Golgi y las mitocondrias. En la adenohipófisis, el tiroides y las paratiroides se producen hormonas proteicas.

Las células productoras de hormonas esteroideas, tales como las de la corteza suprarrenal, las del cuerpo lúteo y las células de lisosomas Leydig tienen un desarrollo

notable del REL.

[VOLVER A WEB](#)