

LA CÉLULA

La célula es la unidad estructural de todos los seres vivos y tiene la capacidad de realizar las funciones vitales esenciales.

También la capacidad de organizarse y diferenciarse dando lugar a los diferentes tejidos y órganos.

La célula está formada por la membrana plasmática y el citoplasma, este lo podemos encontrar de dos maneras, citoplasma indiferenciado o citosol y citoplasma diferenciado donde vamos a encontrar todas las sustancias que provienen del metabolismo celular.

También encontraremos el citoesqueleto de la célula, todos los orgánulos y el núcleo.

El citosol va a contener todos los elementos del citoplasma diferenciado.

1. LA MEMBRANA CELULAR O CITOPLASMÁTICA

Es una lámina delgada que envuelve la célula y que separa el citoplasma del medio externo. Su estructura se denomina mosaico fluido, que consiste en una bicapa lipídica a la que se asocian proteínas y polisacáridos, los lípidos que forman la membrana están unidos débilmente entre si lo que les permite moverse libremente en el seno de cada capa, incluso saltar de cada a capa, también las proteínas no están fijas sino que flotan por la membrana.

1.1 COMPONENTES

a) Bicapa

Estos lípidos son dos:

- Fosfolípidos que es el componente más abundante y tiene un carácter antipático, esto es que tiene dos partes, una cabeza polar que tiene simpatía por el agua y una cabeza apolar que no, por ese motivo las cabezas polares una esta hacia el citoplasma y otra hacia el exterior.
- El otro tipo de lípidos es el colesterol, que también es una molécula antipática y tiene una estructura plegada, va a llenar los huecos que quedan entre las dobleces de los tallos de ácidos grasos insaturados.

b) Proteínas

Encontramos proteínas intrínsecas o integrales que se encuentran en el seno de la membrana.

O proteínas extrínsecas que están adheridas a la superficie externa o interna.

O proteínas transmembranasas que van a ocupar todo el espesor de la membrana.

1.2. LOS POLISACARIDOS (GLUCOCALIX)

El glucocalix es la asociación de los polisacáridos con las proteínas o con los lípidos, en su mayoría están unidos a las proteínas.

A microscopio óptico, si hacemos una tinción con Pas se ve rosa.

Las funciones del glucocalix son de reconocimiento celular, de protección mecánica y química.

1.3. ESPECIALIZACIONES O DIFERENCIACIONES DE LA MEMBRANA CELULAR

Se dan sobre todo en el tejido epitelial

1. ESPECIALIZACIONES DE LA PORCIÓN APICAL

Que es la parte externa de la célula.

MICROVELLOSIDADES

Son proyecciones de la membrana plasmática, las podemos encontrar en el epitelio del intestino delgado que forma el borde estriado y en el epitelio renal que forma el borde en cepillo.

Son los mas corto de los 3, en el interior de las microvellosidades hay citoplasma que contiene filamentos proteicos finos de actina, estos mantienen la estabilidad de las microvellosidades y va a permitir su acortamiento y su elongación, esto sirve para impedir obstrucciones en el intestino delgado.

CILIOS

Son más largos y móviles, se proyectan desde las superficies epiteliales, las podemos encontrar en el aparato respiratorio y van a facilitar el paso del moco al exterior y en el aparato reproductor donde facilita el paso del óvulo al útero. Son menos numerosos.

ESTEROCILIOS

Son microvellosidades extremadamente largas, fácilmente visibles al microscopio, su estructura interna está formada por filamentos.

Los podemos encontrar en pequeñas cantidades en el epidilio y cumplen funciones de absorción.

2. ESPECIALIZACIONES DE LAS PORCIONES LATERALES

Estas van a permitir al epitelio formar una capa unida de manera continua en la que todas las células se comunican, tenemos e tipos:

INTERDIGITACIONES

Son pliegues entre caras laterales de dos células vecinas que aumentan la zona de unión entre estas dos células vecinas.

COMPLEJOS DE UNIÓN

Dos tipos:

UNIONES DE TIPO OCLUDENS

Son uniones estrechas que se localizan por debajo de la superficie apical. Van a sellar los espacios intercelulares para evitar la penetración de los contenidos apicales.

UNIONES DE TIPO ADHERENS

Funcionan como puntos de anclaje para el citoesqueleto de cada célula. Las podemos encontrar en el músculo cardiaco y músculo liso y en células epiteliales.

Existen dos tipos de uniones:

- La zónula adherente que se encuentra por debajo de las uniones ocluyentes y forman una banda continua alrededor de toda célula reforzando así las uniones ocluyentes.
- La mácula adherente o desmosoma se encuentra debajo de la zónula adherente y se encuentran en forma de parches circulares alrededor de toda la célula, el espacio que queda entre las membranas están ocupados por filamentos finos y transversos que se unen a medio camino.

A ambos lados de la membrana existe una placa electrodensa que unen los filamentos de la célula.

UNIONES DE TIPO GAP JUNCTION O NEXO

Se encuentra en el músculo cardiaco y en el liso, son zonas de contacto intercelular circulares que contienen ciertos de poros diminutos que van a permitir el paso de pequeñas moléculas entre las células, cada poro está formado por un par de cilindros que penetra en la membrana de la célula opuesta y cada cilindro está formado por seis proteínas transmembrana.

3. ESPECIALIZACIONES DE LAS PORCIONES BASALES QUE ASCIENDAN LA CÉLULA.

HEMIDESMOSOMAS

Van a proporcionar el anclaje del citoesqueleto a la membrana citoplasmática basal y a la lámina basal, se llama así porque es la mitad de un desmosoma donde se anclan filamentos intermedios.

INVAGINACIONES

Sirven para el intercambio de sustancias.

2. CITOPLASMA

Se encuentra rodeado por la membrana plasmática y en su interior encontramos el núcleo y las estructuras citoplasmáticas

Se divide en dos:

- una parte indiferenciada o citosol que es la zona que no presenta estructuras y esta formado en un 80% por agua.
- citoplasma diferenciado, aquí hay productos derivados del metabolismo celular, el citoesqueleto, los orgánulos y el núcleo.

CITOPLASMA DIFERENCIADO

• PRODUCTOS DEL METABOLISMO.

- Glucógeno

Es un almacén de glucosa y lo podemos encontrar en los hepatocitos y en las fibras musculares.

- Lípidos

Al microscopio óptico se ven espacios vacíos en blanco, para poder verlo se necesitan tinciones especiales como sudan negro o sudan III

- Proteínas

Que son difíciles de ver al microscopio

- Gránulos de secreciones

Que tienen una morfología de tamaño variable y están rodeados por una membrana, para poder ver el contenido se necesitan pruebas especiales.

- pigmentos

Son sustancias coloreadas, pueden ser exógenos que provienen del exterior o endógenos que provienen del interior.

Dentro de los endógenos pueden ser los que están sintetizados por la propia célula como la melanina.

Otro pigmento endógeno es el que proviene de la degradación de sustancias de la propia célula, otro tipo es la lipofucsina que proviene del recambio de los orgánulos.

2. COMPONENTES DEL CITOESQUELETO

MICROFILAMENTOS

Se encuentran en la totalidad de las células y están constituidos por proteínas filamentosas como la actina que produce el acortamiento y la elongación de las microvellosidades, son las responsables de la estructura celular.

FILAMENTOS INTERMEDIOS

Son característicos de determinadas estirpes celulares.

Según donde se encuentren reciben diferentes nombres:

Los que se sitúan en las células musculares se llaman miofilamentos.

Los que están en las células epiteliales de la epidermis reciben el nombre de tonofilamentos, que están constituidos por citoqueratina.

MICROTÚBULOS

Están formados por tubulina que puede ser de dos tipos alfa tubulina y beta tubulina, los podemos encontrar de dos maneras, uno formando dimeros una alfa y una beta asociadas o se puede agregar en mas cantidad formando protofilamentos de tubulina.

La estructura del microtúbulo son 13 protofilamentos dispuestos en círculo formando un tubo hueco.

Estos microtúbulos crecen a partir del centrosoma de la célula.

CENTROSOMA

Es el centro organizador del citoesqueleto a partir de él crecen los microtúbulos, se sitúa cerca del núcleo, está formado por dos bastoncillos llamados centriolos perpendiculares entre sí, cada centriolo está formado por 9 tripletes de microtúbulos dispuestos de manera cilíndrica.

Funciones:

De él parten los microtúbulos que se irradian a la periferia de la célula, también parten de él los microtúbulos del huso acromático que se forman durante la división celular y también conforman el cuerpo basal de los cilios.

3. ORGÁNULOS

A) RIBOSOMAS

Son orgánulos celulares que solo pueden ser descritos por microscopio electrónico. Son muy pequeños y aparecen como partículas moderadamente electrodensas con una subunidad grande y otra pequeña que están acopladas.

Se encuentran de forma libre por todo el citoplasma (hialoplasma) o formando acúmulos que se llaman polisomas, que son grupos de 5 a 20 ribosomas unidos por un filamento de ARN mensajero. También aparecen asociados a la membrana del retículo endoplasmático rugoso y a la membrana nuclear y en el interior de las mitocondrias. Su función es la síntesis de las proteínas

B) RETÍCULO ENDOPLASMÁTICO RUGOSO

Está formado por una red interconexiónada de túmulos membranosos, vesículas y cisternas.

La mayor parte de su superficie está ocupada por ribosomas que le van a dar un aspecto granular o rugoso.

Lo podemos encontrar asociado al aparato de Golgi y sus funciones son la síntesis de proteínas, el transporte y una función mecánica porque también sirve de soporte a la célula.

C) RETÍCULO ENDOPLASMÁTICO LISO

Es una red irregular de túmulos y vesículas membranosas carentes de ribosomas, se encuentra en continuidad con el retículo endoplasmático rugoso y con el aparato de Golgi.

La mayoría de las células no tienen gran cantidad de retículo endoplasmático liso, se encuentran como elementos dispersos entre los orgánulos a excepción de las células hepáticas y en las células especializadas en la síntesis de lípidos.

Se especializa en el transporte intercelular de iones Ca +, también destoxifica productos nocivos y drogas, que se realiza en las células hepáticas.

D) COMPLEJO DE GOLGI

Se encuentra constituido por cisternas, en número de 4 a 8 conformando un dictosoma, cada cisterna tiene una pared central estrecha que se dilata en los extremos.

Presenta dos caras, una convexa que es la cara de formación donde se encuentran las vesículas de formación y

una cara cóncava que es la cara de maduración o secreción que serán liberados al exterior por exocitosis. Todas estas cisternas están rodeadas de membrana plasmática.

Se encuentra asociado al retículo endoplasmático rugoso y sus funciones son, intervenir en la síntesis proteica y participar en el intercambio de membranas y en la síntesis de glicoproteínas y glicolípidos de membrana.

E) LISOSOMAS

Están rodeadas por membrana y se van a formar a partir del retículo endoplasmático rugoso y el aparato de Golgi, en su interior se encuentran encimas hidrolíticas que van a producir la degradación de moléculas como hidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos.

Puede ser de dos tipos:

- lisosomas primarios que van a tener una morfología variable y a microscopio electrónico se observa un contenido granular amorfo.
- lisosomas secundarios, a microscopio electrónico se observan unas masas más electrodensas.

Van a producir en procesos de degradación:

- Heterofagia

Con este proceso degradan sustancias que vienen del exterior.

Cuando una sustancia viene del exterior y entra en la célula se forma un fagosoma o vacuol heterofágica que se fusiona con un lisosoma primario formando el lisosoma secundario, lo que no se ha degradado puede quedar en el interior del lisosoma formando un cuerpo residual cuyo contenido será eliminado al exterior de la célula por exocitosis.

También estos cuerpos residuales se pueden acumular en el interior de la célula dando lugar a pigmentos como la lipofucsina, o si se ha degradado completamente la membrana del lisosoma rompe descargando su contenido al citoplasma

- Autofagia

Es la degradación de sustancias de la propia célula, el proceso es el mismo que el anterior pero no capta sustancias del exterior.

F) PEROXISOMA

Son orgánulos pequeños y esféricos que están rodeados de membrana y son muy similares a los lisosomas, la diferencia es que tienen encimas oxidativas de tipo oxidasas que van a participar en la oxidación de los ácidos grasos, de esta oxidación se va a formar un compuesto que es citotóxico (puede matar a la célula) y va a ser utilizado por las células del sistema de defensa para matar microorganismos.

G) MITOCONDRIAS

Son orgánulos alargados, son móviles, su organización dentro de la célula es en los lugares donde se requiera mayor energía.

Su número es variable dependiendo de la actividad de la célula, su estructura consiste en una doble membrana, una externa y una interna que va a formar pliegues o crestas mitocondriales.

Entre ambas membranas está el espacio intermembranoso y en el interior de la membrana interna se encuentra la matriz mitocondrial, al microscopio electrónico en la membrana interna podemos encontrar encimas implicados en la producción de ATP. También podemos encontrar ribosomas en la matriz mitocondrial que dan un aspecto granulado y ADN. Hay gránulos matriciales electrodensos que no se sabe su función.

La función de las mitocondrias es participar en la respiración celular con la formación de ATP.

4. MOVIMIENTOS CELULARES

Las células necesitan relacionarse entre sí y para ello necesitan moverse.

Todas las células tendrán cierta posibilidad de movimiento. Hay diferentes mecanismos que provocan la movilidad de la célula:

El movimiento celular con desplazamiento.

Es el movimiento ciliar, flagelar y ameboide.

Los movimientos ciliar y flagelar se realizan mediante cilios y flagelos. El movimiento ameboide se realiza mediante pseudópodos, se realiza gracias a cambios en el hialoplasma, de estado sólido a fluido, que provocan unas corrientes citoplasmáticas que producen deformaciones de la membrana celular entonces, la célula se desplaza. Ejm:

Este movimiento es importante en los procesos de endocitosis o fagocitosis que captan sustancias mediante este tipo de movimientos enviando lengüetas.

El movimiento celular sin desplazamiento.

Pueden ser de dos tipos:

Los que producen deformación en la célula.

Movimiento contráctil

Característico de las células musculares mediante microfilamentos.

Movimiento pulsátil

Son movimientos de contracción y relajación de diferentes partes del citoplasma y se observa en neuronas.

Los que no producen deformación en la célula.

Movimiento Browniano

Son movimientos de temblores en el interior del citoplasma a consecuencia del bombardeo de moléculas en el citoplasma.

Movimiento de ciclosis

Es característico de las plantas.

Movimientos de Vayvem

Son una serie de estructuras que se mueven en el citoplasma de delante hacia atrás.

5. NÚCLEO

Es donde se encuentra el material genético y donde se codifican todas las proteínas que tiene la célula.

Está rodeado por una membrana nuclear formada por dos membranas, una interna y otra externa, entre las dos está el espacio perinuclear.

En estas membranas hay dos puntos donde se encuentran unidas dejando pequeños orificios que son los poros nucleares, estos orificios están rodeados por 8 proteínas en forma de anillo que conforman el complejo de Golgi.

5.1.CROMATINA

En el interior del núcleo está la matriz nuclear o el nucleoplasma en cuyo interior podemos encontrar la cromatina que son todas las estructuras electrodensas que podemos observar al microscopio.

La cromatina es ADN cromosómico asociado a las nucleo proteínas, estas pueden ser de dos tipos:

- las histonas que son poco abundantes e intervienen en el plegamiento del ADN
- las no histonas que son mas abundantes e intervienen en la replicación del ADN.

Dependiendo del grado de plegamiento de la cromatina hay dos tipos:

- la heterocromatina que el ADN está plegado
- la eucromatina que son hebras dispersas de ADN.

5.2. NUCLEOLO

Al microscopio electrónico se observa una estructura mas densa y al óptico generalmente es basófilo.

El número de nucleolos dentro del núcleo es de uno o de dos, la composición es de ADN, núcleo proteínas, proteínas encimáticas y ARN.

En el núcleo hay 3 porciones:

- La pars fibrilar que son filamentos sueltos de ARN y proteínas.
- La pars granular que son gránulos de ARN y proteínas
(estas dos partes conforman el nucleolema)
- Heterocromatina que se encuentra asociada al nucleolo.

5.3. CROMOSOMAS

Se forman a partir de la cromatina, son cadenas de ADN apareadas y enrolladas en una doble hélice, cada cadena está formada por la repetición de un grupo fosfato una base nitrogenada y una pentosa.

Las bases nitrogenadas son de dos tipos, la purina que son dos, adenina y guanina, y las pirimidinas que son la timina y la citosina. Se asocia una purina con una pirimidina de la cadena contraria y se asocia adenina con timina y guanina con citosina.

Cuando la célula se va a dividir estos filamentos se van a agrupar mas ocupando menos espacio y van a dar lugar a los cromosomas. Estos cromosomas en la división celular se van a duplicar y estos se unen en el centro por el centrómero, cada uno de los brazos del cromosoma duplicado se llama cromátida.

En el centrópodo es donde se une el cromosoma duplicado con los microtúbulos del huso acromático.

El centrómero según donde se localicen los cromosomas se pueden clasificar en metacéntricos si se encuentran en el centro, en submetacéntrico que está desplazado del centro y el acrocéntrico cuando el centrómero está desplazado mas al extremo y telocéntrico donde el centrómero se encuentra en el extremo.

6. DIVISIÓN CELULAR

Existen dos mecanismos de división celular:

MEIOSIS

En el proceso de meiosis de una célula diploide se obtienen 4 células hijas aploides. Este tipo de división sólo la realizan las células sexuales.

En el proceso de la meiosis se hacen dos divisiones, en la primera división meiotica partimos de una célula $2n$ y obtenemos $2n$.

DIFERENCIAS CON LA MITOSIS

En la mitosis cada cromosoma homólogo se divide por el centrómero, en la meiosis no ocurre esto, lo que ocurre es que un cromosoma duplicado de cada par homólogo emigra a cada polo del huso, así al final de la primera división meiotica cada célula hija tiene la mitad de la dotación de los cromosomas.

Una segunda diferencia con la mitosis es que va a haber intercambio de alelos entre las cromátidas de los pares homólogos, se conoce como sobrecruzamiento, estas zonas se encuentran unidas en quiasmas y el resultado de esta división es la formación de 4 cromátidas diferentes a la de la madre.

En la segunda división meiotica es una mitosis normal pero sin duplicación de los cromosomas.

MITOSIS

Con la división mitótica de una célula madre vamos a obtener 2 células hijas exactamente igual.

FASES:

INTERFASE

Que se divide en tres fases:

- G1 que es una fase de crecimiento celular

- Síntesis que es de replicación del ADN
- G2 donde la célula sigue creciendo y se prepara para la división. Durante la interfase los centriolos también se duplica

FASES DE LA MITOSIS:

Profase

Donde los cromosomas se hacen visibles dentro del núcleo, el nucleolo desaparece y cada par de centriolos se va cada uno a un polo y entre ellos se forma un huso de microtúbulos

Metafase

Donde la envoltura nuclear desaparece y cada cromosoma duplicado se fija a los microtúbulos del huso por el cinetoporo y todos los cromosomas se disponen en la zona ecuatorial de la célula, a esta disposición se le llama placa ecuatorial o metafísica.

Anafase

En esta se va a producir la rotura del centrómero que une a las cromátidas de cada cromosoma duplicado. El huso mitótico se alarga y los centriolos se distancian y las cromátidas son conducidas por los microtúbulos a los extremos opuestos del huso, así se va a producir una disposición genética igual.

Telofase

Los cromosomas vuelven a su estado original y el nucleolo se hace aparente, en el centro de la célula aparece un surco que va estrangulando a la célula y la divide en 2 células hijas.

7. TRANSPORTE A TRAVÉS DE LA MEMBRANA

1. TRANSPORTE DE MOLÉCULAS DE BAJO PESO

Se realiza mediante transporte activo y pasivo

1.1. PASIVO

Consiste en la difusión de sustancias a través de la membrana y se produce de las zonas donde hay más a donde hay menos.

El transporte pasivo se puede realizar de dos maneras

- difusión simple

Que es el paso de pequeñas moléculas de donde hay mas a donde hay menos, esta difusión se puede realizar de dos maneras.

- a través de la bicapa, que lo hacen moléculas como los lípidos. También sustancias apolares como el oxígeno y el nitrógeno y también otras moléculas de pequeño tamaño como el agua y el dióxido de carbono.
- A través de canales que se realiza mediante las proteínas de canal, son proteínas con un canal interno cuya apertura está regulada por el ligando, que se une al receptor de la proteína y abre el canal
- Difusión facilitada

Va a permitir el paso de moléculas como aminoácidos o monosacáridos, son moléculas que no pueden atravesar la bicapa y tienen que ser ayudadas por proteínas transportadoras que se unen a la proteína y esta arrastra la molécula hasta el interior de la célula, una vez dentro proteína y molécula se separan.

1.2. ACTIVO

Va a requerir un gasto de energía y se hace de donde hay menos a donde hay más, para realizar este transporte se requieren proteínas de membrana, un ejemplo es la bomba de sodio potasio, esta bomba va a requerir de una proteína transmembranosa que bombea tres iones de sodio al exterior y recoge dos iones de potasio hacia el interior.

• TRANSPORTE DE MOLÉCULAS DE ELEVADO PESO MOLECULAR.

2.1. Endocitosis

La célula capta partículas del exterior mediante una invaginación de la membrana que va a englobar la partícula, se produce una estrangulación de la invaginación originando una vesícula con el material ingerido.

La endocitosis dependiendo de la naturaleza de las partículas ingeridas se denomina pinocitosis si se realiza la ingestión de líquidos o partículas en disolución, fagocitosis que forma grandes vesículas o fagosomas que ingieren microorganismos o restos celulares, o endocitosis mediada por un receptor que sólo entra la sustancia siempre que exista un receptor de membrana para ella.

2.2. Exocitosis

Mediante la cual las moléculas contenidas en vesículas citoplasmáticas van a ser eliminadas al exterior. Para eso la membrana de la vesícula y la membrana plasmática se tienen que fusionar. Debe haber equilibrio entre endocitosis y exocitosis

2.3. Transcitosis

Este permite que una sustancia pueda atravesar todo el citoplasma de un polo a otro de la célula por procesos de endocitosis y exocitosis.

Este transporte se da en células endoteliales que forman los capilares sanguíneos y transportan sustancias desde el medio sanguíneo hasta los tejidos que los rodean por medio de vesículas de transcitosis.

8. DIFERENCIACIÓN CELULAR

Todas las células del organismo son distintas porque sufren unas adaptaciones con el fin de especializarse a una serie de funciones, es decir, las células sufren un proceso de diferenciación celular.

Mediante este proceso las células van a adquirir una forma y una función determinada especializándose así en un tipo celular, por ejemplo células nerviosas, células sanguíneas, musculares, etc.

Estas células también se irán agrupando y formando tejidos. Hay células que son capaces de diferenciarse en varios tipos celulares que se llaman pluripotentes y se conocen como células madre, también hay células que son capaces de diferenciarse en todo tipo celular y se llaman totipotentes, por

ejemplo el cigoto.

Los mecanismos por los cuales se realiza esta diferenciación celular no están muy claros, se cree que intervienen ciertas sustancias en este proceso. Se produce durante la interfase, suele existir una relación inversa entre el grado de diferenciación celular y la capacidad de división, cuanto más especializada está una célula menos capacidad de división tiene, así podemos clasificar las células en 3 poblaciones celulares:

- Población de células altamente diferenciadas que han perdido su capacidad de división
- Población de células en expansión, es decir, que están bien diferenciadas pero que ante determinadas circunstancias pueden dividirse, por ejemplo los hepatocitos.
- Población de células poco diferenciadas con gran capacidad de división celular por ejemplo las células de la médula ósea que dan lugar a las células sanguíneas.

9. MUERTE CELULAR

Dentro de la muerte celular hay dos tipos, la apoptosis y la necrosis.

9.1. APOSTOSIS

También se conoce como muerte celular programada, es un conjunto de reacciones bioquímicas que ocurren en las células de un organismo pluricelular encaminadas a producir la muerte de la célula de una manera controlada. Sólo afecta a una célula y se dice que la célula se suicida activando una serie de encimas denominadas caspasas que son las que autodestruyen a la propia célula.

a) Esta apoptosis tiene una serie de fases:

1. La fase de inducción o señalización. En esta fase se van alternando los procesos de señalización de la célula con procesos de supervivencia, si predominan los primeros se acaba produciendo la apoptosis, si predominan los segundos se inhibe el proceso de apoptosis.
2. En una segunda fase o fase efectora una vez que la célula está programada para morir, se produce el punto de no retorno, en esta fase la membrana celular no se destruye, lo que impide la salida de su contenido al espacio extracelular, dando lugar a un proceso silencioso sin inflamación. En el citoplasma también se produce una condensación con conservación de ciertos orgánulos en especial las mitocondrias, y a nivel nuclear la cromatina se condensa, fenómeno que se conoce como pycnosis y da lugar a cuerpos apoptóticos.
3. La tercera fase o fase de degradación es en la que actúan las caspasas que actúan rompiendo enlaces entre proteínas y ADN. En esta fase la membrana celular forma como unas vacuolas donde va englobando los elementos deteriorados del citoplasma y del núcleo.
4. La cuarta fase o fase fagocítica donde los macrófagos fagocitan la estructura degenerada de la célula. No se produce ninguna reacción inflamatoria, todo este proceso dura de 30 a 60 minutos en células en cultivo. Se ha observado que las células que tardan más tiempo en realizar todo el proceso son los hematocitos que tardan 3 horas.

Si observamos este proceso en un microscopio electrónico podemos observar unas imágenes:

- fragmentos de cromatina agrupados en conglomerados globuriformes.

- granulación fina del contenido citoplasmático.
- la persistencia de orgánulos hasta el final del proceso como son las mitocondrias.
- la integridad de la membrana celular.

Al microscopio óptico se han investigado la formación de cuerpos apoptóticos en el núcleo mediante tinciones de derivados de uridina.

9.1.1 FUNCIONES DE LA APOSTOSIS

A) La primera función es la eliminación de tejidos dañados o infectados:

- Cuando hay daños que no se pueden reparar.
- Cuando la célula ha sido infectada por un virus.
- Ante condiciones de estrés como la falta de alimentos o daños del ADN provocado por tóxicos o radiaciones.

Es posible que la capacidad de una célula para hacer la apoptosis se encuentre dañada debido a mutaciones o si hay un virus, en este momento que la célula está dañada seguirá dividiéndose originando un tumor que puede llegar a ser canceroso.

B) La segunda función es la del desarrollo.

La muerte celular programada es parte integral del desarrollo de los tejidos animales pluricelulares y no provoca respuesta inflamatoria, la célula en vez de hincharse y reventar es fagocitada por macrófagos y algunas células vecinas.

C) La tercera función es la de homeostasis

En un organismo adulto la cantidad de células que componen un órgano o tejido debe permanecer constante, por ejemplo las células de la sangre y la piel se renuevan constantemente y la proliferación debe ser compensada con la muerte de otras, debe haber un equilibrio entre las células que nacen y las que se mueren.

Este proceso se da cuando la relación entre mitosis y la muerte celular está en equilibrio, si este equilibrio se rompe pueden ocurrir dos cosas, que las células se dividan más rápido de lo que se mueren desarrollando un tumor y que las células se dividen mas lento de lo que mueren provocando un grave trastorno de la pérdida celular, ambos estados pueden ser fatales o dañinos.

D) La cuarta función es la regulación del sistema inmunitario.

Hay ciertas células del sistema inmunitario que son los linfocitos B y T, que intervienen en la defensa del organismo diferenciando entre lo sano y lo enfermo, lo propio y lo extraño.

Para que estas células cumplan su función deben estar en perfecto estado, cuando están viejas deben ser eliminadas por procesos de muerte celular programada para que así se generen otros linfocitos y puedan seguir realizando su misión de defensa.

9.1.2. ENFERMEDADES VINCULADAS CON LA APOSTOSIS.

Hay dos tipos:

- **Enfermedades asociadas a la inhibición de la apoptosis:**

Como son el cáncer, enfermedades auto inmunitarias como pueden ser el lupus eritematoso o la glomerulonefritis autoinmunitaria, infecciones virales como herpes virus, adenovirus o poxvirus.

- **Enfermedades asociadas a un aumento de la apoptosis**

El SIDA, enfermedades neurodegenerativas como alzheimers o parkinson, síndromes mielodisplásicos, daños isquémicos como el infarto de miocardio y daños hepáticos producidos por el alcoholismo.

9.2. NECROSIS CELULAR

Es un conjunto de alteraciones morfológicas que se producen después de la muerte celular.

La necrosis es la muerte celular como resultado de una inflamación debida a una falta de oxígeno o agentes externos como el calor, el frío, etc.

La necrosis se puede producir por autolisis o heterolisis.

- **La autolisis:**

Se produce cuando los lisosomas intracelulares son los que van a provocar la destrucción celular

- **La heterolisis**

Se produce cuando son otras células, como los macrófagos, los encargados de la destrucción celular.

Por otra parte el proceso de necrosis celular va a provocar la aparición de los siguientes cambios intercelulares:

La picnosis, la cariolisis que es la destrucción de la cromatina, la cromatolisis que es la disolución de los cromosomas, la carrioresis que es la fragmentación de la cromatina.

Todos estos cambios se suceden a lo largo del tiempo y nos permiten diferenciar las células que van a morir o que ya están muertas de las que todavía están sanas, por ejemplo en un infarto agudo de miocardio se pueden observar los siguientes cambios a lo largo del tiempo:

- A los 5 o 15 segundos de producirse el infarto se puede detectar en un electrocardiograma.
- A los 5 o 15 minutos se pueden observar en microscopio electrónico cambios en las mitocondrias.
- A las 6 u 8 horas de producirse se pueden ver cambios histoquímicas.
- A las 12-24 horas se observan cambios en el microscopio óptico
- A las 24-48 horas ya se observan cambios microscópicamente.

9.2.1 TIPOS DE NECROSIS

Según la causa etiológica o el tejido afectado podemos diferenciar distintos tipos de necrosis que son

- **Por coagulación**

Está producida por una isquemia, esta es la causa mas frecuente de necrosis. En microscopio óptico se puede distinguir fácilmente por la marcada eosinofilia y también se observa la conservación estructural general del tejido.

- **La colicuativa o liquificación**

Esta se produce normalmente en el sistema nervioso central ya que es la típica que se produce en tejidos con gran contenido lipídico e hídrico, se caracteriza por la fluidificación del tejido muerto, en este tipo de necrosis podemos encontrar cavidades llenas de pus.

- **Caseosa**

Esta es típica de la tuberculosis aunque hay otras enfermedades que pueden causarla como la lepra o la micosis. Esta necrosis se caracteriza por producir cavidades llenas de caseum, esto es una sustancia blanca, mate, de aspecto seco muy similar al queso seco.

- **Gomosa**

Esta es similar a la anterior pero con mayor consistencia, es típica de la sífilis.

- **Fibrímoide**

Se produce por la tumefacción y por la homogenización de las fibras de colágeno, se ve en enfermedades como artritis reumatoide o en vaculitis.

- **Cérea**

Esta se observa en la fiebre tifoidea que es una enfermedad infecciosa producida por la salmonela Typhi y que afecta a la capa muscular de la pared abdominal y se llama así porque el músculo esquelético adquiere una coloración similar a la cera.

- **Gangrenosa.**

Esta está causada por la digestión del tejido necrótico por parte de bacterias saprófitas, esta necropsia puede ser de tres tipos:

- Una necrosis gangrenosa seca que es de color negro y es a causa de la desecación progresiva de las piernas, donde la piel experimenta un proceso de momificación.
- Necrosis gangrenosa húmeda que es cuando se afectan órganos internos, hay hemorragia y necrosis.
- Necrosis gangrenosa gaseosa causada por el clostridium Welchii que produce la fermentación del azúcar liberando CO₂, esto produce una crepitación porque este gas se queda atrapado bajo la piel.

- **Grasa o esteatonecrosis**

Esta se produce cuando se necrotiza el tejido adiposo, existen dos tipos.

- **Encimática**

Que es característica de las pancreatitis en la que los encimas pancreáticos pueden ser liberados fuera

del tubo digestivo y producir la digestión del tejido adiposo, estos encimas también pueden lesionar estructuras vasculares produciendo hemorragias internas.

- La traumática

Que aparece en la mama y en el epiplón, el epiplón es una envoltura que rodea al estómago y el intestino y está unido a la pared de la cavidad abdominal.

Esta necrosis se produce por la rotura de los adipocitos y produce un aumento de tejido fibroso, este proceso va a dificultar en la mama el diagnóstico diferencial con un tumor de origen neoplásico.