





C.P. Enrique C. Etienne Pérez del Río
PRESIDENTE

Dr. José Luis Pariente Fragoso
VICEPRESIDENTE

Dr. Héctor Cappello García
SECRETARIO TÉCNICO

C.P. Guillermo Mendoza Cavazos
VOCAL

Dr. Marco Aurelio Navarro Leal
VOCAL

Mtro. Luis Alonso Sánchez Fernández
VOCAL

Mtro. José David Vallejo Manzur
VOCAL

BIOLOGÍA CELULAR Y TISULAR

TOMO I

Marina Magdalena Ondarza R.

Primera edición, 2016

Biología celular y tisular

/ Autor: Marina Magdalena Ondarza R. – México, Tamaulipas: Universidad Autónoma de Tamaulipas, 2016.

152 p.; 17 x 23 cm – (Colección: La Generación del Conocimiento con Valores)

Consejo de Publicaciones UAT

consejopublicacionesuat@outlook.com

Tel. (52) 834 3181-800 • extensión: 2948 • www.uat.edu.mx

Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta obra —incluido el diseño tipográfico y de portada—, sea cual fuere el medio, electrónico o mecánico, sin el consentimiento por escrito del Consejo de Publicaciones UAT.

ISBN: 978-607-7654-87-2



Fomento Editorial Una edición del Departamento de Fomento Editorial de la Universidad Autónoma de Tamaulipas

Edificio Administrativo, planta baja, CU Victoria

Ciudad Victoria, Tamaulipas, México

Libro aprobado por el Consejo de Publicaciones UAT

D. R. © 2016, UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE TAMAULIPAS

Matamoros, s.n, Zona Centro, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. C.P. 87000

A
Ti mi Señor Dios,
Dios y Hombre verdadero,
Que tienes el poder para realizar
Obras maravillosas
No alcanzadas a comprender por la inteligencia humana.

Un agradecimiento especial con mucho amor a mi esposo Salvador †
y a mis hijos
Salvador y Armando Raúl
Por brindarme todo su apoyo.

Marina Magdalena Ondarza Rodríguez

- MCP, Maestro en Ciencias, Especialidad Morfología, Maestra en Docencia en Educación Superior
- Presidenta de la Academia de Formación Disciplinar de Médico Cirujano
- Jefe del Departamento de Biología Celular y Tisular
- Profesor Titular de Biología Celular y Tisular y Organografía Microscópica
- Facultad de Medicina e Ingeniería en Sistemas Computacionales de Matamoros

Prefacio

Biología Celular y Tisular en la primera parte y *Organografía Microscópica* como complemento; pretenden proporcionar al estudiante el material mínimo indispensable para los compromisos del curso práctico; seleccionando lo más significativo y relevante del curso teórico, para aplicarlo a la praxis e invitarlo a encontrar en el aprendizaje la relación de la estructura (que visualizará en la práctica) con la ultraestructura y morfofisiología (que aprenderá en la teoría), facilitando su comprensión y explicación.

En estos instrumentos de aprendizaje, el alumno encontrará la orientación y las herramientas necesarias para la autoconstrucción del conocimiento, asesorado por el profesor para que en forma conjunta se facilite la comprensión en la identificación y descripción de los componentes intracitoplasmicos de las células y su diferenciación. Así como la identificación de los diferentes tejidos que constituyen a un organismo completo (encontrando algunas semejanzas estructurales comparadas con mamíferos). De esta manera se proporciona una guía útil de estudio que se complementará con la teoría.

Esta obra da un enfoque didáctico de apoyo para el estudiante de pregrado aproximándolo al conocimiento de los conceptos básicos de la célula y los tejidos; ayudándolo a comprender las competencias específicas de cada unidad de aprendizaje del curso así como las habilidades y actitudes que necesita. Mostrándole la utilidad y sentido lógico de aprenderlas para aplicarlas a las principales patologías hasta integrarlas en el análisis de problemas clínicos. Es aconsejable utilizar un software llamado MI INSTRUCTOR VIRTUAL, que funciona como un maestro privado que permitirá desarrollar cada una de las practicas del laboratorio, fortaleciendo las competencias del curso en forma integral, ya que está editado de forma amigable, pronto lo tendremos en línea para su uso. El alumno aprenderá jugando con los conceptos, mientras aplica el constructivismo como modelo.

La *Biología Celular y Tisular* es algo así como la amalgama para muchas otras disciplinas de la medicina. Es necesaria dentro del currículo de Medicina, Odontología, Veterinaria, Biología, y otras carreras.



Introducción

Nunca consideres el estudio como una obligación, sino como una oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber.
Albert Einstein

La *Morfología* es el estudio de la forma y de la estructura de los seres vivos, en sus aspectos normales; se divide en ramas:

La *Anatomía Macroscópica*, ciencia que estudia las estructuras de las diferentes partes del cuerpo y las relaciones entre ellas, a simple vista. Se divide en: descriptiva y topográfica.

La *Biología de Desarrollo*, estudia el desarrollo de la forma y estructura de un individuo desde su concepción hasta el nacimiento, tanto macro como microscópicamente.

La *Anatomía Microscópica*, también llamada *Histología Humana*, es una ciencia que experimenta grandes avances fortalecida por los estudios de la microscopía electrónica, la clonación de células en cultivo, la secuenciación de proteínas y la genética molecular para impulsar necesariamente el nacimiento de la *Biología Celular y Tisular* y la *Organografía Microscópica* como ciencias activas, revolucionarias, y sobre todo precisas, como partes activas de la actual *Morfología*.

La *Biología Celular y Tisular*, es la ciencia que se encarga del estudio de la forma y estructura normal de los componentes microscópicos estructurales, ultraestructurales y morfofisiológicos que constituyen a la célula; así como las sociedades de células que forman a los diferentes tejidos y sus interrelaciones. Esto es posible mediante el uso de instrumentos (sistema de lentes, bobinas electromagnéticas y rayos láser) que amplifican las imágenes que no se pueden ver a simple vista. La *Microscopía* permite reconocer las estructuras del cuerpo humano desde los niveles orgánico, tisular, celular y molecular. Las muestras deben prepararse de forma adecuada a cada medio de observación y a las características que se desea estudiar, mediante diferentes tipos de microscopios que van desde el microscopio óptico hasta el confocal.

Ciencias relacionadas con la *Biología Celular y Tisular*:

- *Organografía Microscópica*
- *Biología del Desarrollo*
- *Genética*
- *Bioquímica*
- *Inmunología*
- *Fisiología*
- *Cuando las estructuras del cuerpo dejan de ser morfológicas o normales; entran en el grupo de las ciencias anatomopatológicas.*

La *Organografía Microscópica* es la parte de la morfología, consecuente de la *Biología Celular y Tisular* y se encarga del estudio de la estructura microscópica de los órganos que forman parte de los aparatos y sistemas que componen a un organismo. Es una ciencia que se encuentra entre las materias que se consideran competencias transversales: *Biología Celular y Tisular, Biología Molecular, Biología del Desarrollo, Anatomía Descriptiva, Fisiología, Genética e Inmunología*. Dentro del progreso del conocimiento morfológico, hoy por hoy la *Organografía Microscópica* se ha fortalecido con los avances de la tecnología de investigación, la microscopía de luz, electrónica, medios de cultivo, receptores de superficie con anticuerpos marcados y otras herramientas de la investigación biomédica, para estudiar la estructura, ultraestructura y morfofisiología microscópica de los órganos de un ser vivo a partir de dos modelos teóricos: órganos huecos o tubulosos y órganos compactos o parenquimatosos. El curso pretende que los estudiantes adquieran la habilidad de identificar y conocer la morfología microscópica e integrar la asociación de los tejidos para dar origen a los órganos; y éstos a los aparatos y sistemas, además de propiciar con la guía del profesor el auto-aprendizaje, para que puedan comprender, identificar y describir las distintas estructuras que componen a los diversos órganos esenciales; así podrán entender los procesos fisiológicos y bioquímicos para explicar cómo las alteraciones estructurales producen trastornos y enfermedades.

Índice de contenido

Biología celular y tisular primera parte

Prefacio

Introducción

1. Microscopio	13
2. Métodos para preparar tejidos	28
3. Célula	38
I. Citoplasma	39
II. Núcleo	46
III. Citogenética	50
4. Tejido epitelial I	56
I. Generalidades	56
II. Clasificación	57
III. Características de epitelios simples	59
5. Tejido epitelial II	65
I. Características de epitelios estratificado	65
6. Tejido epitelial III	71
I. Características de epitelios glandulares	71
II. Características de epitelios especiales	76
7. Tejido conjuntivo I	80
I. Generalidades y clasificación	80
II. Características	81
III. Tipos de tejido conjuntivo	86
8. Tejido conjuntivo II	95
I. Generalidades	95
II. Tejido cartilaginoso	95
III. Tipos de cartílago	97
IV. Tejido óseo	101
V. Formas de estudiar el tejido óseo	101
9. Tejido muscular	110
I. Generalidades	110
II. Músculo liso	111
III. Músculo estriado esquelético	112
IV. Músculo estriado cardiaco	115

10. Tejido nervioso	120
I. Generalidades	120
II. Componentes del tejido nervioso	120
11. Sangre	133
I. Generalidades	133
II. Plasma	133
III. Elementos figurados	134
12. Médula ósea y tejido hemopoyético	144
I. Generalidades	144
II. Médula ósea	144
III. Series hemopoyéticas	145

1. Microscopio

Competencia: Reconoce y distingue la función de cada tipo de microscopio utilizado para entender, observar, describir y diagnosticar estructuras, así como su buen cuidado y manejo.

Para iniciar nuestro estudio microscópico se analizarán los diferentes tipos de microscopio. Esta herramienta permite el conocimiento de estructuras que van desde el nivel tisular hasta el nivel molecular. Estudiaremos los usos del microscopio y su resolución de acuerdo a las características particulares de cada modelo.

Los microscopios son instrumentos que sirven para aumentar la imagen de los objetos que a simple vista no se pueden observar. Se dividen en tres grupos: el microscopio óptico, el microscopio electrónico y el microscopio confocal (Ver clasificación en cuadro 1).

Microscopio óptico de campo claro. Es un instrumento compuesto por una parte mecánica, una parte óptica y un sistema de iluminación (Fig. 1; cuadro 2).

La parte mecánica es importante, porque es la que sostiene a la parte óptica y está compuesta por:

a) Base o pie: es pesada y es la que da estabilidad al microscopio, sobre ella descansa el brazo o columna y está empotrado al transformador de corriente y a la lámpara de iluminación.

b) Columna o brazo: está conectada a la base, tiene diversas formas (recta o encorvada) de acuerdo al modelo del microscopio. En la parte inferior se encuentra un sistema de tornillos de movimiento rápido o macrométrico y de movimiento lento o micrométrico de la platina (diseñados para realizar el enfoque de las muestras).

c) Tubo: es una pieza ubicada en la parte superior del brazo en un ángulo aproximado de 45° , en el extremo superior se encuentran los tubos incrustados para los lentes oculares y en su extremo inferior se conecta al revólver que es una pieza metálica donde se enroscan las lentes objetivas.

d) Platina: es una plataforma sostenida de la parte interna del brazo por medio de un sistema que le permite ascender o descender en un rango de 26 a 76 mm.

e) Subplatinas: son las piezas que se encuentran situadas debajo de la platina que sirven de sostén al sistema de iluminación donde se ubica el condensador. Éstas pueden contener aros para filtros y el diafragma.

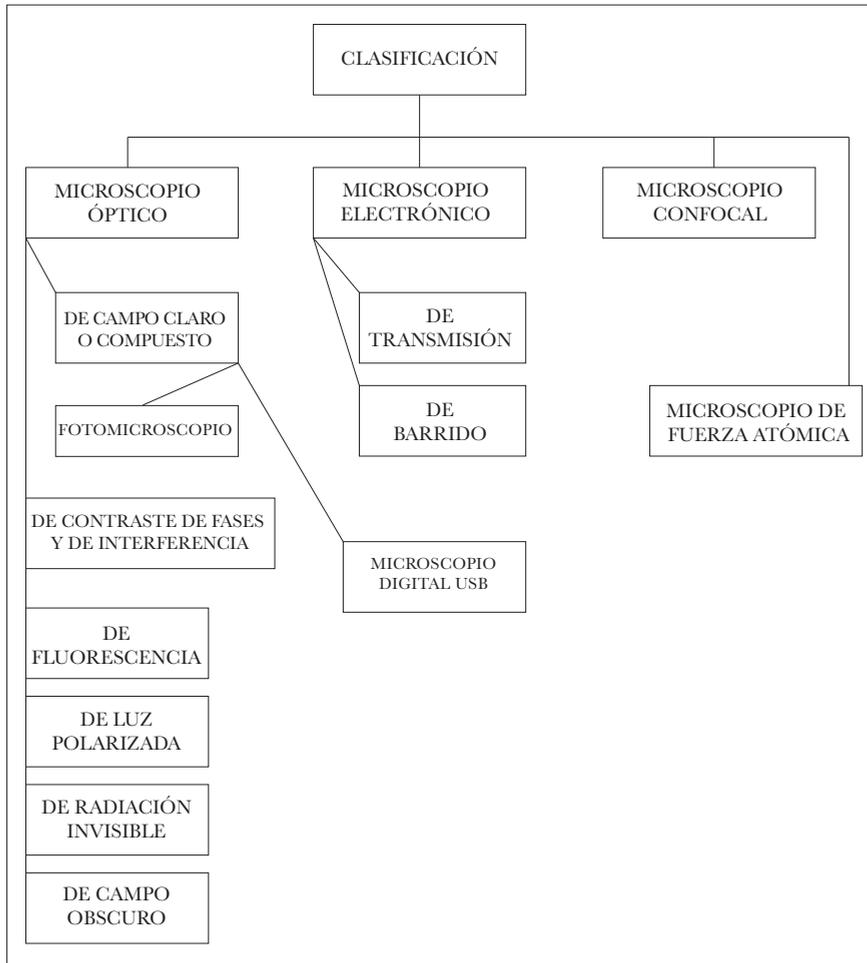
f) **Revólver:** es una pieza metálica giratoria que permite intercambiar los diferentes objetivos enroscados y así poder obtener distintos aumentos durante la observación.

La parte óptica es un sistema de lentes adecuados de tal manera que permiten una imagen del objeto examinado.

Una lente es un cristal u otro tipo de material transparente. Las lentes pueden ser biconvexas, bicóncavas, plano cóncavas, plano convexas y todas aquellas combinaciones que se puedan realizar según la necesidad para poder amplificar las imágenes que se deseen observar o dirigir la luz al objeto.

El sistema óptico del microscopio está compuesto por:

Cuadro 1



a) Lentes oculares: son un sistema de lentes plano convexas adheridos a los extremos del tubo, a la lente inferior se le llama colectora o de campo y recibe la imagen virtual recogida del objetivo y la superior es la ocular propiamente pegada al ojo del observador con un diafragma circular entre ellos. Estas lentes se unen por un sistema de tubos binoculares que aumentan la imagen por lo general 10 veces (10X), aunque hay algunos microscopios que pueden tener aumentos de 6X, 12X, etc.

b) Lentes objetivas: Están formadas por la asociación de juegos de lentes convergentes de diferentes aumentos que se ubican en las muescas del revólver y van desde 4X, 10X, 40X, 100X. Son las únicas lentes del sistema óptico que tienen poder de resolución.

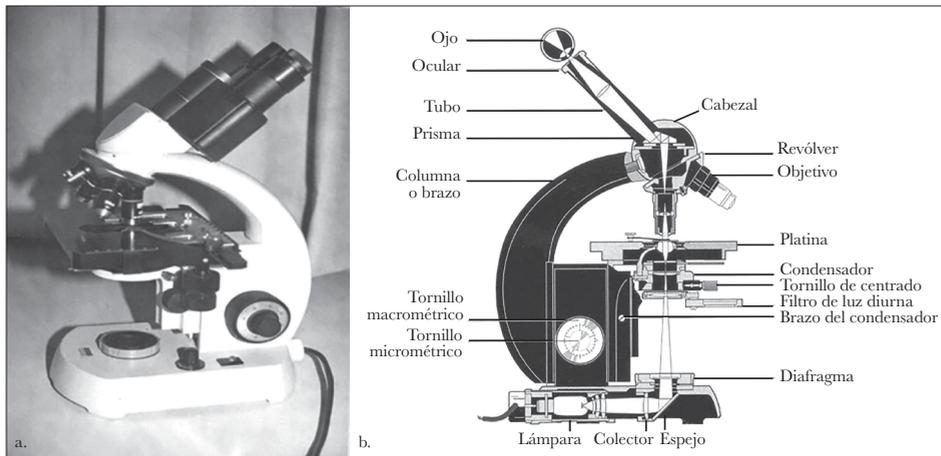


Fig. 1. Microscopio Compuesto, Carl Zeiss.

a. Imagen del microscopio, b. señala los componentes del microscopio.

El poder de resolución (PR) es la capacidad de separar los más finos detalles del objeto que se observa, ya que permite separar dos puntos muy próximos entre sí. El PR depende del índice de refracción del medio(n) y de la apertura numérica (AN). La AN= $n \cdot \sin \theta$

Las lentes objetivas las podemos clasificar de acuerdo al índice de refracción del medio(n) en: Lentes en Seco y Lentes de Inmersión.

Las lentes secas son aquellas en las que se interpone aire entre la lente y la muestra (n del aire es=1 como lo son los objetivos de 4X, 10X, 40X).

Las lentes de inmersión son aquellas en las que se interpone un líquido (aceite de inmersión) entre la lente y la muestra (n del líquido es >1 , generalmente es $n=1.5$ como el objetivo de 100X).

Los objetivos tienen grabados los aumentos en su superficie metálica (4X, 10X, etc.) la AN (Por ejemplo: 40/0.65), la longitud mecánica del tubo (170 mm), el espesor del portaobjetos (0.17), pero si en vez del número tiene (1-) significa sin numeración, se puede usar en cualquier espesor.

c) Condensador: Es un sistema de lentes convergentes que se encuentran en la subplatina; se encarga de regular la proyección del haz de luz hacia la muestra, además, presenta un diafragma que se encarga de regular en forma mecánica la entrada del haz de luz que proviene del sistema de iluminación.

d) Filtros: Son cristales o medios transparentes con color situados debajo del diafragma, filtrando el espectro de la luz, el más frecuente es de color azul violeta el cual absorbe las longitudes de onda del rojo y del amarillo emitidos por el filamento metálico de la lámpara.

e) Lente basculante: Es una lente frontal que trabaja en forma auxiliar para grandes aumentos que se mueve por medio de una palanca que está bajo el condensador.

La parte iluminadora es un sistema compuesto por una fuente de iluminación que consta de una lámpara de bajo voltaje (6v 5w) y un regulador de voltaje que controla la entrada de energía a la lámpara. Además, presenta un tornillo en la base para regular la intensidad de iluminación.

Cuidado y manejo del microscopio

1. Cuando no se utiliza, se debe de guardar cubierto con una campana de franela preferentemente, para protegerlo del polvo y la humedad.
2. Se debe trasladar tomándolo del brazo y base.
3. La parte mecánica se limpia con una franela.
4. La parte óptica se limpia con papel especial para lentes.
5. No se debe destornillar los objetivos.
6. Si se va a utilizar:
 - a) Hay que comprobar que funciona la fuente iluminadora.
 - b) Colocar la preparación sobre la platina, siempre con el cubreobjetos hacia arriba, fijando la preparación con las pinzas o el sujetador del carro de deslizamiento.

c) Ascender la platina con el sistema de tornillos macro-micrométrico para afinar el enfoque, primero con el macro y luego con el micrométrico.

d) Enfocar comenzando la observación con objetivos de menor aumento para tener una vista panorámica de la muestra; luego se localiza la zona a observar y se le va dando los aumentos necesarios.

e) Cada vez que cambie de objetivo se debe de tener la precaución de bajar un poco la platina para evitar que la preparación se pueda romper al chocar contra la lente.

7. Si va a finalizar:

a) Seguir el orden inverso a la iniciación de la observación.

b) Descender la platina con el tornillo macrométrico.

c) Dejar el revólver con el objetivo de menor aumento.

d) Retirar la muestra.

e) Si se utilizó aceite de inmersión hay que retirarlo de la lente objetiva.

f) Apagar la fuente de iluminación y doblar la conexión.

g) Cubrir el microscopio con su cubierta.

Unidades de medida utilizados:

Ángstrom $1\text{Å} = .1\text{nm} = 10^{-1}\text{ nm} = 10^{-3}\text{ }\mu\text{m} = 10^{-7}\text{ mm} = 10^{-10}\text{ m}$

Nanómetro $1\text{ nm} = 10\text{ Å} = 10^{-3}\text{ }\mu\text{m} = 10^{-6}\text{ mm} = 10^{-9}\text{ m}$

Micrómetro $1\text{ }\mu\text{m} = 10^4\text{ Å} = 10^3\text{ nm} = 1000\text{ nm} = 10^{-6}\text{ m}$

Milímetro $1\text{ mm} = 10^7\text{ Å} = 10^6\text{ nm} = 10^3\text{ }\mu\text{m} = 1000\text{ }\mu\text{m} = 10^{-3}\text{ m}$

Centímetro $1\text{ cm} = 10\text{ mm} = 10^4\text{ }\mu\text{m} = 10^{-2}\text{ m}$

Metro $1\text{ m} = 100\text{ cm} = 1000\text{ mm}$

El poder de resolución máximo del:

a) Ojo humano es de .1 mm o 100 μm

b) Microscopio óptico .25

microscopio electrónico .2 nm o 2 Å

c) Microscopio confocal está determinado por el número y tamaño de los píxeles, pero oscila alrededor de 2048X2048 píxeles, con una resolución óptica en combinación de microscopios de 25 nm.

Fotomicroscopio y microscopio digital USB. Ambos microscopios se caracterizan, porque presentan los mismos componentes mecánicos y ópticos.

El fotomicroscopio tiene como accesorio una cámara fotográfica para captar las imágenes del campo visual.

El microscopio digital USB es un instrumento de óptica idéntico al microscopio compuesto, las imágenes captadas por el microscopio se pueden visualizar en la pantalla de una PC mediante una conexión USB.

Microscopio de contraste de fases. Es una modificación del microscopio óptico de campo claro. Este tipo de microscopio es muy utilizado para estudiar células vivas y no teñidas como los cultivos de tejidos. Este tipo de microscopio presenta un dispositivo entre el diafragma y la platina que transforma las diferencias de fases de la luz en variaciones de amplitud o intensidad.

El diafragma es anular, el cual produce un efecto de fase que depende de la interferencia dada entre la imagen directa que se forma por el rayo de luz que pasa por el centro de la muestra y la imagen refractada producida por los rayos laterales que pasan a los lados de la muestra; de esta manera podemos explicar que la imagen producida se vale de 2 grupos de rayos los incidentes de la muestra y los difractados de la muestra, dándonos de esta manera, una imagen brillante del objeto observado.

Microscopio de interferencia. Este microscopio se considera un perfeccionamiento del microscopio de contraste de fases ya que se basa en los mismos principios. Su ventaja es que da resultados cuantitativos.

En este microscopio la luz emitida por una única fuente de luz se divide en 2 haces por medio de un prisma birrefringente situado en el condensador a través del cual un rayo es enviado a través del objeto y el otro pasa alrededor del mismo. Además se utilizan filtros especiales que producen en la luz aparte de la diferencia de intensidad también rayos de diferente coloración, generando un efecto de relieve en una imagen tridimensional de las células vivas observadas.

Microscopio de fluorescencia. En este instrumento se utiliza luz ultravioleta que permite que las muestras se puedan reconocer por la fluorescencia que emiten. Por este medio, se pueden detectar 2 tipos de fluorescencia en la muestra:

a) Auto fluorescencia o fluorescencia natural. Por ejemplo: sustancias que tienen fluoresceína o carotenos que emiten radiaciones brillantes que se pueden detectar con la luz ultravioleta.

b) Inducción por colorantes fluorescentes o fluorescencia secundaria. Por ejemplo: se marcan diversas estructuras celulares o diversas sustancias como anticuerpos con moléculas fluorescentes, facilitando su identificación.

Microscopio de luz polarizada. Este microscopio utiliza 2 filtros especiales que dejan pasar solo los rayos de luz polarizada. Uno de estos filtros está ubicado debajo del condensador y se le llama **polarizador** y el otro está por encima de las lentes del objetivo y se le conoce como **analizador**. El polarizador permite que la luz pase en forma rectilínea y el analizador bloquea el paso de la luz rectilínea y solo deja pasar la luz desdoblada por el objeto anisotrópico dando birrefringencia. En cambio, si el objeto es isotrópico, la luz polarizada pasa sin desdoblarse a una misma velocidad que cualquier plano de incidencia.

Microscopio de luz invisible (rayos x). Este instrumento ha sido de gran importancia para el desarrollo de la biología molecular, pues gracias a este aparato se ha podido obtener información sobre una gran cantidad de macromoléculas como ácidos nucleicos y proteínas. Este método de estudio consiste en enviar un estrecho haz de rayos X que atraviese la muestra que se va estudiar. Al pasar la muestra, el haz se dispersa en un patrón de difracción (rotura) que se registra por detrás en una placa fotográfica que recoge el espectrograma, apareciendo manchas, las cuales son el producto de la interferencia de los rayos difractados. Esto permite determinar la orientación de las moléculas midiendo la distancia que las separa y reconociendo su organización atómica.

Microscopio estereoscópico. El aparato está formado por un sistema de lentes y espejos de tal manera que produce una imagen tridimensional del objeto en observación. Se utiliza mucho en embriología para estudiar al producto de la gestación en sus diferentes etapas y para su investigación.

Microscopio de campo oscuro. La diferencia de este microscopio con el de campo claro consiste en la forma de cómo los rayos luminosos inciden sobre la muestra. En este microscopio hay una modificación en el condensador que hace que la luz ilumine a la muestra oblicuamente y no pase a través de ella, dando como resultado difracción provocando que el objeto observado (muestra) se vea brillante.

La microscopía de campo oscuro es útil para el estudio para ver células vivas en cultivo, como bacterias, espermatozoides, células eucariotas, para ver sus núcleos, mitocondrias, como también para preparaciones autorradiográficas.

Microscopio electrónico (ME). Este instrumento actualmente se divide en dos tipos de microscopio electrónico: el de transmisión (MET) y el microscopio electrónico de barrido o scanning (MEB). Estos aparatos proporcionan un alto poder de resolución permitiendo el estudio de la ultra estructura celular en el plano (MET) y en forma tridimensional (MEB).

El alto poder de resolución (PR) se debe a la disminución de la longitud de onda de la fuente de poder que en este caso no es lumínica sino electrónica.

El máximo aumento efectivo del microscopio óptico (MO) es de 1 400 veces, que da un PR de .25 μm . En cambio, el máximo aumento efectivo del microscopio electrónico (MET) es de un millón de veces, da un PR de .2 nm.

De este modo el microscopio óptico proporciona la imagen para el estudio de muestras biológicas a nivel estructura celular, tejidos y órganos. En cambio el microscopio electrónico da imágenes para estudios ultra estructurales cuyo campo específico es a nivel intracelular como de núcleos, mitocondrias, ribosomas, etc. Y extracelular como proteínas por ejemplo, fibras de colágena, elásticas, etc.

La fuente de poder del microscopio electrónico emite un haz de electrones desde un metal (cañón de electrones) que recibe grandes cantidades de energía que oscilan entre 50 y 1 000 kilovoltios.

La velocidad con que se emiten los electrones dependerá de la fuente de energía, el sistema de vacío y de bobinas magnéticas en el tubo.

La longitud de onda de un electrón es cerca de cien mil veces menor que la de la luz visible.

La longitud de onda de la luz visible es de 240-760 nm

La longitud de onda del electrón es de 0.005 nm = 0.5 Å

Microscopio electrónico de transmisión (MET). Este aparato utiliza electrones en lugar de luz y bobinas electromagnéticas en lugar de lentes (Fig. 2). El haz de electrones es desviado por las bobinas electromagnéticas en la misma forma que un rayo de luz es refractado al atravesar una lente. Después de pasar el haz de electrones por la bobina condensadora concentra los electrones para dirigirlos a la muestra donde algunos rebotan o son absorbidos, otros atraviesan la muestra formando una imagen aumentada que pasa por la segunda bobina que actúa como la lente objetiva, luego es recibida por una tercer bobina que funciona como ocular o lente proyectora que pasa la imagen a una placa fotográfica o pantalla fluorescente para visualizar y registrar la imagen aumentada (Cuadro 2).



Fig. 2. Microscopio Electrónico de Transmisión (MET), EM 109 Turbo, Zeiss

Microscopio electrónico de barrido o scanning (MEB). Por medio de este aparato se obtiene una imagen de la superficie de la muestra analizada. La superficie de la muestra es barrida por un haz de electrones; el haz de electrones reflejados o secundarios los cuales son captados a la misma velocidad del barrido por un tubo de rayos catódicos el cual transforma su energía en señal electrónica el cual es proyectada una pantalla de televisión. Dándonos una imagen tridimensional del objeto estudiado la cual también se puede fotografiar y registrar (Fig. 3, Cuadro 2).

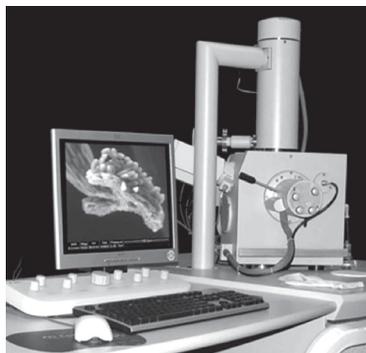
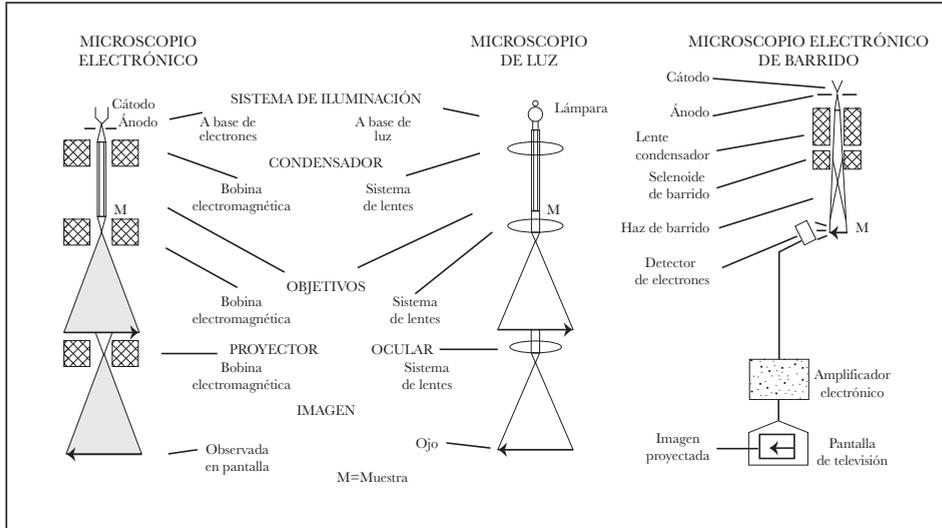


Fig. 3. Microscopio electrónico de barrido (MEB). FEI, Quanta

Cuadro 2



La superficie de la muestra debe de ser altamente conductora, para ello, se le puede recubrir con un material conductor como plata u oro.

El MEB puede aumentar los objetos a 100 000 veces o más. El límite de resolución es de 20 nm o más.

Microscopio confocal. Es relativamente nuevo, es un microscopio invertido para campo claro en luz transmitida y fluorescencia en luz incidente con una dotación óptica para contraste interferencial. Presenta dos diafragmas, uno de detección y otro de iluminación; lleva 3 filtros de fluorescencia de excitación azul, de excitación verde, de excitación roja y luz UV. Presenta 5 objetivos: dos secos de 10X y 20X y tres de inmersión de 40X, 63X y 100X (Fig. 4).

Existen dos tipos de microscopios confocales:

a) *Microscopio de platina móvil (barrido en etapas).* En este aparato la platina con la muestra se va desplazando con cada exposición de láser y el sistema óptico se queda fijo. Aquí el rayo es muy convergente produciendo un punto de barrido poco profundo. La manera de actuar es emergiendo la luz a través de un tubo foto multiplicador:

b) *Microscopio con técnica de rayo o de espejo.* En este instrumento el punto luminoso (láser) se desplaza sobre la muestra que se encuentra fija y la recorre punto por punto con ayuda de pequeños y rápidos espejos iluminando solo un punto de la muestra en cada momento.

La ventaja de este sistema en ambos microscopios es que tiene la capacidad de tomar imágenes barridas de la muestra en cortes muy finos (aproximadamente una micra de grosor en varios planos) generando múltiples imágenes a diferente profundidad, disecando capa por capa sin necesidad de hacer cortes físicos y logrando su reconstrucción tridimensional en la computadora, y resultando en una imagen visual digital que se puede observar en diferentes orientaciones (Cuadro 3).

Estudia estructuras de material biológico en biología celular, biología molecular, morfología y fisiología. Las muestras a estudiar en este aparato pueden ser:

Planas, que presentan un cubreobjetos de .17 mm, cuando el material de estudio está incluido en resinas, cerámica etc.

Cultivo de tejido vivo, debe de ser en una caja de petri con un fondo de .17 mm. Lo que posibilita hacer estudios diversos como: estudio de moléculas como proteínas, expresión génica, hibridación, concentración intracelular de iones, transporte de sustancias intracelulares, etc.

Microscopio de fuerza atómica. En 1985 Benningy Rohrer construyeron el Microscopio de Fuerza Atómica (AFM); el cual es un instrumento mecano-óptico que puede detectar fuerzas del orden de los nanonewtons. Al estudiar una muestra, se registran las diferencias de altura entre el objeto de estudio y una punta cristalina de forma piramidal o cónica que va acoplada a un listón microscópico flexible y muy sensible al efecto de las fuerzas de unos 200 μm de longitud. Todos los movimientos son controlados a través de una computadora. La resolución es de aproximadamente 0.2 nm, permitiendo una visualización en la pantalla de varios millones de veces de los detalles en la superficie de la muestra. (Fig. 5).

Cuadro 3

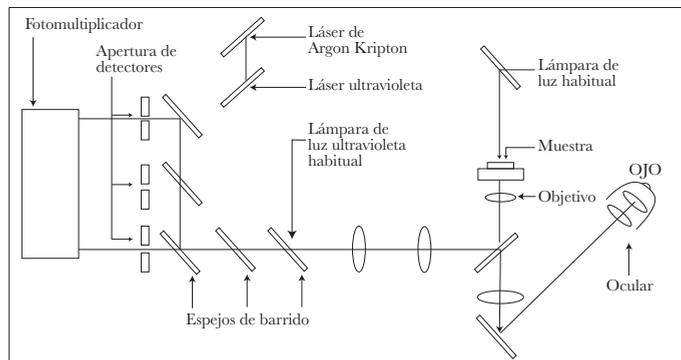
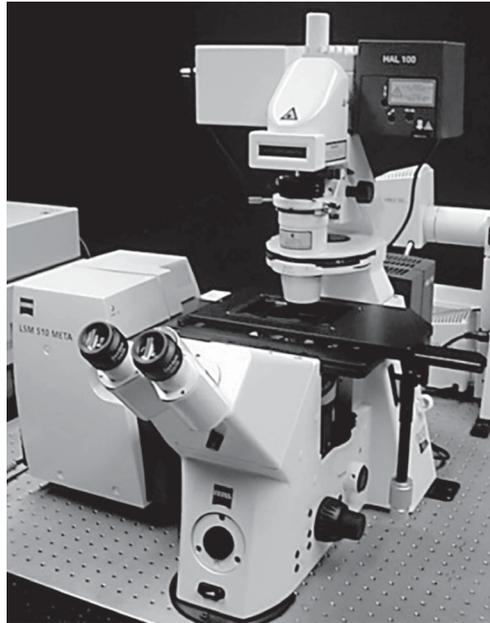
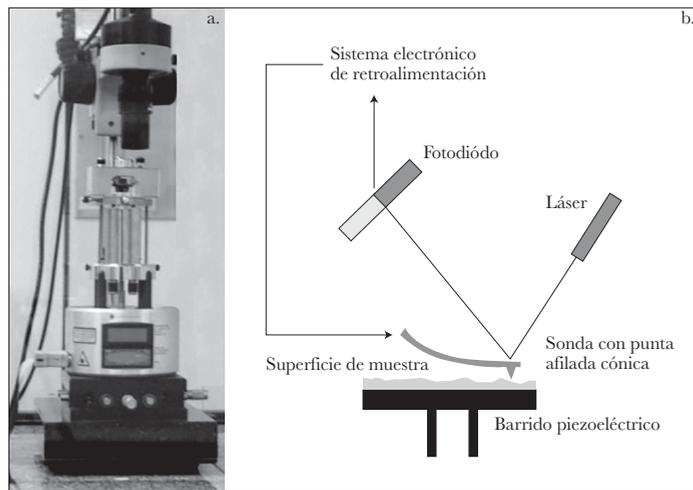


Diagrama de trayecto confocal

Fig. 4. Microscopio confocal. CLSM Zeiss 510 META



Microscopio de Fuerza Atómica (MFA). Multimode NanoScope IIIa.



b. Diagrama del trayecto de barrido en el MFA

Actividad práctica

I Contestar el siguiente cuestionario:

1. Enumera las partes que componen al microscopio óptico de campo claro.
2. Sin destornillar los objetivos del revólver, observa y escribe los valores que determinan a cada uno de ellos.
3. Observa y escribe el aumento que registra la lente ocular.
4. De los objetivos que estudiaste, ¿Cuál de ellos es el que tiene mejor poder de resolución?
5. ¿Qué aumento tendrá un microscopio con un aumento ocular de 10X y un objetivo de 100X?
6. ¿Por qué siempre se debe observar primero la laminilla histológica a menor aumento?

7. ¿Qué es poder de resolución?

8. ¿Qué función tienen las bobinas electromagnéticas en el microscopio electrónico?

9. ¿Cuál es el poder de resolución máximo del microscopio óptico?

10. ¿Qué tipo de imágenes nos da el microscopio electrónico de barrido?

II Sigue las siguientes indicaciones:

Toma un pedazo de papel que tenga letras pequeñas (de revista etc.) y colócalo sobre un portaobjetos. Entonces:

11. Observa el microscopio con objetivo panorámico y describe la orientación de las letras.

12. Mueve el portaobjetos a un lado y observa en qué sentido parece moverse el objeto.

13. Cambia el objetivo de menor a mayor aumento y describa la diferencia del campo visual.

14. ¿Cómo es la luminosidad del campo visual al mover el objetivo a menor aumento comparado con mayor aumento?

NOTA: Se pueden agregar preguntas, de acuerdo al profesor del laboratorio.

2. Métodos para preparar tejidos

Competencia: Distingue y entiende los métodos del tejido vivo.

Describe los pasos a seguir de la técnica histológica para procesar tejidos o componentes de tejidos y para observarlos microscópicamente. (M/O y M/E).

Define el concepto de micrótomo, describe las partes que lo integran, clasifica los tipos y explica su utilidad.

Identifica el procesador de tejidos, criostato y demás aparatos utilizados.

El objetivo más importante en la biología celular y tisular es lograr reconocer, describir y comprender la estructura y ultraestructura de las células, tejidos y órganos. Aun cuando lo ideal sería realizar la práctica con tejidos vivos, se ha tenido que recurrir al estudio de tejido muerto a fin de completar los estudios celulares y tisulares. Esto sin descartar la posibilidad de que aparezcan artefactos o modificaciones que alteren la estructura celular.

Existen dos grandes métodos para estudiar los tejidos:

1. **Método de tejido vivo.** Este método a su vez se subdivide en dos: El método in-vivo y el método in-vitro.

El método in-vivo se basa en el estudio de los tejidos, aparatos y sistemas en el organismo vivo a través de la observación.

El método de tejido in-vitro consiste en el estudio de células y tejidos vivos fuera del organismo, esto se puede realizar por medio del cultivo de tejido.

El cultivo de tejido se clasifica en tres categorías:

a) Cultivo de células. Este método se realiza con células aisladas (separadas de los tejidos), un ejemplo, es el cultivo a corto plazo de glóbulos blancos, el cual es sencillo y sirve para estudiar los cromosomas humanos.

b) Cultivo de tejido. Consiste en la transferencia de un pedazo de tejido de un organismo a un medio de cultivo (generalmente es de origen embrionario). Mediante este método se pueden aislar clones de células (población de células idénticas que proviene de una célula que se ha dividido por mitosis).

c) Cultivo de órganos. Es el explanto de órganos embrionarios o adultos (totalmente desarrollados), intentando mantenerlos como cuando estaban dentro del organismo de origen.

El cultivo se hace en lo que se llama medio de cultivo, el cual está compuesto de suficiente sustrato para mantener las células vivas y que puedan

crecer, reproducirse y efectuar sus funciones como si estuvieran en su propio organismo.

Manipulación experimental. En los diferentes medios de cultivo se pueden modificar las células o tejidos actuando sobre ellas a través de modificaciones de su medio, ya sea aislando diferentes líneas celulares por medio de la agregación de sustancias como la fluoresceína o agregando colorantes.

Cuando se le inyecta un colorante a un animal vivo se le llama tinción vital. Los colorantes vitales son tomados selectivamente por algunas de las células pasando al interior de ellas en algunas organelas y se hacen aparentes, por ejemplo, la tinta china, azul tripán (estudio de fagocitosis), alizarina (identificación ósea) etc.

Cuando se le agrega un colorante a las células o tejido vivo después de haberse extraído del organismo se le llama tinción supravital. El colorante se combina en forma selectiva con un componente celular. Entre los colorantes supravitales tenemos a: azul tripán y carmín de litio (estudio de fagocitosis), rojo neutro (identificación de leucocitos), verde Jano (identificación de mitocondrias).

Micromanipulación mecánica o microcirugía. En este método se utiliza un microscopio. El micropreparado está en una cámara húmeda de operación sobre la platina, la micromanipulación se realiza con agujas finas, ganchos, pipetas, microelectrodos (estudiar potenciales de membrana), microinyectores (inyectar sustancias, por ejemplo, colorantes en el interior de la célula), rayos UV y rayos láser. Este estudio ha incrementado el conocimiento de la naturaleza física de las células, por ejemplo, ha demostrado lo viscoso del protoplasma, se ha logrado el desplazamiento de organelas, núcleo, la existencia de la membrana celular, etc. Todo el registro de las células vivas con o sin manipulación se puede realizar mediante la **microcinematografía**.

2. **Método de fraccionamiento celular.** Consiste en separar los distintos componentes celulares mediante la homogenización de los tejidos y después la centrifugación diferencial o por gradientes de densidad; fraccionando las células y separando sus componentes para ser estudiados por diferentes métodos.

3. **Método de tejido muerto.** La preparación de los tejidos se lleva a cabo mediante la técnica histológica, la cual tiene como objetivo preparar los tejidos y órganos para observarlos y estudiarlos microscópicamente.

Las técnicas de preparación del material biológico utilizado en histología son:

a) Técnica de congelación. Es un método temporal, muy útil para diagnósticos rápidos y muy necesarios como la BTO (biopsia transoperatoria) y en estudios histoquímico-enzimáticos. Este método es rápido, ahorra una serie de pasos de la técnica histológica rutinaria (parafina) y se obtienen los cortes en minutos. Los pasos de la técnica se inician por: la *obtención* de la muestra a través de la biopsia de tejido del paciente (si la muestra es para hacer un diagnóstico clínico) o del sujeto de experimentación (si la muestra es para investigar). El siguiente, la *fijación* por medio de congelación. En este procedimiento los tejidos se someten a la acción del frío, transformándose sus fases acuosas en hielo y con ello se detienen los procesos metabólicos de la célula donde el tejido es incluido pues toma cuerpo por acción del hielo. Si el proceso es para histoquímica-enzimática, entonces la pieza a estudiar se somete a metanol y se sumerge en nitrógeno líquido por 15 segundos a -180°C (con esta acción se logra preservar las proteínas enzimáticas de la células del espécimen a estudiar). La *microtomía*, se realiza en un aparato que se llama Criostato (Fig. 5). El criostato es un aparato que consiste en un micrótopo (cuchilla fija y platina móvil) montado en un congelador a base de CO_2 . La temperatura óptima es de -32°C , por lo que en unos minutos se endurece la pieza procesada y está lista para ser cortada entre 1 y 10 μm . El *montaje I* se realiza tomando directamente el corte de la cuchilla al portaobjetos. Por último, la *coloración*, se efectúa según la finalidad del trabajo. La técnica de coloración rutinaria es H y E (hematoxilina y eosina).

b) Técnica de parafina. Es un método permanente y es el más utilizado para procesar las muestras (laminillas histológicas) que se estudian en las clases prácticas con el microscopio óptico de campo claro. Los pasos de la técnica son los siguientes:

1. *Obtención de la muestra* (tejido) puede ser a través de la **biopsia** de un animal de experimentación; de material humano de una cirugía por endoscopia; por **ponchamiento** de tejido; también de fluidos por obtención directa o mediante drenaje o por **autopsia** de un cadáver de pocas horas (menos de 5 horas).

2. *Fijación*, el objetivo de la fijación es detener todas las actividades vitales de la células vivas si el material obtenido fue de biopsia; si fue por autopsia hay que frenar la degeneración post-mortem e inhibir los cambios autolíticos del material a procesar y así evitar la descomposición de los componentes intracelulares para

que no se altere su morfología y falsear su interpretación. Para lograr esto debe trabajarse con gran rapidez para obtener buenos resultados.



Los fijadores deben tener gran poder de penetración, pues actúan por lo general uniéndose a las proteínas, las coagula o las precipita endureciendo el protoplasma, de este modo, colabora con los siguientes pasos para facilitar el corte. Para poder lograrlo debe haber una relación entre el espécimen y el fijador de 1:40.

Los fijadores se pueden clasificar en simples y mezclas fijadoras. Entre los simples el más empleado es el formaldehído en forma de formalina. Además, se pueden utilizar otros como: alcohol, ácidos como el acético, pícrico, ósmico, bicromato de potasio, bicloruro de mercurio, etc.

Entre las mezclas se encuentran: líquido de Bouin, Helly, Zenker, etc. Estos fijadores son específicos para fijar ciertas estructuras de la célula como los carbohidratos, lípidos u otro componente específico que se va a estudiar.

Fig. 5. Criostato

3. *Deshidratación*, es imprescindible preparar los tejidos antes de la inclusión eliminando el agua por medio de la inmersión de las piezas fijadas en alcohol de menor a mayor concentración.

4. *Aclaración*, es el proceso por el cual se retira el alcohol de la pieza y se substituye por la sustancia aclarante como el xilol, benzol o toluol. El más utilizado es el xilol.

5. *Inclusión*, en este paso, se da solidez a la pieza procesada favoreciendo el corte. El medio de inclusión utilizado es la parafina, la cual es una mezcla de hidrocarburos saturados de diferente punto de fusión; es sólida a la temperatura ambiente y líquida a altas temperaturas (40 a 60° C). De esta forma es cómo se penetra la pieza (embebido o infiltración) para darle solidez. Posteriormente, se

procede a formar el bloque en un aparato de llenado automático llamado Tissue Tek (Fig. 6). El procesador de tejidos o Histokinette (Fig. 7), es un aparato que facilita el paso 3, 4, y 5 de la técnica por un mecanismo automático.

6. *Microtomía*, Es el procedimiento por el cual se realizan los cortes delgados y uniformes de los tejidos incluidos en parafina a través de un aparato llamado Micrótopo Rotatorio (Fig. 8). El grosor adecuado de los cortes oscila entre 2 a 5 y hasta 8 μ m. Los micrótopos para bloques de parafina tienen cuchilla fija (ángulo ideal para corte es de 0 a 15°) y un cañón de acero porta-bloque móvil.

7. *Montaje I*, efectuado el corte, éste se pasa a un recipiente con agua caliente (45° a 60° C), de esta manera el corte parafinado se reblandece y se vuelve manejable para que se pueda manipular con las pinzas histológicas para colocarlo en un portaobjetos, al cual se le ha extendido albúmina de Meyer (clara de huevo con tímolo).

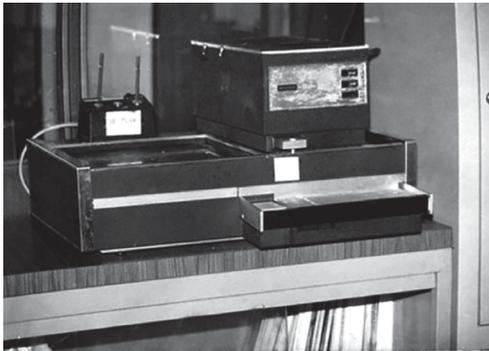


Fig. 6. Tissue Tek

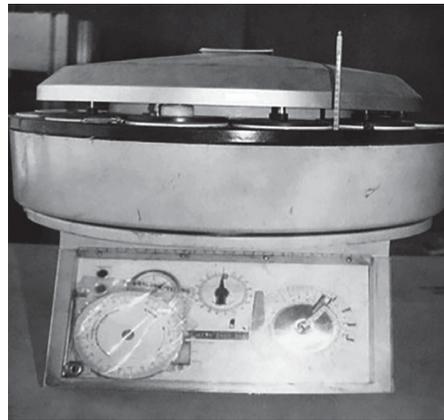


Fig. 7. Histokinette

8. *Tinción*, el objetivo de la tinción es mostrar las células, tejidos y material extracelular al contrastarlas. La mayoría de los colorantes son acuosos, así que para poder teñir los cortes histológicos es imprescindible eliminar la parafina de los cortes, pasándolos por inmersiones en una *sustancia aclarante* como el xilol; luego se continua con la *hidratación*, donde las preparaciones se pasan por alcoholes de mayor a menor concentración para sustituir el xilol por alcohol y el alcohol por agua; de esta manera los tejidos ya están listos para ser teñidos. Los colorantes son sustancias químicas de composición variable que pueden tener afinidad por distintos componentes de la célula. Muchos de ellos

necesitan una fijación específica para que el componente deseado pueda ser contrastado. Los colorantes pueden ser orgánicos e inorgánicos. Los orgánicos pueden ser naturales y sintéticos. Desde el punto de vista químico, pueden ser ácidos, básicos y neutros. La propiedad de tinción del colorante ácido está en el radical ácido de la sal neutra. Estos colorantes tienen afinidad por el citoplasma, por ejemplo, la **eosina** o **eosinato de sodio**. A todas las estructuras teñidas por estos colorantes se les llama *acidófilas*. En los colorantes básicos la propiedad de tinción está en el radical básico de la sal neutra y a las estructuras que tiñe se les llama *basófilas*, por ejemplo, el núcleo. Los colorantes neutros son una mezcla de colorantes en la que sus radicales ácidos como los básicos, son colorantes. Un ejemplo de esto es el **eosinato azul de metileno**. Los colorantes naturales son preparados de fuentes naturales como la **hematoxilina**, es básica y es extraída del palo del Campeche. La **orceína** se obtiene de los líquenes. El **carmín** de la maceración del cuerpo de las cochinillas, y otros más como la **safranina** y el **índigo**. Los colorantes *indiferentes* son aquellos que no pueden formar sales; son insolubles en agua pero solubles en alcohol y grasas como ejemplo, el Sudán III, IV, rojo escarlata, etc. Los colorantes inorgánicos son sales de metales pesados, óxidos metálicos, etc., que forman precipitados en la célula, por ejemplo, las **sales de plata, oro, mercurio, plomo, osmio, etc.** Los **pigmentos**, son sustancias insolubles que se utilizan generalmente como marcadores al ser inyectados a una cavidad, tejido u órgano, por ejemplo, la **tinta china**, etc. El **mordente**, es toda sustancia capaz de aumentar la afinidad de un tejido por un colorante. El colorante más empleado es la mezcla de hematoxilina con eosina (H y E), en esta tinción, el núcleo es basófilo y se ve azul o púrpura por acción de la hematoxilina; el citoplasma es acidófilo y se ve rosa por la eosina. También existen mezclas tricrómicas como: el tricrómico de Mallory (para tejido conectivo) así como el de Mallory-Azán y Masson. Los métodos de impregnación argéntica se basan en la precipitación de la plata, por ejemplo, en las fibras reticulares, en el tejido nervioso; a estas estructuras que captan la plata se les llama **argirófilas**. Existen otros colorantes básicos como el azul de metileno y el azul de toluidina. Estos colorantes tiñen algunos tejidos en forma metacromática debido a algunos mucopolisacáridos ácidos sulfatados presentes en estructuras extracelulares o intracelulares. **Metacromasia** es la propiedad de tintarse que tienen algunas estructuras al teñirse de un color diferente al tinte utilizado.

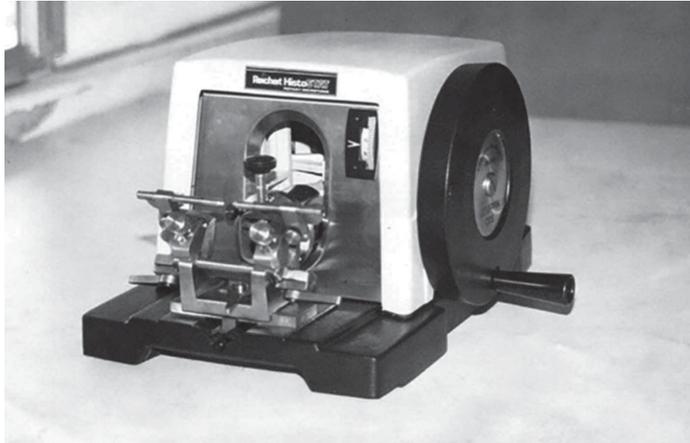


Fig. 8. Micrótopo rotatorio

9. *Montaje II*, después de la coloración se enjuaga con agua y se pasa a deshidratar con alcoholes de menor a mayor concentración en inmersiones rápidas, luego se aclaran las laminillas con xilol, para realizar el montaje II, se pone una gota de bálsamo del Canadá y luego se adhiere el cubreobjetos. La preparación se deja secar y queda lista para ser observada.

c) **Técnica de resinas plásticas.** Esta técnica de preparación es indispensable para preparar el tejido para observar la ultraestructura celular y asegurar su preservación en condiciones óptimas. Se deben seguir los siguientes criterios: primero, el tejido después de fijado y teñido debe guardar la misma apariencia del sistema viviente. Segundo, la membrana intra y extracelular debe estar sin accidente o rugosidad y sin la aparición de artefactos. Esta técnica es ideal para que las estructuras a estudiar resistan el bombardeo del electrones al ser observados en el ME. La secuencia de pasos para la técnica es parecida al método de parafina pero presenta algunas diferencias: *la obtención de la muestra*, para evitar la aparición de artefactos es necesario que no transcurran más de 3 minutos entre la toma de la muestra y la fijación. El trozo de tejido obtenido debe medir no más de 3 mm³. *La Fijación*, un perfecto fijador debe reunir tres requisitos: primero, que no se altere la ultraestructura celular; segundo, que resista la fuerza de los cortes ultra finos y finalmente, que resista el bombardeo de electrones del ME. Los fijadores más utilizados son: tertraóxido de osmio, glutaraldehído, formaldehído, permanganato de potasio, etc. *Deshidratación*. Se puede realizar con alcohol, cloroformo o acetona de menor a mayor concentración. *Solventes intermedarios*. Son sustancias miscibles, tanto en las sustancias que deshidratan la muestra

como al medio de inclusión, la sustancia utilizada se llama **óxido de propileno**. *Pre-inclusión*. Se sumerge la muestra de tejido en un medio que contenga óxido de propileno-resina plástica en una proporción de 1:1. *Inclusión*. También se le llama *infiltración*, es el acto de introducir el tejido a la resina o cualquier medio de inclusión para ME ya incluido previamente, con el objetivo de darle cuerpo a la muestra para ser cortado. Las características de un buen medio de inclusión son: que debe ser líquido o semilíquido, miscible en medios intermediarios, penetrar rápidamente al tejido, secarse con calor o rayos UV, ni muy duro ni muy blando, soluble en alcohol, acetona o cloroformo, polimerizarse o endurecerse uniformemente y resistir el bombardeo de los electrones. Los medios de inclusión más utilizados son los plásticos como el metacrilato y el plexigén; mezclas plásticas; resinas epoxi como el epon, araldita o maralga y las resinas poliéster. Existen también medios que son hidrosolubles como la gelatina, acuón, glicol metacrilato, etc. *Microtomía*. Se realiza por medio de un ultra micrótopo con cuchillas de vidrio o diamante. Los cortes son de 60 a 90 nm. Los semi-finos son de 1 µm. *Montaje*. Los cortes finos se montan en rejillas que pueden ser de cobre, acero, u otros, y los cortes semi-finos se montan en un portaobjetos y se observan en un MO. *Contraste*. Para los cortes finos se usan sales de metales pesados como sales de plomo, tungsteno, uranio etc. *Observar al ME y fotografiar*.

d) Técnica de congelación fractura. Por medio de esta técnica, la muestra se congela en nitrógeno líquido a una temperatura de -190° C, luego la pieza se monta en un dispositivo al alto vacío, ahí por medio de una cuchilla, se realiza un corte provocando una línea de fractura en la muestra la cual queda expuesta, luego se le cubrirá con metales pesados en su totalidad, logrando una réplica o mascarilla de esa superficie. La mascarilla o réplica se separa de la muestra y se observa al MEB, en donde se observarán las estructuras celulares que quedaron impresas en la réplica.

4. **Modo de interpretación de los cortes histológicos.** En la interpretación correcta de los cortes histológicos debemos tener en cuenta:

- a) El plano del corte: es importante considerar la orientación de la muestra histológica al ser cortada.
- b) El método de tinción empleado.
- c) Interpretación funcional.
- d) Reconocimiento de la aparición de artefactos.

Actividad práctica

1. ¿En qué consiste el método de tejido in-vitro?
2. Nombra las categorías en que se clasifica el cultivo de tejidos.
3. ¿Qué es la tinción vital?
4. A la micromanipulación mecánica, también se le llama:
5. ¿Qué es una biopsia?
6. ¿Qué es la fijación?
7. ¿Cuál es el fijador más empleado?
8. ¿Qué es la metacromasia?
9. ¿Qué es la argirofilia?

10. ¿De qué color se percibe el núcleo y el citoplasma con la técnica de HyE?

NOTA: Se pueden agregar preguntas, de acuerdo al profesor del laboratorio.

3. La Célula

Competencia: Determina la morfología celular para comprender su clasificación según el tamaño y la forma del citoplasma; así como la forma, número y posición de núcleos y los diversos tejidos producto de su asociación.

Identifica células en interfase y en división. Distingue y explica los tipos de citologías.

Sabe cómo se desarrolla la técnica para aislar y colorear los cromosomas para identificarlos y elaborar el cariotipo.

La célula es la unidad morfológica y fisiológica en la estructura de los seres vivos. Cada célula contiene una masa de protoplasma llamada citoplasma y una zona central de protoplasma especializado y separado por una membrana llamado núcleo.

El citoplasma se halla limitado por la membrana plasmática o plasmalema. A la célula se le puede estudiar:

a) Forma. La forma primaria de una célula aislada casi siempre es esférica, por ejemplo: el cigoto. De acuerdo al grado de especialización, la forma se va modificando como en el caso de la neurona que tiene por lo general forma estrellada; la célula muscular esquelética tiene forma cilíndrica, la muscular lisa tiene forma de huso o fusiformes; las células epiteliales también pueden tener formas (Fig. 9).

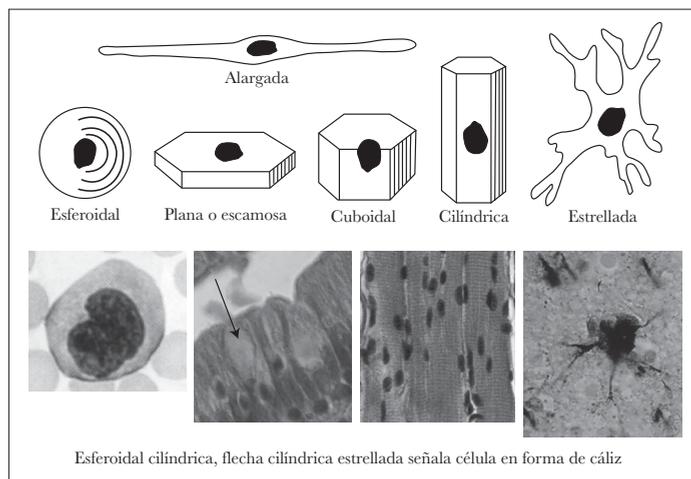


Fig. 9. Dibujos y fotografías de formas celulares variadas

b) Tamaño. El tamaño es variable existen unas tan grandes, por ejemplo: la neurona, con una prolongación hasta de un metro, la célula muscular esquelética, que puede medir hasta unos centímetros de longitud, el óvulo maduro hasta de 150 micras, etc., como también tan pequeñas de 4 micras, por ejemplo: algunas neuronas.

c) Polaridad. En las células sus organelas adoptan una determinada disposición según la forma, también ellas presentan caras: basal, laterales y apical. Además la situación y forma del núcleo dependerán del tipo de célula polarizada, por ejemplo, si la célula es cilíndrica entonces el núcleo es oval y se sitúa en el $\frac{1}{3}$ basal y algunas organelas se sitúan por encima del núcleo por el aparato de Golgi y otras por debajo y a los lados como el retículo endoplásmico rugoso, (Fig. 10). La célula se puede estudiar de diversos modos, algunos de ellos ya los vimos detenidamente en el capítulo anterior, como las técnicas para observarlas por cultivo de tejidos, micromanipulación mecánica, fraccionamiento celular, método de congelación, parafina y resinas plásticas.

También se pueden estudiar a través de la citología exfoliativa.

La citología exfoliativa es un método de estudio sobre células libres o descamadas obtenida de la superficie de determinados órganos.

Es un método muy utilizado para el diagnóstico de múltiples padecimientos. Las células se obtienen por raspado de la zona interesada con una espátula o abatelenguas, luego se extiende sobre un portaobjetos limpio y desengrasado; se colorea por ejemplo, por la técnica del papanicolao, se estudia y se hace el diagnóstico.

Entre las diversas citologías podemos mencionar algunas como:

a. Citología vaginal, b) Espermiograma, c) Hemocitograma (frotis de sangre), d) Mielocitograma (frotis de medula ósea), e) Urocitograma.

Estructura general de la célula

I. Citoplasma

La masa protoplásmica que rodea al núcleo es el citoplasma y las características intracitoplásmicas de los diferentes tipos celulares dependerán de la especialidad de cada una de ellas.

El citoplasma varía en forma y afinidad tintorial y está rodeado por la membrana celular o plasmalema. La porción del citoplasma periférica que da hacia el plasmalema se le llama *ectoplasma*, el cual es más claro, hialino y

predominantemente, libre de organelas membranosas. La porción del citoplasma interior que da hacia la membrana nuclear se le llama *endoplasma* el cual es generalmente granular por la presencia de organelas membranosas. En el caso de las células humanas, no se tienen bien delimitadas éstas dos porciones.

El citoplasma generalmente es acidófilo, aunque también puede ser basofílico (cuando hay gran cantidad de ribosomas) o neutrófilo.

El citoplasma contiene la matriz citoplásmica donde están suspendidas las organelas membranosas, no membranosas e inclusiones, (Fig. 10).

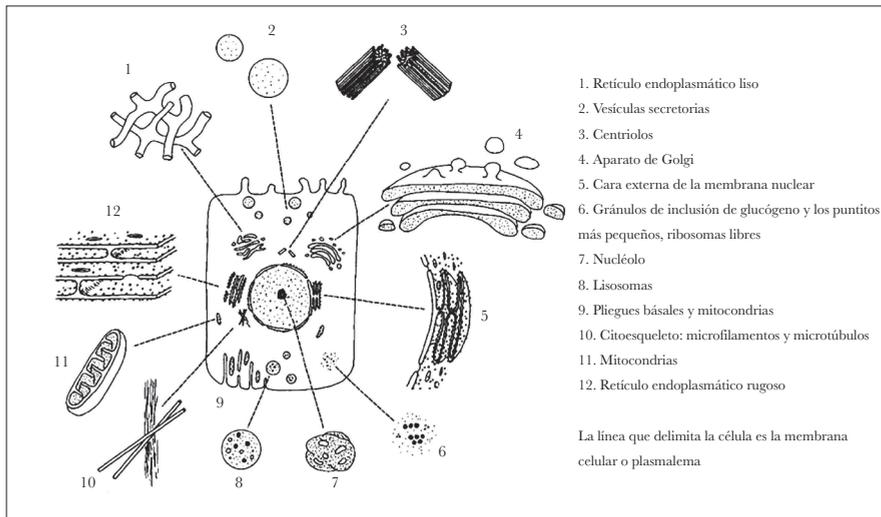


Fig. 10. Componentes de la célula

Las organelas membranosas son:

- a) Membrana plasmática
- b) Mitocondria
- c) Reticulo Endoplasmático Rugoso (RER)
- d) Reticulo Endoplasmático Liso (REL)
- e) Aparato de Golgi
- f) Lisosomas
- g) Peroxisomas
- h) Laminillas anulares

Las organelas no membranosas son:

- a) Ribosomas libres
- b) Proteasomas

- c) Centriolos, Cuerpos basales.
- d) Cilios, Flagelos
- e) Citoesqueleto: Microtúbulos, filamentos

Inclusiones citoplásmicas: pueden ser de glucógeno, lípido, pigmento, etc.

La membrana plasmática o plasmalema. Tiene un grosor entre 7.5 y 10 nm. Al M/O se ve como un borde que limita, pero al M/E se ve como una membrana trilaminar. Las capas interna y externa se ven electrodensas y el centro radiolúcido, pues contienen una bicapa de lípidos con proteínas transmembranales y proteínas parciales internas y externas. Además, sobre ella existe una cubierta de carbohidratos llamada Glicocalix. Es muy activa, pues interviene en los fenómenos de transporte transmembrana, en los procesos de fagocitosis, pinocitosis, exocitosis, reconocimiento de sustancias, etc.

Mitocondrias. También se les puede llamar Condriosomas; son muy numerosas en células de tejidos muy activos. Se pueden identificar por medio de la coloración supravital como el verde Jano dándole una coloración verde brillante a la mitocondria vista a través del microscopio de contraste de fases.

Las mitocondrias se pueden observar al M/O por medio de la hematoxilina férrica o la fucsina ácida como estructuras alargadas o filamentosas (varillas). Cuando los tejidos son procesados con métodos ordinarios de parafina y coloreadas con la técnica rutinaria de H y E, no se pueden observar.

Vistas al M/E se pueden observar como estructuras membranosas alargadas que presentan un compartimiento interior con una sustancia amorfa rica en proteínas, iones como Ca, ADN y ribosomas llamada matriz mitocondrial, la cual está rodeada de una capa compuesta por dos membranas, una externa y otra interna, que se proyecta hacia el interior de la matriz formando crestas, el número y la longitud de las crestas dependerá del grado de actividad de la célula; en la matriz mitocondrial se realiza el ciclo de Krebs y la beta oxidación de los ácidos grasos y en la superficie de las crestas en unas pequeñas partículas elementales se realiza la fosforilación oxidativa, ahí está la cadena respiratoria cuyo producto final es la obtención de ATP.

Reticulo endoplasmático rugoso. Es una agrupación de cisternas limitadas por una membrana donde se anastomosan unas con las otras. En su superficie exterior está tachonada de ribosomas, tienen mucha afinidad

por los colorantes básicos, así que de esta manera los primeros investigadores pudieron reconocerlos con el M/O y le llamaron *Componente basófilo del citoplasma o ergastoplasma*.

Su cantidad en la célula depende del tipo de actividad y el estado fisiológico de la célula.

Su función es la elaboración de proteínas para exportación. por ejemplo: la célula acinosa del páncreas. Las proteínas al estarse sintetizando por los ribosomas van pasando a las cisternas y de ahí se desprende una porción por medio de gemación una vesícula llamada de transferencia que lleva el contenido a la cara Cis del aparato de Golgi.

Retículo endoplasmático liso. Es una agrupación de cisternas más tubulares y tortuosas que están interconectadas entre sí y no están asociadas a ribosomas. El retículo endoplasmático liso no se identificó sino hasta el advenimiento del M/E, pues carece de propiedades específicas de tinción, por lo tanto, no se puede reconocer por medio del M/O.

Este organelo se encarga de la síntesis de lípidos y de esteroides, también de la síntesis de carbohidratos, ayuda en la desintoxicación (hepatocito), secreción de cloruros (células oxínticas), almacén de calcio, por ejemplo: célula muscular.

Aparato de Golgi. Esta organela membranosa participa en la actividad secretoria de la célula. Está formado por sáculos formado pilas y dispuestos en forma de red, rodeando al núcleo formando el Complejo de Golgi o bien solo en un zona cerca del núcleo, según el tipo celular de que se trate.

El aparato de Golgi se puede observar al M/O después de tratar a las células con plata o tetraóxido de osmio de color negro. También se puede ver de color magenta con la técnica de P.A.S.

Al M/E se ve como una pila de sáculos con una cara interna que ve al nucleolema llamada cara de formación (cara Cis) y una cara externa que ve al plasmalema o cara de maduración (cara Trans).

El aparato de Golgi concentra, empaca, glucocida y procesa material rico en proteínas, y también carbohidratos, llegando por la cara de formación a las pilas de Golgi hasta que pasa a la cara Trans formando los gránulos de secreción para llegar hasta el plasmalema y verterse por exocitosis.

Por medio de demostración histoquímica se ha podido reconocer otra función del aparato de Golgi que es la formación de los lisosomas.

Endosomas. Son organelas citoplásmicas que se pueden observar al MET, se consideran orgánulos membranosos estables a los tardíos y temporales a los tempranos, los cuales se forman como consecuencia de la endocitosis.

Lisosomas. Son vesículas de forma esférica de .05 a .5 μm . de diámetro, rodeadas por membrana y contienen más de 40 enzimas hidrolíticas cuya función es la digestión. Se pueden identificar al M/O por medio de la coloración vital, por ejemplo: tinta china. Están presentes en todas las células pero más abundantemente en las células con función fagocítica como los macrófagos. Los lisosomas que todavía no participan en el proceso de digestión se llaman *lisosomas primarios*; cuando el lisosoma se une a un fagosoma o autofagosoma o vesículas de pinocitosis entonces se llama *lisosoma secundario*. El material tomado por el *lisosoma* que no pudo ser desnaturalizado en el proceso de digestión; entonces pasa a ser *cuerpo residual*. Si no se elimina el cuerpo residual entonces se transforma en un pigmento llamado *lipofucsina*.

Peroxisomas. Son vesículas de forma esférica rodeadas por membrana que miden de .5 a 1.5 μm de diámetro y presentan un centro cristalino denso. Fueron descubiertas hasta 1950 a través del M/E. Dentro contiene enzimas oxidativas como la catalasa, uratoxidasa, etc. No se pueden ver la M/O sino a través de una reacción histoquímica por medio de la reacción de diaminobencidina. Esta organela participa en la beta oxidación de los ácidos grasos. También transforma el peróxido de hidrógeno en agua y oxígeno.

Laminillas Anulares. Son una pila de cisternas parecidas a la membrana nuclear, se ven paralelas y a intervalos regulares presentan pequeños orificios o anillos con características de los poros nucleares se pueden ver en células de crecimiento rápida como la célula embrionaria o tumoral. Se desconoce su función.

Ribosomas. Son organelas no membranosas que se tiñen con colorantes básicos. Su abundancia le da al citoplasma una basofilia importante visto al M/O. Están presentes en gran cantidad en células que sintetizan proteínas para la célula. Miden alrededor de 15 a 20 nm de diámetro. Están compuestos por RNAr y proteínas y constan dos subunidades: una mayor y una menor.

Los polirribosomas son agregados de ribosomas y unidos por una cadena de RNA m. Se encuentran muy aumentados en células de crecimiento rápido.

Proteasomas. Son pequeñas estructuras cilíndricas multiproteicas sin membrana circundante que contienen abundantes proteasas, están dispersas por

todo el citosol, no se pueden observar al M/O, pero sí se pueden estudiar por análisis bioquímicos. Degradan proteínas marcadas con ubiquitina en forma muy selectiva, pues elimina proteínas anormales y contribuye a la regulación de los procesos celulares, por ejemplo: el control del ciclo celular degradando ciclinas específicas, etc.

Centriolos, Cilios y Flagelos. Los *centriolos* son un par de estructuras cilíndricas no membranosas, se encuentran en una zona del citoplasma que se llama *centrosoma* ubicado en la escotadura del núcleo.

Miden 150 nm de diámetro y 250 a 400 nm longitud; cada uno está formado por 9 tripletes de microtúbulos. Participan en la polimerización de los microtúbulos para el huso mitótico de la célula en división. Además participan en la formación de los cuerpos basales en las células epiteliales ciliadas. El centrosoma se puede identificar al M/O con hematoxilina férrica. Los centriolos se pueden evidenciar claramente al M/E.

Los *cilios* son elevaciones protoplásmicas en forma digitiforme móviles, miden en promedio 10 μm de largo por 0.2 μm de diámetro, se pueden observar en el M/O. En la base de cada cilio hay un cuerpo basal del cual se origina el cilio. Al M/E se puede distinguir que cada cuerpo basal está constituido por 9 tripletes de microtúbulos igual que los centriolos, y los cilios se observa que su estructura interna está constituida por 9 dobletes de microtúbulos y en el centro 2 microtúbulos separados (singletes).

Los *Flagelos* tienen una estructura interna parecida a los cilios, pero se diferencian en que solo hay uno por célula y que miden entre 15 y 55 μm de largo, por ejemplo: el espermatozoide.

Citoesqueleto. Son diversos tipos de estructuras que se consideran organelas no membranosas y que incluyen a los microtúbulos y diversos tipos de filamentos y proteínas asociadas que forman un reticulado y participan en la célula en diversas acciones como: a) mantener la forma y estabilidad de la célula; b) participar en el movimiento y división celular.

Microtúbulos. Son estructuras delgadas tubulares de aproximadamente 24 nm de diámetro y están formadas por 13 protofilamentos de tubulina. No se pueden observar al M/O con preparaciones rutinarias; solo a comienzos de la década de 1960 en adelante se pudieron demostrar a través del M/E y mediante técnicas de inmunohistoquímica por medio de anticuerpos antitubulina y marcados con fluoresceína en microscopio de fluorescencia. Pueden estar libres

en el citoplasma y se les llama microtúbulos difusos y su función es el transporte de sustancias intracitoplámicas, tiene estructura muy lábil ya que al desplazarse lo hacen polimerizándose y despolimerizándose en sus extremos minus y plus; También intervienen en la composición de los centriolos, cuerpos basales, cilios y flagelos. Además participan en la formación del huso mitótico

Filamentos. Mediante la M/O se demostró en muchas células, estructuras filiformes dentro del citoplasma a las cuales se les llamó fibrillas y de acuerdo al tipo celular recibían su nombre, por ejemplo: la célula Muscular se le llamó miofibrilla, la célula Nerviosa neurofibrilla, la célula Epitelial tonofibrilla (pues se pensaba que le daba tensión a la célula). Al M/E, se demostró que estas fibrillas están compuestas por haces de estructuras más delgadas llamadas filamentos, son tan delgadas que solo se pueden determinar en el microscopio electrónico y por métodos de inmunohistoquímica.

Se han determinado 3 tipos de filamentos: filamentos de actina, filamentos intermedios y filamentos de miosina, además de proteínas asociadas a los filamentos.

Los filamentos de actina son delgados y miden entre 5 y 7 nm de grueso con una longitud variable. Se encuentran en todas las células y están compuestos por actina G que se polimeriza para dar la actina F y al realizar su función necesitan de proteínas asociadas a la actina como la profilina, brevina, fragmina, filamina, etc.

Los filamentos de miosina son gruesos, miden más de 10 nm de grosor y están formados por meromiosina liviana y meromiosina pesada. Este filamento se asocia con la actina en algunas células para realizar movimiento.

Los filamentos intermedios o tonofilamentos miden entre 8 y 10 nm de grueso, se encuentran en todas las células y su función principal es la de conferir fuerza mecánica, ya que son más fuertes que los filamentos de actina y microtúbulos. Están compuestos por diversas proteínas fibrosas de acuerdo al tipo celular. Entre las que se pueden clasificar:

- a) Queratina. Se ven las células epiteliales.
- b) Vimentina. Se ven en células de tejido conectivo (y de origen mesodérmico).
- c) Desmina. Se ven en células musculares.
- d) Proteína Gliofibrilar Ácida (GFAP). Se ve en células neurogliales.
- e) Periferina. Se ve en células neuronales.

- f) Sinemina. Se ve en células musculares.
- g) Paranemina. Se ve en células musculares.
- h) Nestina. Se ve en células musculares.
- i) Neurofilamento. Se ve en neuronas.
- j) Lámina nuclear. Se ve en el núcleo de las células.

Inclusiones Citoplásmicas. Son depósitos de material producto del metabolismo de la célula y de sustancias ingeridas. Pueden ser de glucógeno como en la célula hepática o muscular esquelética, de lípido como en el adiposito, de pigmento que puede ser exógeno como carotenos que son producto de la dieta o endógeno, por ejemplo: de lipofuscina, que es el producto terminal de la actividad lisosómica.

II. Núcleo

Es un cuerpo prominente que se encuentra situado dentro de las células eucariotas y está separado del citoplasma por el nucleolema o membrana nuclear.

Generalmente hay un núcleo por cada célula, aunque también se pueden encontrar 2 núcleos en algunas células normales como los hepatocitos y las células globulosas del epitelio transicional que pueden ser uninucleados o binucleados, (Fig. 11a).

Si encontramos más de 2 núcleos entonces les llamamos Multinucleados por ejemplo la célula muscular esquelética, (Fig. 11 b).

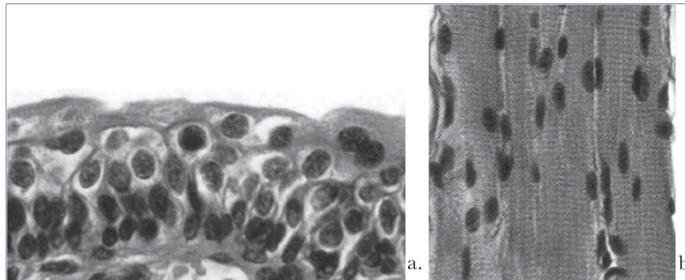


Fig.11. Se observan el epitelio transicional (a) con sus células binucleadas en el estrato superficial, y el músculo estriado esquelético (b) con sus células multinucleadas.

La forma de los núcleos varía según la forma del cuerpo celular, por ejemplo, en los linfocitos se ve esférico, ovoide en las células cilíndricas, alargado (en forma de cigarrillo) en la célula muscular lisa, arriñonado en los monocitos, lobulado en los neutrófilos, etc. (Fig. 12).

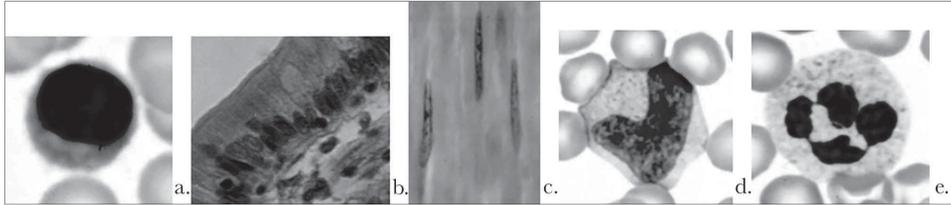


Fig.12. Ejemplos de células con núcleo redondeado(a), ovoide (b), alargado(c), arriñonado (d), y lobulado (e)

El ciclo celular es un conjunto de acontecimientos por los que pasa la célula somática desde su inicio hasta su duplicación. Se divide en 2 etapas: la interfase y la mitosis.

La interfase se divide en tres fases: la fase G 1. En esta etapa la célula se lleva a cabo la transcripción del ADN en ARN m, ARNr y ARN t y la síntesis proteica. En la fase S se realiza la replicación del ADN y en la fase G 2 la célula completa la síntesis de algunas proteínas como la tubulina y acumula energía para la división. En la mitosis una célula con un número diploide de cromosomas se divide y da origen a dos células hijas con un número diploide de cromosomas.

Al núcleo de la célula somática se le puede estudiar en las 2 etapas del ciclo celular.

En la **Interfase**. El núcleo in vivo es más gelificado que el citoplasma. Al protoplasma nuclear se le llama nucleoplasma, carioplasma o jugo nuclear; dentro del cual están suspendidos el nucleolo y la cromatina, los cuales se tiñen basofilamente al observarse al M/O. El nucleolo se observa y se puede delimitar al M/O cuando la cromatina condensada o *heterocromatina* está adherida al nucleolo y el resto de la cromatina está difusa o extendida y se le llama eucromatina, también se puede ver cromatina condensada dispuesta en pequeños grumos adherida a la membrana nuclear e intersticial, al núcleo de estas características se le dice que es de *cara abierta o vesicular* e indica que la célula está activa.

Cuando no se puede observar el nucleolo, es que se encuentra enmascarado con la heterocromatina que ocupa todo el núcleo, en este caso, se dice que el núcleo es de *cara cerrada o está condensado* e indica que la célula está en reposo.

La envoltura nuclear o nucleolema, vista al M/E es una doble capa de membranas de aproximadamente unos 6 a 7 nm de grosor cada una, limitada por un espacio llamado cisterna perinuclear o espacio intermembranal de aproximadamente unos 40 a 70 nm de espesor e interrumpida por los poros nucleares, los cuales están limitados por el complejo de poro; no se puede

observar directamente al M/O por su grosor ya que es más pequeña que el poder de resolución que tiene el microscopio. Se puede observar al M/O porque la heterocromatina adherida a la membrana nuclear hace que aumente el grosor haciéndola visible.

Cada membrana del nucleolema está formada por una bicapa de lípidos con proteínas transmembranales muy parecida al plasmalema o membrana celular.

El nucleolo o nucleolos son estructuras que aparecen en los núcleos activos de células en interfase, carecen de membrana y se pueden observar al M/O basófilamente, pues representan el sitio de síntesis del RNAr.

La cromatina está formada por ADN y proteínas básicas llamadas *histonas* y *proteínas no histonas*.

En la División. El proceso de división mitótica se inicia con 46 cromosomas duplicados (número diploide) y termina en dos células hijas con 46 cromosomas sencillos.

La **mitosis** presenta 4 fases que son:

Profase. En esta fase los pares de centriolos se desplazan a los polos de la célula e inician la polimerización de los microtúbulos y dentro de la envoltura nuclear los cromosomas se condensan y se hacen visibles. Al final de la profase aparecen ya los microtúbulos continuos y desaparece la envoltura nuclear y el nucleolo.

Metafase. Los cromosomas ya engrosados se alinean en el plano ecuatorial al polimerizarse los microtúbulos cromosómicos a partir de los cinetocoros completándose así el huso mitótico.

Anafase. Los centrómeros de cada cromosoma se dividen, separándose las cromátidas y desplazándose a sus respectivos polos celulares. Aparece el suco de segmentación citoplásmico.

Telofase. En esta fase se pronuncia más el surco de segmentación para dividir al citoplasma, aparece la membrana nuclear, los cromosomas se extienden para formar la cromatina iniciándose nuevamente en cada célula la interface (Fig 13).

La meiosis. Es un tipo de división que es propia de las células germinales y sucede durante la gametogénesis. La meiosis presenta dos etapas: La Meiosis I o Reduccional y la Meiosis II o Ecuacional. En este tipo de división la célula inicia con 46 cromosomas duplicados (92) y al final de las dos etapas nos da como resultado la formación de 4 células con un número haploide de cromosomas (23 cromosomas sencillos).

Las finalidades de la meiosis en las células germinales son la recombinación genética entre los cromosomas homólogos paterno y materno y la disminución cromosómica para preparar a las células para la fecundación.

Meiosis I

a) *Profase*. En esta fase se distinguen 5 subfases que son:

Leptoteno: Los cromosomas están dentro del núcleo y se ven como filamentos delgados en forma de listón. En esta fase hay 46 cromosomas duplicados (46 D).

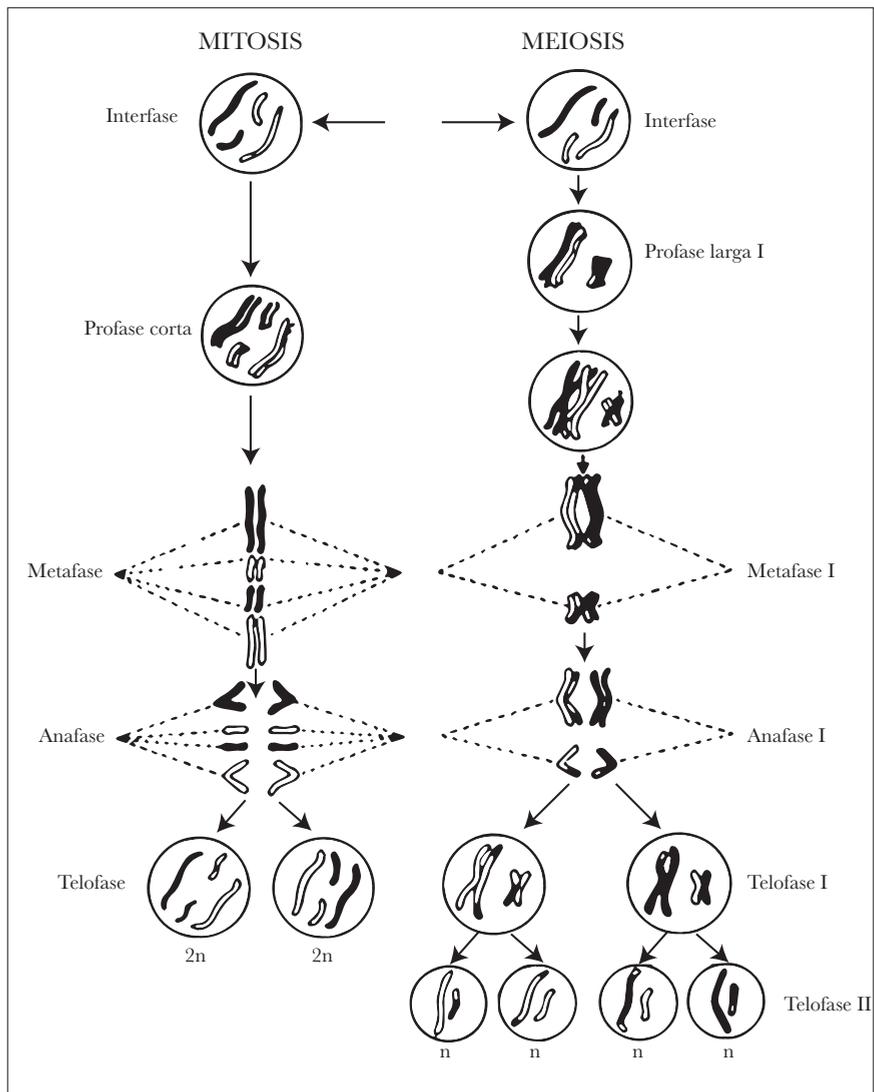


Fig. 13. Esquema de la división celular mitótica y meiotica.

Cigoteno. Los cromosomas se aparejan con su homólogo, esto es 2 miembros de cada par se disponen paralelamente con respecto al otro par formando los bivalentes o tétradas.

Paquíteno. Los cromosomas se acortan y se engrosan por lo que se tiñen más oscuro.

Diploteno. Las cromátidas de cada bivalente se contactan entre varios puntos formando los quiasmas (intercambiando material genético entre las cromátidas).

Diascinesis. Es el final de la profase en la cual los cromosomas se condensan más acortándose y tiñéndose más.

b) *Metafase.* Se inicia cuando desaparece la membrana nuclear y los cromosomas se desplazan hacia el plano ecuatorial.

c) *Anafase.* Los 2 miembros de cada par se separan y se van a su respectivo polo celular.

d) *Telofase.* Ya estando los cromosomas en su polo se divide el citoplasma, formándose 2 células hijas con un número haploide doble de cromosomas. En forma simultánea aparece la membrana nuclear (Fig. 13).

Para pasar a la siguiente etapa las células germinales no pasan por la interfase sino que continúan con la meiosis II.

Meiosis II

Es igual a la división mitótica pero es el resultado de la formación de otras 2 células hijas con 23 cromosomas sencillos (número haploide de cromosomas) Figura 13.

Después de describir la estructura de las células somáticas en interfase y en división y de la división de las germinales. Ahora se describirá cómo se pueden estudiar los cromosomas.

III. Citogenética

Tijo y Levan demostraron en 1956 mediante el cultivo de fibroblastos de pulmón de productos abortados, que la especie humana tiene 46 cromosomas.

Después Fond y Hammertan encontraron 23 cromosomas en células de testículo (células haploides).

Ellos estudiaron los cromosomas de células eucariotas (humana) utilizando diversas técnicas de cultivo de tejidos que permitieran el crecimiento y división celular para obtener los cromosomas de la metafase celular por estar en esta fase más condensados y más visibles.

El método más utilizado para procesar cariotipos es por medio de cultivo de sangre.

El método es el siguiente:

1. Toma de sangre periférica (2cc con jeringa heparinizada).
2. Siembra de la muestra (en un medio estéril). Se aplican 8 gotas aproximadamente de sangre venosa periférica en un frasco de medio de cultivo, se le adiciona un factor de crecimiento y un estimulante mitogénico.
3. Incubación. El tiempo de incubación es de 72 horas en una estufa bacteriológica a 37° C y 5% de atmósferas de CO₂.
4. Bloqueo de las metafases. Después de las 72 horas al cultivo se le agrega .5 ml de colchicina y se vuelve a incubar por 1 ½ a 2 horas.
5. Choque Hipotónico. Después de la incubación en la colchicina se pasa el medio de cultivo a tubos cónicos para centrifugar por 10 min. aproximadamente, se decantan , luego de les agrega 5 ml. de solución hipotónica a 37° C por 20 minutos.
6. Fijación. Después de decantar la solución hipotónica se agregan 5 ml. de solución fijadora, se resuspende y centrifuga 3 veces.
7. Se decanta hasta dejar 1 ml. de solución fijadora sobre el botón celular; se resuspende y se procede al siguiente paso.
8. Goteo de las laminillas. Los portaobjetos deben de estar bien lavados y desengrasados para realizar el goteo, luego se flamea en un mechero.
9. Coloración. Se utiliza solución de Giemsa. Para tinciones en banda, previo a la tinción se les agrega un desnaturalizador como la tripsina.

Cariotipo. Se define como el complemento cromosómico de un individuo, ordenado de acuerdo con el tamaño y posición de su centrómero. En él se pueden estudiar el número y las características morfológicas de los cromosomas.

Desde 1971 los cromosomas se han clasificado en 7 grupos que se han determinado en números romanos (I al VII) o con letras mayúsculas (de la A a la G).

Como en las células somáticas cada cromosoma está representado por duplicado con excepción de los cromosomas sexuales en el sexo masculino, en el cariotipo quedan ordenados por pares.

Los dos miembros de cada par están representados por un cromosoma de origen paterno y otro de origen materno.

El orden es el siguiente:

El Grupo A. Está formado por los primeros 3 pares. El par 1 los forman los más grandes metacéntricos. El par 2 los más grandes submetacéntricos y el par 3 los grandes metacéntricos pero más pequeños que el par 1.

El Grupo B. Lo constituyen el par 4 y el par 5, ambos son grandes submetacéntricos.

El Grupo C. Está formado por 8 pares en la mujer y 7 ½ en el hombre. Se clasifican de acuerdo a su tamaño, el más grande es el par 6 y le sigue el cromosoma X, después el 7 y el 8 hasta el 12. Este grupo es muy variable (polimorfo) pues los cromosomas son medianos pero metacéntricos y submetacéntricos.

El Grupo D. Está formado por 3 pares de medianos acrocéntricos, los cuales son indistinguibles entre sí, si no se usa la técnica de bandeado. Estos cromosomas son el 13, 14 y 15; además presentan satélites.

El Grupo E. Es fácil de clasificar y está formado por los pares 16, 17 y 18, los cuales son pequeños submetacéntricos.

El Grupo F. Lo forman los pares 19 y 20 que son indistinguibles entre sí, si no se usa la técnica de bandeado. Son pequeños metacéntricos.

El Grupo G. Está formado por los pequeños acrocéntricos. Son 2 pares en la mujer y 2½ pares en el hombre, o sea el par 21, 22 y el cromosoma Y, y de ellos solo el Y no presenta satélites.



Cuadro 4. Metafase humana

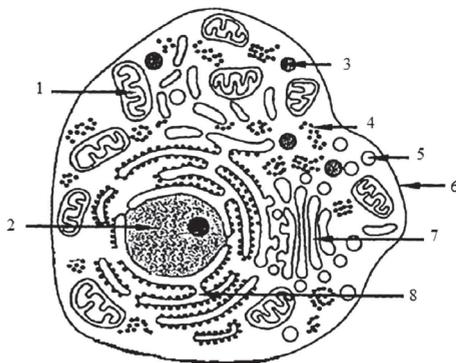
Actividad práctica

1. Dibuja y explica brevemente las diversas formas celulares que podemos encontrar en los tejidos, vistas al M/O.

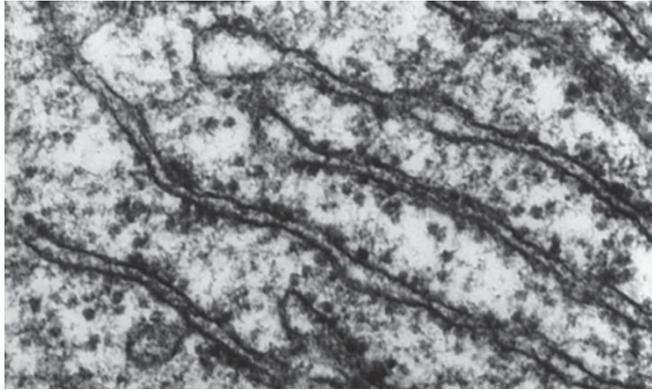
2. Contesta las preguntas que se le indican de acuerdo a lo observado en imágenes vistas al M/E:

Esta imagen es un dibujo de una célula vista en el M/E.

Obsérvala detenidamente y escribe el nombre de la estructura señalada con la flecha para señalar los intracitoplasmicos:



1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____
6. _____
7. _____
8. _____



- a) ¿Es una organela membranosa o no membranosa? _____
- b) Describe la estructura: _____

- c) Dx: _____

4. Elabora el cariotipo utilizando el formato con los 7 grupos, recortando y pegando los cromosomas de la metafase que está en el cuadro 4.

Elabore el cariotipo humano

A	B
C	D
E	F
G	SEXO CROMOSOMAS

4. Tejido epitelial I

Competencia: Reconoce e identifica las características microscópicas de los tipos de tejido epitelial de cubierta o revestimiento sencillo para relacionarlos con la función que realizan de acuerdo a su especialidad.

Los epitelios son agrupaciones de células que están en íntimo contacto y que se encuentran cubriendo una superficie exterior o revistiendo una interior. También participan en la formación de glándulas. Su origen proviene de las 3 capas germinativas.

I. Generalidades

Características generales de los epitelios:

a) *Ausencia de sustancia intercelular.* No existe material entre las células, excepto el glucocalix que actúa como cemento celular y donde se encuentran los receptores de superficie.

b) *Presentan membrana basal.* La cual contiene una lámina basal y una lámina reticular. En ella descansan los epitelios y los separa del tejido conectivo subyacente. Se puede visualizar en el microscopio de luz con la técnica de PAS solo en algunos epitelios que presentan membrana basal gruesa (como la tráquea).

c) *Presencia de uniones intercelulares.* Existe íntima conexión entre sí por el citoesqueleto de las células formando diferentes tipos de uniones como: estrechas, adherentes y de comunicación o nexos.

d) *Polaridad de la célula epitelial.* Es la distribución de los organelos de acuerdo al núcleo. Las células epiteliales tienen tres clases de superficie funcionales: 1) *superficie apical (libre)*, es la que está expuesta al aire o es bañada por fluidos en los epitelios simples y en las células superficiales de los epitelios estratificados. La superficie libre puede presentar modificaciones llamadas microvellosidades como las prolongaciones del citoplasma de las células cilíndricas, las cuales unas son cortas y se ven como borde en cepillo o estriado, sus diámetro es de 1 micra y corresponden a *microvellosidades* en el M/E. Otros son más largos como los estereocilios llamados así porque parecen cilios al M/O. Cada microvellosidad está recubierta por membrana celular y tiene glucocalix, su función es absorber, secretar y también intervienen en los estímulos sensoriales. Cilios: son

prolongaciones de citoplasma largas, recubiertos por membrana celular, pero en su interior presentan un sistema de microtúbulos longitudinales. Su función es el movimiento. Existen cilios muy grandes que se llaman flagelos. 2) *superficie lateral*, esta cara relaciona a las células epiteliales entre sí, es donde se encuentran los tipos de unión especial que las mantienen unidas. 3) *superficie basal*, esta cara de la células epiteliales reposa sobre la membrana basal (se ve en los epitelios simples y en las células basales de los epitelios estratificados).

e) *Ausencia de vasos sanguíneos*. Los epitelios se nutren por difusión desde el tejido conectivo subyacente.

f) *Presentan terminaciones nerviosas amielínicas*.

Funciones de los epitelios. En general los epitelios que secretan, absorben reabsorben y filtran son simples.

La altura del epitelio (de escamoso o plano a cilíndrico) se correlaciona con la eficacia funcional. Los epitelios pseudoestratificados secretan, transportan (cilios) y reciben estímulos.

Los epitelios estratificados están destinados a proteger.

La reproducción es otra función de algunos tipos de células epiteliales para reponer a las que se pierden. Así mismo, algunas células como los espermatozoides y los óvulos son un tipo especial de epitelio cuya función es la preservación de la especie.

Otras células relacionadas con los epitelios. Hay células migratorias que se alojan entre los epitelios como melanocitos, células de Langerhans y linfocitos.

Distribución y tipos. El epitelio se encuentra en superficies expuestas de un organismo como: piel, revestimiento intestinal, respiratorio, urinario, etc. Pueden también encontrarse en la luz de conductos como: vasos sanguíneos, conductos glandulares, cordones hepáticos, etc. Además, las células epiteliales pueden estar agrupadas formando glándulas.

II. Clasificación

Se clasifican en 3 tipos: Los epitelios de superficie (de cubierta y revestimiento), los epitelios glandulares y los epitelios especiales.

Epitelios de superficie. Los epitelios de cubierta y revestimiento, también se clasifican a su vez de acuerdo al número de estratos celulares y la forma de las células.

De acuerdo a la presencia de una o más capas se dividen en:

- a) *Simples* (solo presenta una sola capa de células).
- b) *Estratificados* (presentan varias capas celulares).

Los epitelios simples (Fig. 14) se les da el nombre de acuerdo a la forma y el tamaño de sus células en:

1) Plano o escamoso. Endotelio, mesotelio, cápsula de Bowman del glomérulo renal, rete-testis, cavidad del tímpano, etc.

2) Cúbico. Plexos coroideos, epitelio pigmentario de la retina, células foliculares del ovario, epitelio germinativo del ovario, conductos glandulares, cara anterior del cristalino, etc.

3) Cilíndrico. Este epitelio presenta muchas variedades de acuerdo a los tipos de células que lo componen y las modificaciones de su borde apical pero puede ser:

- Epitelio cilíndrico simple (mucosa del estómago).
- Epitelio cilíndrico simple ciliado y no ciliado (oviducto, útero, bronquiolos terminales).
- Epitelio cilíndrico simple con chapa estriada y alternado con células caliciformes (intestino).
- Epitelio cilíndrico con chapa estriada (túbulo contorneado proximal).
- Epitelio pseudoestratificado cilíndrico ciliado y alternado con células caliciformes (parte respiratoria, cavidad nasal, tráquea, bronquios, parte de laringe).
- Epitelio pseudoestratificado cilíndrico con estereocilios (conducto deferente y parte de epidídimo).

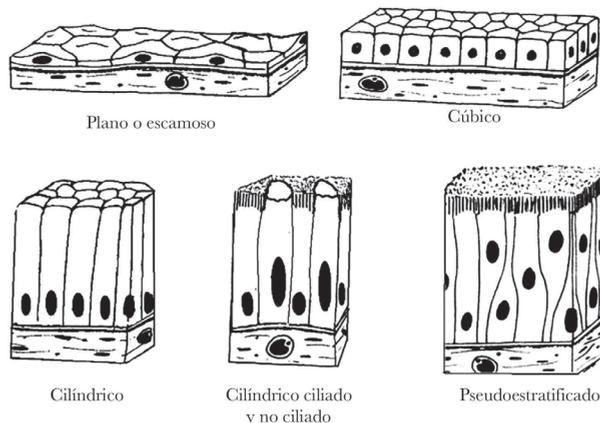


Fig.14. Dibujos de tipos de epitelios simples.

III. Características de epitelios simples

Epitelio plano o escamoso. Anteriormente se le llamaba epitelio pavimentoso ya que sus células son placas más anchas que altas, vistas de perfil se ven planas, y se ven más altas del centro porque ahí está el núcleo, el cual es oval o redondo. Sus límites celulares están interdigitados y unidos por cemento celular. Vistos de frente se ven en forma hexagonal. (Fig. 15).

Epitelio cúbico simple. Son células en forma de prismas cortos, vistas de perfil se ven cuadradas, sus núcleos se ven centrales redondos, el citoplasma se ve acidófilo y su núcleo basófilo y de cara abierta. (Fig. 16)

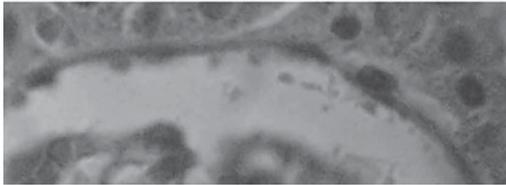


Fig. 15. Epitelio plano simple. Corte de riñón teñido con H-E señalando el epitelio plano simple que envuelve al glomérulo.



Fig. 16. Epitelio cúbico simple. Corte tomado de plexos coroideos Teñido con H-E.

Epitelio cilíndrico simple. Son células en las que predomina la altura y se ven más angostas. Descansan en uno de sus extremos como los demás epitelios simples. Los núcleos se localizan en la mitad inferior de la célula y suelen ser ovales. El borde libre de estas células va a variar de acuerdo al tipo de función; así tenemos:

a) Epitelio cilíndrico simple mucosecretor. Con las técnicas de H y E las células altas y delgadas se ven dispuestas en una sola capa, tan unidas unas con otras que es difícil observar los límites citoplásmicos, el núcleo es alargado y se tiñe con colorantes básicos y da el aspecto de una empalizada por su cercanía una de otra y en la misma posición. El citoplasma se ve muy pálido. (Fig. 17a).

b) Epitelio cilíndrico simple con chapa estriada alternado con células caliciformes. Este epitelio también alto presenta diferencias con respecto al anterior. Presenta dos tipos celulares: unas células columnares con citoplasma acidófilo y núcleo oval en el tercio inferior basófilo. Unas células en forma de copa o de cáliz con citoplasma pálido (por presentar gran cantidad de mucígeno)

y núcleo lenticulado en el tercio basal. Además, en su superficie apical presenta pequeñas microvelocidades, las cuales se ven como birrefringente al mover el microscopio, a esto se le denomina chapa estriada. (Fig. 17b).

c) Epitelio cilíndrico con chapa estriada. Es igual al anterior a excepción que no presenta células caliciformes.

d) Epitelio cilíndrico simple ciliado y no ciliado. Está constituido por dos tipos celulares, unas células columnares bajas con cilios y otras células columnares más altas anchas y con citoplasma acidófilo más pálido que los cilios, con borde apical libre. El núcleo de las células ciliadas es oval y en el tercio inferior de la célula; y el de la célula no ciliada es más redondeado y situado también en el tercio basal pero no exactamente a la misma altura por lo que da el falso aspecto de tener el epitelio dos capas en lugar de una. (Fig. 17c).

e) Epitelio pseudoestratificado cilíndrico ciliado y alternado con células caliciformes. Recibe este nombre pues es un epitelio que da el aspecto de estar formado de varias capas celulares, siendo solamente una sola capa la que lo constituye. Este aspecto se explica porque el epitelio está constituido por varios tipos celulares de los cuales solo se pueden ver 3 que son: células basales, las cuales son cúbicas con citoplasma acidófilo y núcleo redondo, estas células descansan en la membrana basal pero no llegan a su borde apical. Células cilíndricas, las cuales están constituidas por un citoplasma acidófilo con un núcleo oval situado en el tercio basal de la célula, estas células descansan en la membrana basal y alcanzan el borde libre, el cual presenta cilios. Células caliciformes son de forma de cáliz con citoplasma pálido y espumoso por el acumulo de mucígeno y núcleo denticulado y en el tercio basal; esta célula también llega a la superficie y su cara inferior descansa en la membrana basal. Además, existen 2 tipos más se solo se pueden ver al M/E o por medios especiales de tinción y son células con microvelocidades y células granulosas del sistema neuroendocrino. (Fig. 17d)

f) Epitelio pseudoestratificado cilíndrico con estreocilios. Este epitelio da la apariencia de tener varias capas celulares, pero solo está constituido por una sola capa celular que presenta dos tipos de células: células basales con las mismas características del epitelio anterior y células cilíndricas con microvelocidades largas que parecen cilios. Ambas células llegan a la membrana basal pero solo las que tienen microvelosidades llegan al borde apical. En general, respecto a ambos epitelios pseudoestratificados, todas sus células descansan sobre una membrana basal; pero sus ápices se extienden a diversas alturas, según el tipo celular. Los

núcleos de cada tipo celular se ubican a diferentes niveles, pero en general todos los núcleos permanecen en las dos terceras partes basales de la célula. El tercio apical está libre de núcleos. (Fig. 17e)

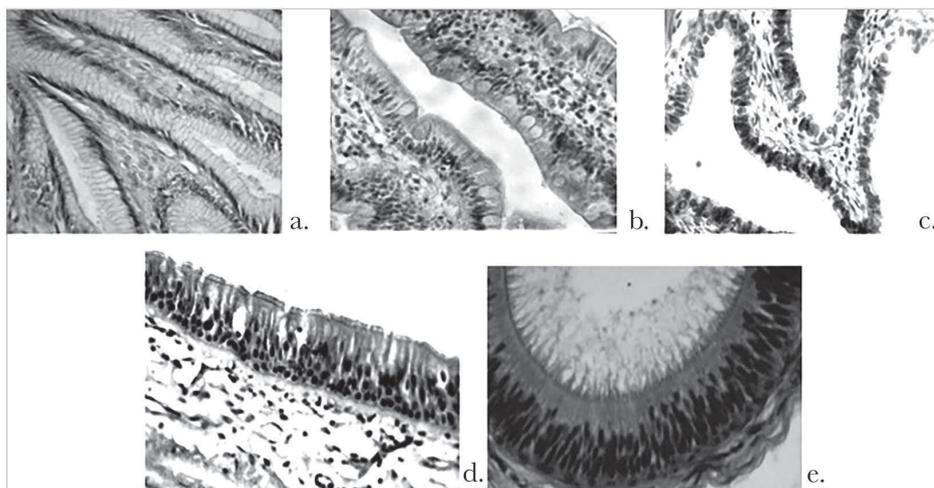


Fig. 17. Se observan 5 cortes histológicos de epitelios cilíndricos teñidos con H-E. como el epitelio cilíndrico simple mucosecretor(a), epitelio cilíndrico simple con chapa estriada y alternado con células caliciformes(b), epitelio cilíndrico simple ciliado y no ciliado (c), epitelio pseudoestratificado cilíndrico ciliado y alternado con células caliciformes (d) y el epitelio pseudoestratificado cilíndrico con estereocilios (e).

Actividad práctica

Nota: A continuación se presentan hojas de trabajo para dibujar los diferentes tipos de epitelios (los más representativos), pues los demás se revisarán en forma integral en las posteriores prácticas de laboratorio.

Aumento _____ Técnica de coloración _____



Trazo del corte: _____

Descripción: _____

Dx: _____

Aumento _____ Técnica de coloración _____



Trazo del corte: _____

Descripción: _____

Dx: _____

Aumento _____ Técnica de coloración _____



Trazo del corte: _____

Descripción: _____

Dx: _____

5. Tejido Epitelial II

Competencia: Identifica las características microscópicas de los tejidos epiteliales de cubierta o revestimiento estratificados para entender su ubicación en el cuerpo y explicar su función.

I. Características de epitelios estratificados

Los epitelios estratificados también se nombran según la forma y características propias de las capas superficiales en (Fig. 18):

1. Epitelio estratificado plano o escamoso; este epitelio puede ser queratinizado (epidermis) o no queratinizado (esófago, conducto anal, vagina, parte de laringe, etc.)
2. Epitelio estratificado cilíndrico o cúbico (lugares de transición de epitelios, como: epitelios de conductos glandulares, conjuntiva palpebral).
3. Epitelio transicional (pelvis del riñón, uréter, vejiga)

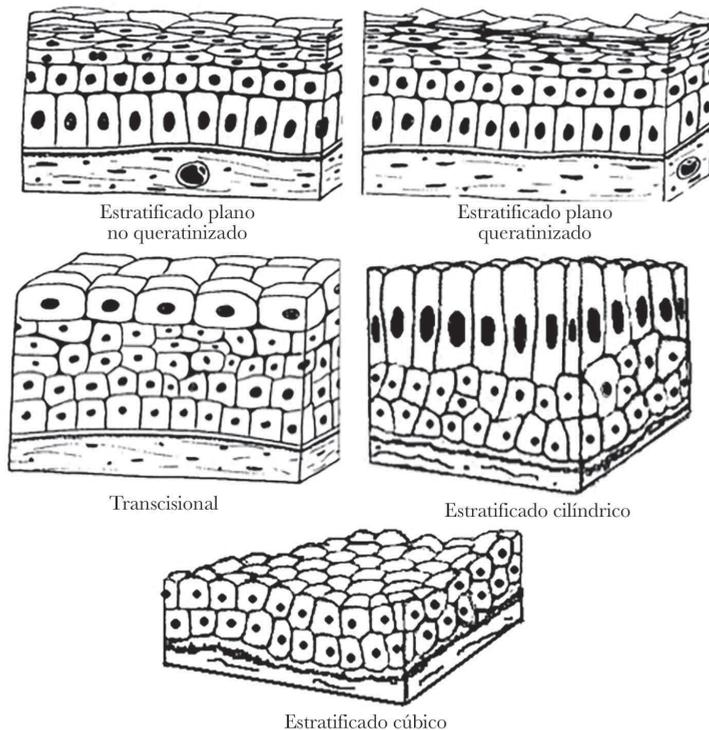


Fig. 18. Dibujos de tipos de epitelios estratificados

Se llaman así porque están formados por varias capas celulares, variando su forma y su tamaño según el estrato. Se clasifican en diversos tipos según la forma y el tamaño de la célula más superficial. Así tenemos:

a) *Epitelio estratificado plano o escamoso*. Se encuentra en áreas expuestas a la fricción y desgaste. A este tipo de epitelio se le llama plano o escamoso porque el estrato superficial está formado por células aplanadas. Este epitelio se subdivide en dos tipos: a) queratinizado y b) no queratinizado o mucoso.

b) *Epitelio estratificado plano queratinizado*. Este epitelio presenta 5 estratos en algunas regiones y 4 estratos en otras (falta el estrato lucido). El estrato más profundo que está en contacto con la membrana basal es el *estrato germinativo o basal* formado por una capa de células cilíndricas bajas con citoplasma basófilo y núcleo oval en el tercio basal y basófilo. El *estrato espinoso*, es aquel formado por varias capas de células (2 a 5) de forma poligonal con citoplasma acidófilo y núcleo redondo basófilo, se ve que se unen fuertemente por puentes intercelulares que le dan la apariencia de espina a las células (son uniones adherentes llamados desmosomas). El *estrato granuloso*, es un estrato formado por dos o tres capas de células (en pieles gruesas es de 3 a 5) aplanadas de forma romboidea con núcleo pequeño aplanado basófilo y citoplasma acidófilo con abundantes granos de color basófilo (que corresponden a queratohialina). *Estrato lúcido*, es un estrato formado por células (3 a 5) que no se tiñen, su núcleo ya se perdió y su citoplasma está lleno de una sustancia llamada eleidina, se ve en epidermis gruesas únicamente. *Estrato córneo*, formado por una capa de células que presentan fibras de queratina las cuales se ven acidófilas o sea es una sustancia homogénea que contiene filamentos en el citoplasma de la célula muerta, la cual ya no presenta núcleo. (Fig. 19 a).

c) *Epitelio estratificado plano no queratinizado o mucoso*. Presenta tres estratos: El *estrato basal* es aquel formado por una capa de células columnares bajas que descansan sobre la membrana basal, su citoplasma se observa basófilo y núcleo oval basófilo. El *estrato medio* formado por varias capas de células poliédricas, su citoplasma se ve acidófilo oscuro y su núcleo redondo y basófilo. El *estrato superficial* constituido por células aplanadas de color acidófilo más pálido, además sus núcleos son aplanados. (Fig. 19 b).

d) *Epitelio estratificado cilíndrico y cúbico*. También presenta tres estratos. La diferencia se encuentra en el estrato superficial que va a presentar células cúbicas o cilíndricas (Fig. 18).

e) *Epitelio transicional*. El estrato basal presenta una capa de células cúbicas o columnares bajas las cuales presentan citoplasma basófilico (violáceo oscuro). El estrato medio presenta células cúbicas de citoplasma acidófilo en 2 a 5 capas con núcleos redondeados y basófilo.

El estrato superficial presenta una sola capa de células en forma globulosa, de pera o de balón de fútbol americano de citoplasma acidófilo y núcleo redondo basófilo. Puede haber células binucleadas; incluso puede haber células aplanadas. Estos dos tipos celulares se pueden presentar en este epitelio según el grado de distensión que sufre el epitelio. (Fig. 19c).

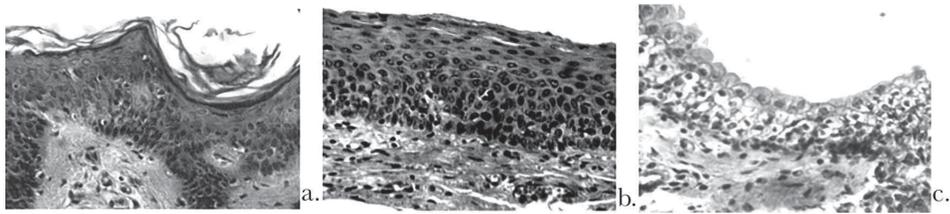


Fig. 19. Se observan 3 cortes histológicos de epitelios estratificados teñidos con H-E como el epitelio estratificado plano queratinizado (a.), epitelio estratificado plano no queratinizado (b), epitelio transicional (c).

Actividad práctica

Nota: A continuación se presentan hojas de trabajo para dibujar los diferentes tipos de epitelios (los más representativos), pues los demás se revisarán en forma integral en las posteriores prácticas de laboratorio.

Aumento _____ Técnica de coloración _____



Trazo del corte: _____

Descripción: _____

Dx: _____

Aumento _____ Técnica de coloración _____

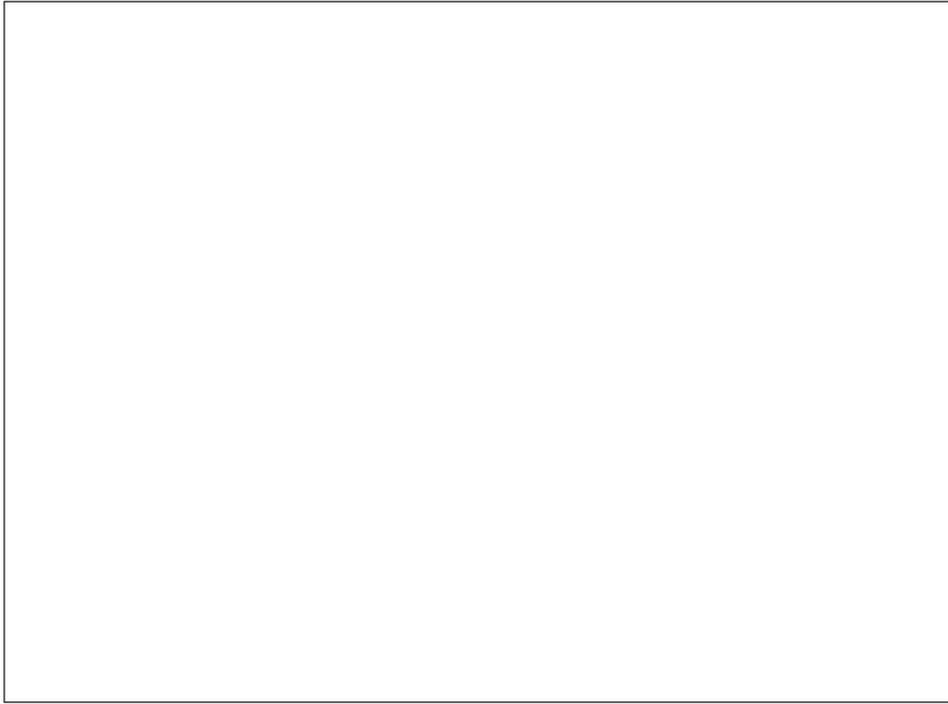


Trazo del corte: _____

Descripción: _____

Dx: _____

Aumento _____ Técnica de coloración _____



Trazo del corte: _____

Descripción: _____

Dx: _____

6. Tejido Epitelial III

Competencia: Distingue e interpreta a cada uno de los epitelios glandulares para poder clasificar cada tipo de células epiteliales exocrinas y diferenciarlas de las endocrinas y paracrinas por medio de sus características estructurales particulares.

I. Características de epitelios glandulares

Los epitelios glandulares son epitelios secretores que se clasifican de acuerdo al diferente producto de su secreción, en epitelios glandulares *exocrino*, *endocrino* y *paracrino*.

Los epitelios que están formados por células o grupos de células que elaboran sustancias y que las vierten hacia el exterior o en una cavidad se llaman exocrinos. Los epitelios que vierten su contenido hacia el torrente circulatorio, pero que actúan en todo el organismo se llaman endocrinos.

Cuando hay agrupaciones de epitelios glandulares y otros tejidos, entonces se llaman órganos glandulares, que también pueden ser exocrinos y endocrinos. Si el producto de secreción proviene de células endocrinas y exocrinas que están agrupados y sostenidos por otros tejidos (conectivo), entonces se les llama glándulas mixtas o anficirnas. Si las células epiteliales glandulares liberan su producto al espacio intercelular por difusión en las células vecinas y también hacia la membrana basal para pasar el producto a distancia, entonces se llaman células glándulas paracrinas.

a. Epitelios glandulares exocrinos. Estos epitelios están formados por células o grupos de células que elaboran sustancias y que las vierten hacia el exterior o en una cavidad.

Los epitelios glandulares exocrinos forman glándulas; según el número de células que los constituyen se pueden dividir en: unicelulares y multicelulares o pluricelulares.

De acuerdo a la situación de la glándula, se pueden dividir en intraepiteliales y extraepiteliales.

Dentro del grupo de las glándulas intraepiteliales unicelulares tenemos a las células caliciformes (Fig. 20), que son células columnares que adquieren su forma de copa o de cáliz por la acumulación de gotitas de mucígeno (producto de secreción). Su núcleo se ve lenticulado y desplazado hacia la base.

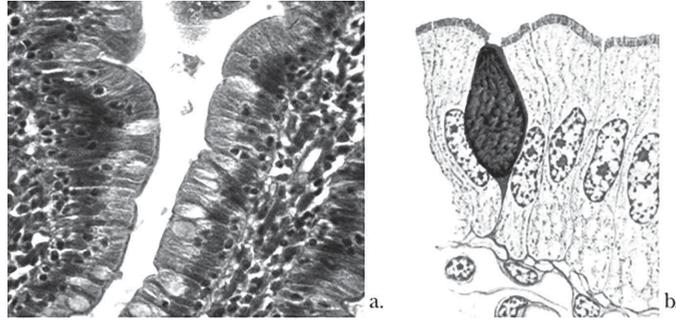


Fig. 20 a. Corte histológico de epitelio intestinal teñido con H-E donde se señala con una flecha a la célula caliciforme, que se observa sin coloración por la gran cantidad de mucígeno. b. Corte teñido con PAS, de epitelio intestinal, específica para teñir el mucígeno (carbohidratos) observándose de color magenta.

Las células secretorias del epitelio de la mucosa gástrica son otro tipo de glándula que está formada por células columnares que tienen su citoplasma muy pálido por la presencia de grandes cantidades de mucígeno, su núcleo es oval y está colocado en el tercio basal de la célula, este epitelio es un ejemplo de *glándula pluricelular e intraepitelial* (Fig. 17a).

Los epitelios multicelulares extraepiteliales, se forman por la invaginación de los epitelios de cubierta o revestimiento (superficiales), dando origen a diferentes tipos de glándulas exocrinas que van desde las más sencillas o simples y que forman parte de un órgano. Por ejemplo, las glándulas sebáceas, como las más complicadas formadas por múltiples ramificaciones dando origen a órganos completos como las glándulas compuestas, por ejemplo: la glándula parótida.

La mayoría de las glándulas constan de una porción excretora y una porción secretora (adenómero); excepto en las más sencillas, pues en ellas las glándulas están formadas por células que toman las dos funciones o sea secretar y a su vez excretar, por ejemplo: las glándulas de Lieberkühn del intestino.

La mayoría de las glándulas multicelulares presentan tubos (función excretora, por donde reconduce la secreción) y dilataciones (función secretora, donde se elabora la secreción) como alvéolos y acinos. Aunque como se mencionó en el párrafo anterior, hay tubos que también son secretores. Así en conjunto dichos componentes forman una estructura compleja, donde se abren a la superficie del epitelio que les dio origen.

Las glándulas multicelulares se pueden clasificar en (Cuadro 6)

1. Glándulas Simples. Es cuando las glándulas no tienen conducto excretor o solo tienen uno sin ramificaciones y una porción secretora. Se pueden dividir en:

a) *Glándulas simples rectas.* Cuando el túbulo es recto, por ejemplo: las glándulas intestinales o de Lieberkühn.

b) *Glándulas glomerulares o flexuosas.* Cuando el túbulo se enrolla, por ejemplo: Las glándulas sudoríparas ecrinas.

c) *Glándulas simples alveolares.* Son una agrupación concéntrica de células con un borde apical que da hacia una luz real muy amplia. Por ejemplo: la glándula sebácea.

2. Glándulas ramificadas. Son cuando tienen un conducto tubular excretor o ninguno y varios adenómeros o porciones secretoras, que pueden tener forma tubular o alveolar Ej: glándulas pilóricas (tubular), glándula sebácea (alveolar) etc.

3. Glándulas compuestas (Cuadro 6). Son aquellas que están constituidas por varios lobulillos (rodeados de tejido conectivo) y cada lobulillo equivale a una glándula simple ramificada.

Los conductos excretores de cada lobulillo confluyen para formar el conducto excretor principal. El epitelio de los conductos excretores ramificados varía de altura de acuerdo a la situación donde se encuentre y va desde epitelio cúbico simple hasta epitelio estratificado en el conducto excretor principal.

Según la forma del adenómero, las glándulas compuestas pueden ser:

a) Tubulares compuestas. Son las glándulas cuyas unidades secretoras tienen forma tubular. ejem. porción exocrina del riñón.

b) Alveolares compuestas. Son las glándulas cuyas unidades secretoras tienen forma de alveolo. Son las glándulas cuyas unidades secretoras tienen forma tubular. Por ejemplo: próstata.

c) Túbulo-acinares compuestas. Son glándulas cuyas unidades secretoras tienen forma tubular y de acino. Por ejemplo: parótida.

d) Túbulo-alveolares compuestas. Son las glándulas cuyas unidades secretoras tienen forma tubular y alveolar. Por ejemplo: glándula mamaria.

Características de los acinos secretores (Fig. 21)

Los acinos serosos. Están formados por células de forma piramidal con base ancha y vértice angosto, con núcleo redondo y central de cara abierta, su citoplasma presenta basófilia acentuada cerca de la porción basal de la célula debido a la abundancia de RER. En la porción apical existen muchos gránulos

de cimógeno. Presentan una luz virtual. Entre las células y su membrana basal presenta células mioepiteliales.

El producto de secreción de estas células es albuminoide, claro, acuoso, rico en enzimas.

Los acinos mucosos. Están formados por células piramidales de base ancha y vértice angosto con un citoplasma espumoso y claro por la gran cantidad de mucígeno. Su núcleo es pequeño, lenticular y rechazado a la base. Presenta una luz real. El tipo de secreción es espesa y viscosa por las mucoproteínas.

Los acinos mixtos. Se caracterizan por presentar acinos mucosos rodeados de una media luna de células serosas que se le llama semiluna serosa; entre las células hay conductos intercelulares por donde viaja la secreción a la luz del acino.

Modos de secreción. Las células de las glándulas se clasifican de acuerdo al mecanismo de secretar:

a) Merocrina o ecrina (Fig. 22) cuando el producto de secreción de la célula sale por medio de vesículas membranosas que se fusionan con la membrana plasmática vertiendo el producto por exocitosis permaneciendo la célula intacta. Por ejemplo, acinos.

b) Apocrina (Fig. 22) cuando el producto de la secreción de la célula se libera por el borde apical donde la gota de material es rodeada por la membrana plasmática, se fusiona y se desprende. Ejem. alvéolos mamarios

c) Holocrina (Fig. 22) cuando toda la célula se desprende durante la secreción.

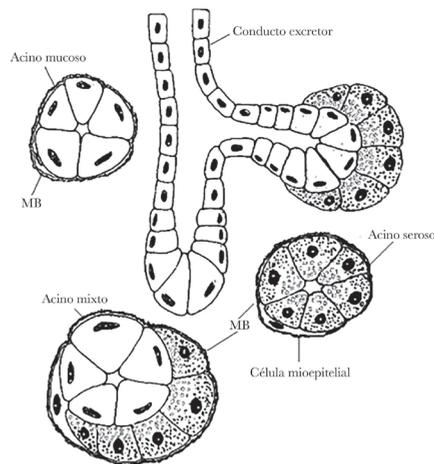


Fig. 21. Tipos de unidades secretoras acinosas

Según la naturaleza de la secreción. El producto de secreción externa implica la síntesis y la liberación de productos elaborados por las células glandulares.

Este producto elaborado puede ser:

a) Secreción mucosa. Es blanco, viscoso e inerte, rico en carbohidratos

Por ejemplo, mucina.

b) Secreción serosa. Secreción acuosa y albuminoide y contiene proteínas

Por ejemplo, enzimas.

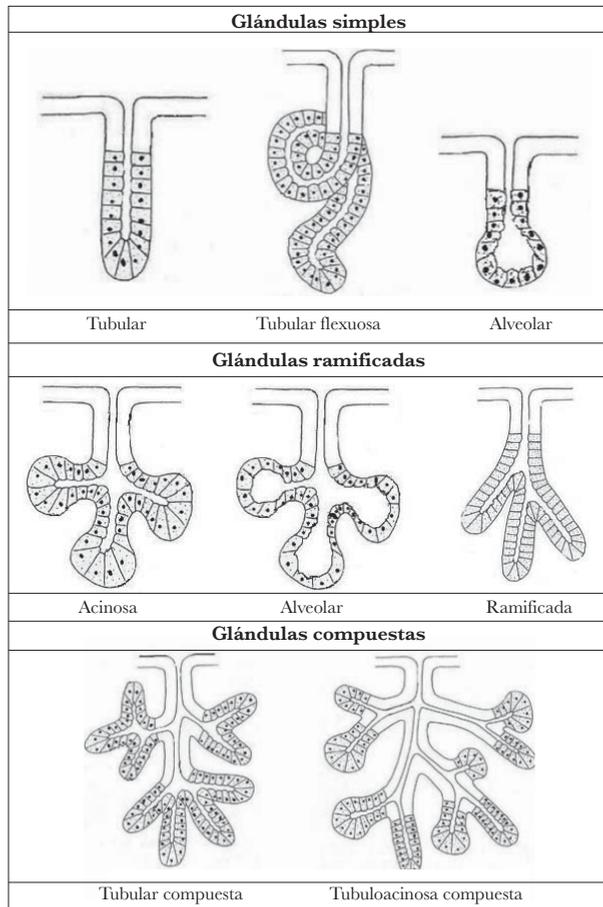
c) Secreción seromucosa o mixta (mezcla de las dos secreciones).

d) Láctea (secreción de la glándula mamaria).

e) Citógena (envío de células muy especializadas, espermatozoides).

f) Grasosa (secreción de glándulas sebáceas).

g) Etc.



Cuadro 6. Glándulas compuestas

b. Epitelios glandulares endocrinos. Son células secretoras que vierten su contenido hacia el torrente circulatorio, a través de su membrana basal, actuando a distancia y su producto de secreción se llama *Hormona*. (Fig. 23).

De acuerdo a la disposición de las células glandulares en los órganos endocrinos se dividen en epitelios glandulares de disposición glomerular, cordonal, vesicular o folicular.



Fig. 22. Modos de secreción celular

II. Características de epitelios especiales

Son todas aquellas células epiteliales que están infiltradas entre los epitelios de superficie y glandulares y que secretan hacia los lados para motivar a las células vecinas y hacia la membrana basal y estimular células a distancia. En esta categoría están las células glandulares de secreción **paracrina**. A estas células también se les llama Neuroendocrinas, pues su producto secretorio químicamente parece neuropéptido y se le llama *Hormona*. Por ejemplo, células *enteroendocrinas*. (Fig. 23).

Otras tienen como especialidad que parecen neuronas pues tienen capacidad de **percepción sensorial**. Ejemplo, *células de Merkel de la epidermis*. Estas células también tienen características de epitelio, así que se les ha designado dentro de los grupos de las llamadas células neuroendocrinas.

El epitelio germinal de los tubos seminíferos de los testículos se considera un epitelio estratificado cúbico especial que está constituido por células de sostén (Sertoli) y células germinales.

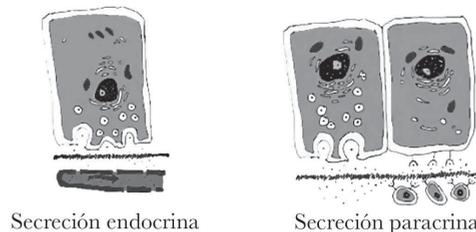
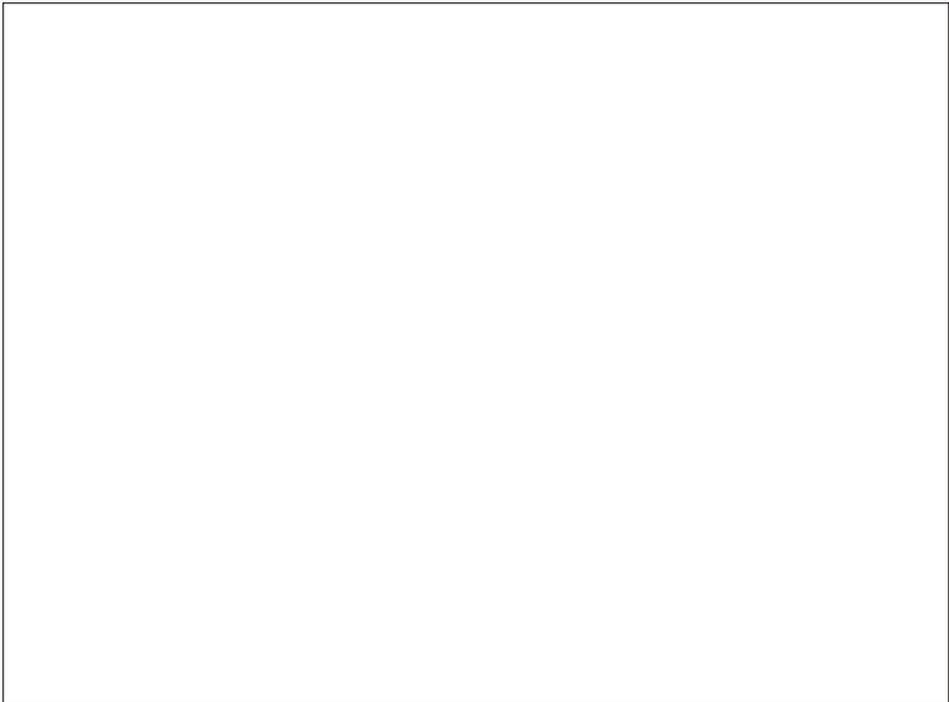


Fig. 23. Dibujo que demuestra el modo de secreción de las células endocrinas y paracrinas

Actividad práctica

Nota: A continuación se presentan hojas de trabajo para dibujar los diferentes tipos de epitelios (los más representativos), pues los demás se revisarán en forma integral en las posteriores prácticas de laboratorio.

Aumento _____ Técnica de coloración _____



Trazo del corte: _____

Descripción: _____

Dx: _____

Aumento _____ Técnica de coloración _____



Trazo del corte: _____

Descripción: _____

Dx: _____

Aumento _____ Técnica de coloración _____



Trazo del corte: _____

Descripción: _____

Dx: _____

7. Tejido Conjuntivo I

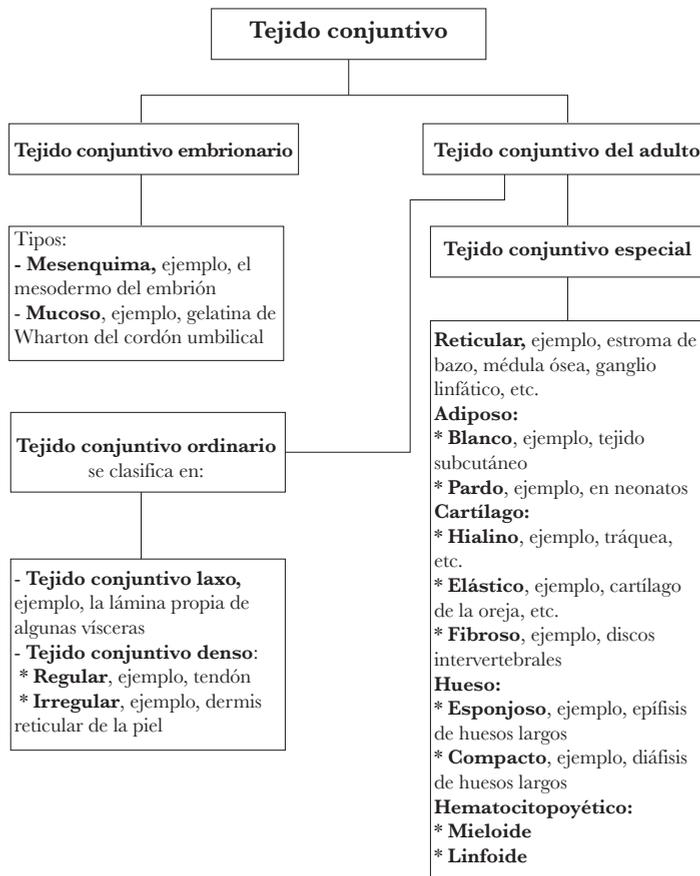
Competencia. Distingue e interpreta microscópicamente los componentes celulares e intercelulares que distinguen a cada uno de los tejidos conjuntivos ordinarios para poder hacer el diagnóstico diferencial entre el tejido conjuntivo laxo y denso (regular e irregular).

Identifica y describe al tejido adiposo por sus características microscópicas como un tejido conjuntivo especial y comprender su actividad morfofisiológica.

I. Generalidades y clasificación

Es el segundo tipo de tejido fundamental, el cual deriva del mesodermo. Este tejido tiene varias funciones entre las que se encuentra: conectar, fijar y dar sostén a las estructuras del cuerpo.

El tejido conectivo se clasifica en varios subtipos:



II. Características del tejido conjuntivo

Los tejidos conjuntivos se caracterizan por poseer células y sustancia intercelular. La sustancia intercelular es muy abundante y está constituida por fibras (sustancia firme), sustancia fundamental amorfa y espacios tisulares por donde circula agua, minerales, monómeros de sustancias nutritivas y desechos. Su consistencia va a variar de acuerdo al tipo de tejido conectivo.

Sustancia intercelular

Los componentes de esta sustancia con:

1. *Sustancia fundamental firme*: que presenta 2 tipos de proteínas: a) proteínas fibrosas como colágenas, reticulares (colágena III) y elásticas; b) proteínas globulares o de adhesión como la fibronectina y laminina.

Fibras de colágena. Se encuentran en todos los tipos de tejido conjuntivo. En fresco se ven blancas; en preparaciones sin teñir se ven incoloras de 0.5 a 20 micras de diámetro. En los cortes histológicos teñidos para M/O son acidófilas con la eosina, tomando una tonalidad rosada y ondulante; azul con el azul de anilina de la técnica Tricromico de Mallory; verde con la técnica de tricrómico de Masson. Al M/E, cada fibra está compuesta de fibrillas de 20 a 200 nm de diámetro. Y cada fibrilla está formada por moléculas de tropocolágena que miden 280 a 300 nm de longitud y 1.5 nm de diámetro. Cada una de ellas está constituido por tres cadenas polipeptídicas enrolladas mediante enlaces transversales. La periodicidad de estriación cada 67 nm se debe a que cada molécula de tropocolágena cabalga sobre otra cuarta parte de su longitud y deja un espacio vacío entre el NH₂ de la molécula y el OOH terminal de la siguiente, mostrando al M/E estriaciones trasversales con bordes que se repiten cada 67 nm. A la fecha se han podido categorizar alrededor de 27 tipos distintos de colágena y son sintetizados por los fibroblastos y también por otros tipos de células de los distintos tejido conectivos, aunque también algunas células epiteliales, de sostén neurológico como las células de Schwann, etc. Las fibras de colágena son flexibles pero ofrecen gran resistencia a la tracción.

Se han categorizado de acuerdo al modelo de polimerización en colágenos fibrilares, las primeras descubiertas y más abundantes son las de tipo I (Fig. 25), que junto con las de tipo II, III, V y XI. Asociados a fibrillas están el IX, XII, XIV, XV, XIX, XX, y XXI. Formando redes hexagonales el VIII y X. Colágenos transmembrana el XIII, XVII, XXIII y XXV. La multiplexinas XV y el XVIII. Formando parte de las membranas basales la IV, VI y funcionando como medios de anclaje se encuentra el VII.

Fibras reticulares. Son fibras de colágena de tipo III antiguamente llamadas reticulares porque forman redes muy delgadas que no son visibles en cortes ordinarios, pero pueden teñirse selectivamente por su capacidad para absorber plata. Al M/E se observa la estructura de las unidades de tropocolágena que forma a las fibras de colágena rodeada de gran cantidad de proteoglicanos interfibrilares, dándole gran afinidad a la plata (como el método de Gomori); por eso se dice que son argirófilas.

También se pueden observar por medio de la técnica de PAS, por la gran cantidad de carbohidratos (proteoglicanos) asociados a las fibras dándole coloración magenta a las fibras.

En el tejido mesenquimatoso son las primeras que aparecen y poco a poco son substituidas por colágena del adulto, pero sin desaparecer completamente ya que en los tejidos adultos también existen como ejemplo rodeando a las células adiposas, a las células musculares lisas, endoneuro, lámina reticular de la membrana basal de los epitelios, formando parte del estroma de algunos órganos, etc.

Fibras elásticas. Son fibras más finas que las fibras de colágena (Fig. 24) y en fresco se ven amarillentas, forman redes que se entremezclan con las colágenas para dar distensión sin desgarrar al tejido conjuntivo (Fig. 25 a). Al M/O se ven homogéneos, porque no están formados de subunidades fibrilares visibles al microscopio de luz. Miden 0.2 micras de diámetro, si se tiñen con H-E no es fácil distinguir las de las fibras de colágena pues son más finas a menos que se preparen con un fijador especial que las vuelva refráctiles o por medio de técnicas especiales para fibras elásticas y así sean fáciles de identificar como con la técnica de Weigert que tiñe a las fibras elásticas de color violeta, la técnica de hematoxilina de Verhoeff que las tiñe de color negro; la de aldehído fuscina de Gomori de color negro azulosos; la de Orceína color negro, etc. Al microscopio de polarización presentan birrefringencia.

Al M/E presentan dos componentes: a) la elastina que es una glucoproteína dispuesta en forma de hojas fenestradas y b) la fibrillina, es una glucoproteína que está formada de microfibrillas de 10 nm de diámetro las cuales se asocian con la elastina para constituir a la fibra elástica dándole la característica que tiene de poderse retraer o estirar. Al M/E la elastina tratada con tetróxido de osmio se parece como una estructura amorfa de baja densidad y la porción fibrilar se ve más electrodensa en la periferia y en algunas hasta en el centro de la matriz amorfa.

Fibronectina. Es una glucoproteína estructural que se encuentra en el tejido conectivo, laminas basales de los epitelios y en la superficie de otras células. Es una proteína que como su nombre lo indica une a la colágena y fibrina con las células como fibroblastos en el caso de tejido conectivo, a las células basales de los epitelios en caso de la membrana basal.

Esta proteína es secretada por muchas células aparte del fibroblasto como: mioblastos, condrocitos, células de Schwann, etc.

No se puede identificar en las preparaciones rutinarias de H-E. Solo se localiza por medio de técnicas inmunológicas.

Laminina. Es una glucoproteína que también se localiza en el tejido conectivo, lámina basal, etc. Y su función es también la de unir a las células con los mucopolisacáridos y en el caso de la lámina basal con la colágena tipo IV.

2. *Sustancia fundamental amorfa.* Es la matriz translúcida que tiene el mismo índice de refracción que el agua. Al microscopio de luz no presenta una organización estructural visible (Fig. 25). En fresco es viscosa.

Al prepararse con la técnica histológica ordinaria la matriz amorfa es extraída con los fijadores acuosos y por ello no se ve en los cortes histológicos. Si se hacen los cortes por congelación de tejido fresco con vapores de éter-formol y el tejido luego se colorea con PAS (ácido periódico de Schiff) o con azul de Toluidina, entonces la sustancia amorfa si se colorea.

La sustancia amorfa está formada por polímeros lineales de glucosaminoglucanos no sulfatados como **ácido hialurónico**; y sulfatados como el **condroitin sulfato, dermatán sulfato, queratán sulfato y el heparán sulfato.**

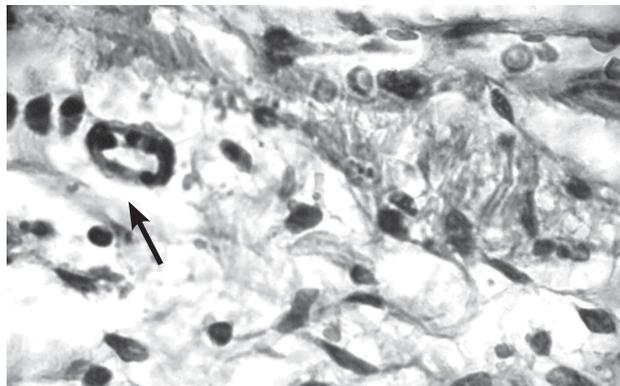


Fig. 24. Se aprecia corte histológico de tejido conectivo laxo teñido con H-E X400. Se distinguen los diferentes tipos celulares un vaso sanguíneo señalado con flecha.

El ácido hialurónico es el principal componente del humor vítreo y líquido sinovial y en los tejidos conectivos ordinarios.

3. *Espacios Tisulares.* Entre los polímeros de glucosaminoglucanos (gag) y fibras existen **espacios donde circula un líquido** el cual es un trasudado del plasma intravascular y es llamado líquido tisular. El **líquido tisular** contiene proteínas, cristaloides, productos metabólicos, gases, etc.

Células de tejido conjuntivo

Se pueden dividir en dos grandes grupos:

1) Células fijas como los fibroblastos, miofibroblastos, células adiposas, células indiferenciadas o adventiciales (mesenquimatosos o pericitos), célula cebada o mastocito.

2) Células móviles como monocitos, macrófagos, linfocitos, plasmáticas y eosinófilos y basófilos.

Fibroblastos. Son células de tejido conjuntivo que producen los precursores de la matriz extracelular; están presentes en todas las variedades de tejido conjuntivo embrionario y ordinario. Su forma es muy variada pues depende del medio físico donde se encuentre; ordinariamente se ven fusiformes (Fig. 24) con prolongaciones largas terminadas en punta. A veces se pueden ver formas aplanadas o estrelladas. El núcleo de las células es elíptico con uno o dos nucléolos y cromatina finamente granular (núcleo de cara abierta). El citoplasma presenta gran cantidad de RER por lo que el citoplasma es basófilico y pálido; además presentan un aparato de Golgi muy desarrollado. En los cortes preparados con parafina y teñidos con H-E a los fibroblastos no se les puede distinguir su citoplasma de entre las fibras de colágena.

Cuando el fibroblasto está inactivo se le llama fibrocito, su morfología cambia, pues se transforma a una célula más pequeña con núcleo pequeño fusiforme y de cromatina condensada. Como disminuye su actividad disminuye el RER y el citoplasma toma coloración adidófila.

Miofibroblastos. Son células de tejido conjuntivo se ven alargadas o fusiformes como los fibroblastos y son indistinguibles al M/O con la técnica de H-E.

Al M/E presentan características de fibroblastos como el desarrollo del RER y aparato de Golgi y también características de músculo liso, pues también se ven haces de miofibrillas de actina y cuerpos densos, además de presentar uniones de tipo nexa en los extremos de sus prolongaciones entre ellas. Su

principal función es la retracción por ejemplo en el cierre de una herida. Algunos los consideran como fibroblastos modificados.

Células mesenquimatosas. Son células más pequeñas que los fibroblastos, pero con casi las mismas características de un fibroblasto, de manera que al microscopio de luz son indistinguibles en un corte de tejido conectivo adulto. Generalmente se encuentran a lo largo de los vasos sanguíneos principalmente en capilares y vénulas, por lo que se les llama pericitos o células adventiciales. Tienen la capacidad de diferenciarse de células de tejido conjuntivo respondiendo en la reparación del tejido.

Adipocitos. Se encuentran en el tejido conectivo laxo. Son células que almacenan grandes cantidades de lípidos de manera que el núcleo es rechazado hacia la periferia y se aplana. Además el citoplasma es muy delgado ya que la gran vacuola de lípido lo rechaza. Las células pueden llegar a tener un diámetro de como 100 a 120 μm . En las preparaciones de rutina (H-E) los primeros pasos (fijación y deshidratación) las vacuolas de lípidos se disuelven por lo que se observa en su lugar una gran espacio, observándose el núcleo y citoplasma rechazados dando el aspecto a la célula de ser un anillo.

Mastocitos o Células cebadas. También se les llama células mast o labrocitos. Se originan del tejido conectivo de sus células cebadas precursoras y a partir de células madre hematopoyéticas que llegan al tejido conjuntivo diferenciándose a células cebadas.

Se sitúan cerca de los pequeños vasos sanguíneos. La célula mide aproximadamente de 25 a 30 μm de diámetro, es oval con núcleo redondo u oval con citoplasma repleto de gránulos basófilos que se tiñen metacromáticamente con azul de toluidina cuando se utiliza un fijador especial como el glutaraldeído, ya que estas células son difíciles de observar con las técnicas rutinarias. La célula presenta vellosidades y pliegues en su superficie; presenta aparato de Golgi bien desarrollado, RER escaso y pocas mitocondrias. Es una célula muy importante en las reacciones inmunológicas; ella es activa degranulándose liberando diversas sustancias vasoactivas, además de heparina, por lo tanto también podemos demostrar a la célula mast con la técnica de PAS.

Macrófagos. Son células que tienen la capacidad de captar partículas por endocitosis y degradar las sustancias ingeridas por medio de sus enzimas hidrolíticas, a través de los lisosomas. A este proceso se le llama Fagocitosis; por esta función tan importante también se les llama fagocitos. Estas células derivan de la

médula ósea y llegan a los tejidos conjuntivos por vía sanguínea bajo la forma de monocitos; atraviesan las células epiteliales de los vasos sanguíneos para situarse en el tejido conjuntivo. Al M/O el macrófago presenta núcleo excéntrico en forma de riñón y citoplasma basófilo, su superficie es irregular (por sus microvellosidades). Los macrófagos pueden ser fijos, los cuales son relativamente inactivos y entonces se les llama histiocitos, su núcleo es condensado y su citoplasma puede presentar cuerpos residuales. También se pueden encontrar libres cuando las células están estimuladas por algún antígeno, en ellos el núcleo es vesiculoso y el citoplasma contiene abundantes vacuolas fagocíticas en diferentes etapas de maduración y presentan movimiento ameboideo. También se les puede reconocer al M/O con la técnica de coloración vital para evidenciar a los lisosomas; por técnicas de histoquímica enzimática por medio de la fosfatasa ácida por ejemplo. Al M/E se pueden ver en detalle los pliegues de la superficie, los fagosomas, el RER, etc. y por técnicas más especializadas determinar los antígenos de histocompatibilidad mayor de la clase II que presentan en su superficie.

Células Plasmáticas. También se les llama células cianófilas o plasmastocito (Fig. 24). Son células ovoides de núcleo excéntrico y con un citoplasma fuertemente basófilo. Mide de 10 a 20 μm . Su núcleo es esférico, su heterocormatina está en forma de grumos gruesos que se disponen en la periferia adoptando una disposición radial o en rueda de carreta.

Rodeando al núcleo hay una zona pálida que pertenece al aparato de Golgi. El resto del citoplasma se ve intensamente basófilo por la gran cantidad de RER. Se pueden observar inclusiones eosinófilas y esféricas llamados “cuerpos de Russel” (corresponden a los gránulos secretorios que contiene a las inmunoglobulinas) Son células que producen las inmunoglobulinas o anticuerpos (Ac) y derivan del linfocito B. Estas células no son abundantes a menos que se hayan introducido antígenos, una vez formados tiene poca capacidad migratoria.

Otros tipos celulares. (Fig. 24). Podemos encontrar linfocitos, neutrófilos, eosinófilos y basófilos extravasados de la sangre en el tejido conectivo, cuya descripción se hará después.

III. Tipos de tejido conjuntivo

Aspecto de los cortes microscópicos vistos al M/O

Tejido conjuntivo embrionario

- *Mesenchima*. Se constituye con gran variedad de células de forma

estrellada llamadas células mesenquimatosas cuyo núcleo es grande, oval y vesiculoso; su citoplasma es escaso, pálido y granular, con prolongaciones citoplasmáticas que parece que se unen con sus células vecinas. Las células están rodeadas de una sustancia intercelular constituida principalmente de sustancia fundamental amorfa y algo de fibras de colágena III (reticulares) casi no perceptibles.

- **Tejido conjuntivo mucoso.** Está formado por grandes fibroblastos estrellados, macrófagos y células linfoides que emigran. Entre las células se puede encontrar sustancia intercelular, la cual está constituida por abundante sustancia fundamental amorfa que se ve de aspecto gelatinoso y homogéneo (en fresco). Al fijarse se puede ver que también presenta sustancia forme como fibras de colágena, algo de fibras elásticas las cuales es difícil observar y algo de fibras reticulares. Ejemplo, gelatina de Wharton del cordón umbilical y humor vítreo del ojo.

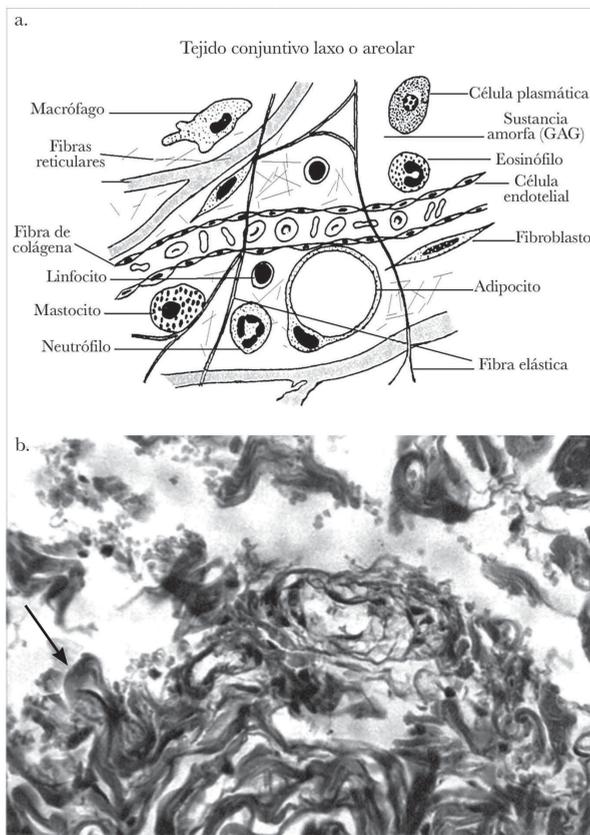


Fig. 25. a. Dibujo de componentes del tejido conjuntivo laxo. Fotografía de corte teñido con H-E de tejido conjuntivo laxo. X400. Flecha señala fibra de colágena.

Tejido conjuntivo del adulto

* Ordinarios

- **Tejido conjuntivo laxo.** (Fig. 24, Fig. 25a, b). También se le llama tejido conectivo areolar. Es el tejido conectivo ordinario más ampliamente distribuido ya que se puede encontrar en la gran mayoría de los cortes microscópicos del organismo. Es un tejido que fija a la piel y otras membranas, rodea a vasos y nervios, sirve de estroma en el interior de muchos órganos, etc. El tejido en fresco se ve blancuzco y traslucido. Está formado por sustancia intercelular y por células. La sustancia intercelular se forma con sustancia fundamental amorfa, que predomina sobre la sustancia fundamental forme. *La sustancia fundamental amorfa* se constituye principalmente por mucopolisacáridos ácidos no sulfatados como el ácido hialurónico. Al procesar el tejido no se puede observar con técnicas de rutina, porque esta sustancia tiene el mismo índice de refracción que el agua. Sólo se verá como un espacio. La sustancia fundamental *forme* se constituye principalmente por fibras de colágena I, además también hay en menor cantidad fibras de colágena III o reticulares y elásticas. Estas fibras tienen diversas direcciones de modo que al efectuar el corte se verá irregular. Ellas se pueden ver porque tienen diferentes índices de refracción al agua. Con la técnica de H-E sólo se pueden identificar fácilmente las fibras de colágena I de coloración acidófila finas y ondulantes de aspecto desmenuzado dispuestas en todas direcciones, casi no se pueden determinar las fibras clásticas, si se llegan a ver aparecen como bastones cortos. entre espacios que corresponden a la sustancia amorfa. *Células.* Podemos observar fibroblastos que son los más abundantes, histiocitos (macrófagos), células cebadas, células plasmáticas, células adiposas, linfocitos y eosinófilos las cuales no están organizadas de una forma determinada y se ven entre los espacios que corresponden a la sustancia amorfa, los núcleos de las células son los más notorios. Además presentan muchos vasos sanguíneos y nervios.

Tejido conjuntivo denso de disposición irregular. (Fig. 26). Esta variedad de tejido la podemos encontrar en las cápsulas fibrosas de órganos, vainas, tabiques, trabéculas, estroma de algunos órganos y en la dermis reticular. Se compone de sustancia intercelular de la cual la sustancia *forme* es la que predomina sobre la *amorfa*. La disposición de las fibras colágenas, elásticas y reticulares es irregular como de un fieltro compacto. Las fibras de colágena se ven gruesas y ondulantes dispuestas en todas direcciones de coloración acidófila y homogénea. Sus células relativamente escasas se organizan en grupos, pudiendo encontrar

además de fibroblastos, macrófagos y células mast; aunque también podemos ver algunos linfocitos. Este tejido presenta poca o escasa vascularidad.

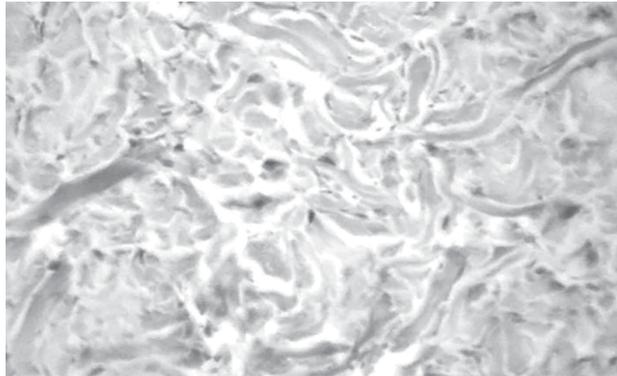


Fig. 26. Corte de tejido conjuntivo denso de disposición irregular teñido con H-E. X400.

- **Tejido conjuntivo denso de disposición regular.** (Fig. 27). Sus fibras se orientan en una sola dirección, pues su finalidad es la de soportar al máximo la presión ejercida. Entre los tejidos conjuntivos regulares tenemos al tendón, aponeurosis y ligamentos. Este tejido se forma con fibras de colágena de tipo I paralelas que siguen una dirección; de tinción eosinófila y homogénea; entre ellas hay muy poco espacio que corresponde a la sustancia fundamental, entre las fibras de colágena existen una hilera de células con núcleo alargado que corresponden a fibroblastos con muy poco grado de actividad o sin actividad llamándose también fibrositos o células tendinosas. Es un tejido que no presenta vasos sanguíneos. Entre los tejidos conjuntivos densos regulares de predominio elástico tenemos: ligamentos vertebrales amarillos, ligamento nucal, ligamento suspensor del pene.



Fig. 27. Corte de tejido conjuntivo denso de disposición regular teñido con H-E. X400.

* Especiales

Tejido reticular. Se puede presentar en el estroma del hígado, órganos linfáticos, tejido hematopoyético y bazo. El tejido está constituido por haces de fibras de colágena III muy finas (fibras reticulares) formando redes muy complejas en íntima asociación con fibroblastos especializados para producir estas fibras llamadas células reticulares, las cuales se ven estrelladas cuyas ramificaciones se extienden en diversas direcciones uniéndose con células vecinas formando verdaderas redes de células. En los intersticios se encuentran gran número de células libres como linfocitos, macrófagos, etc.

Tejido adiposo. Existen dos tipos de tejido adiposo que se diferencian en su color, distribución y actividad metabólica y morfología, son: a) tejido adiposo unilocular blanco o amarillo y b) tejido adiposo multilocular o pardo.

Tejido adiposo blanco o amarillo. (Fig. 28). También se le llama tejido grasiento y corresponde del 20 al 25 % del peso corporal en la mujer y del 15 al 20% en el hombre. Su función principal es almacenar la energía en forma de triglicéridos. Está constituido principalmente por células de forma poliédrica muy grandes de aproximadamente de 100 a 120 μm de diámetro; la mayor parte del volumen celular está ocupada por una gran gota de grasa, por ello también a este tejido se le llama tejido adiposo unilocular. Cada célula está rodeada de haces de tejido conjuntivo laxo.

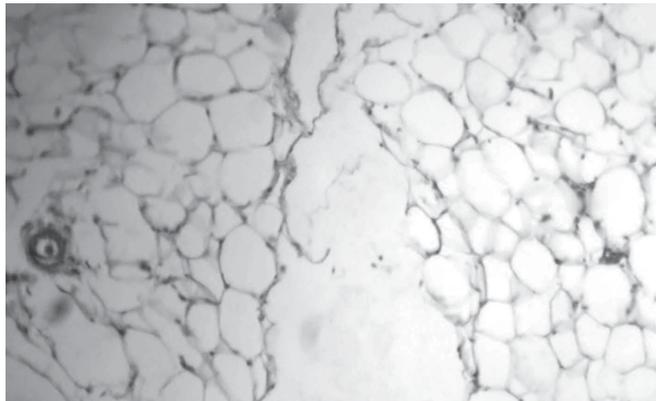


Fig. 28. Corte de Tejido Adiposo Blanco teñido con H-E. X100

El núcleo de la célula está desplazado a un lado por la gran gota de grasa neutra almacenada y el citoplasma queda reducido a un delgado ribete. En la preparación de los cortes con técnica de rutina el lípido es eliminado de tal manera que en

la célula solo permanece el plasmalema y el delgado citoplasma presentándose donde estaba el lípido un espacio óptimamente vacío. Existen métodos para colorear grasa como Sudán III y IV que dan a la grasa un color rojo o por medio de tetraóxido de osmio dándole color negro a la grasa.

Las células adiposas se congregan constituyendo grupos llamados lobulillos adiposos los cuales se separan unas de otras por tabiques de tejido conjuntivo que llevan grandes cantidades de vasos sanguíneos y nervios.

Este tipo de grasa se distribuye por todo el cuerpo, acumulándose más en ciertas regiones dependiendo del sexo y la edad, depositándose principalmente en el tejido subcutáneo.

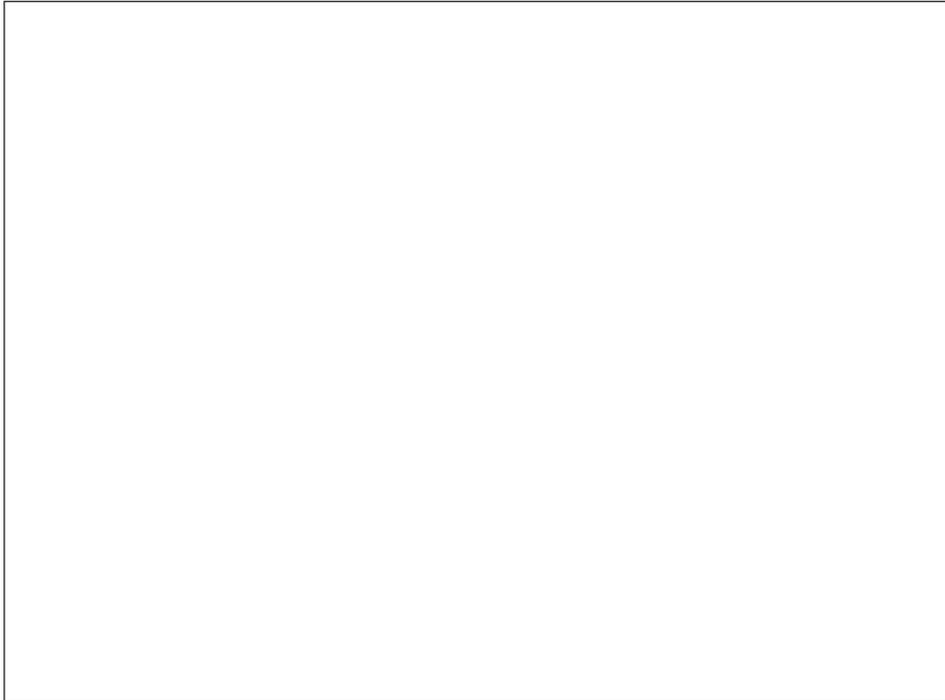
Tejido adiposo pardo. Tejido presente durante la vida embrionaria muy desarrollado en el neonato y en algunos lugares en el adulto. En el neonato constituye entre el 2 y el 5% del peso total de cuerpo. También se ve en algunos mamíferos sobre todo los que hibernan. Su función principal es transformar la energía almacenada en forma de lípidos en calor.

Las células son esféricas, con núcleo redondo y central de cara abierta y su citoplasma es pálido y presenta gran número de pequeñas gotitas de lípido; es por eso que también se le llama tejido adiposo multilocular.

Actividad práctica

A continuación se presentan hojas de trabajo para dibujar los diferentes tipos de tejidos conjuntivos ordinarios y uno especial (los más representativos) pues los demás se revisarán en forma integral en las posteriores prácticas de laboratorio.

Aumento _____ Técnica de coloración _____

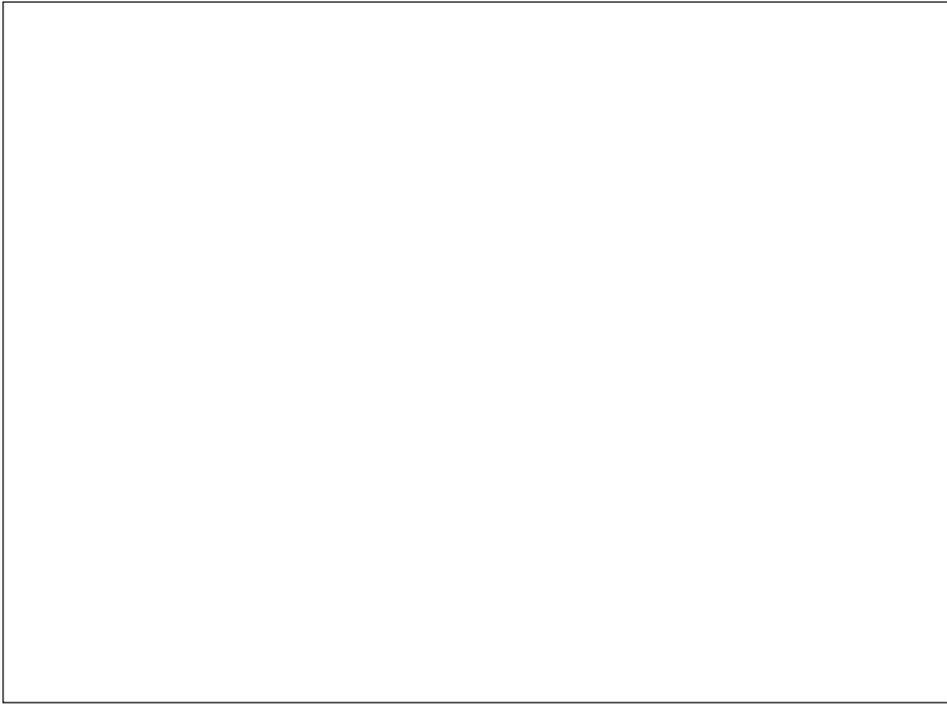


Trazo del corte: _____

Descripción: _____

Dx: _____

Aumento _____ Técnica de coloración _____

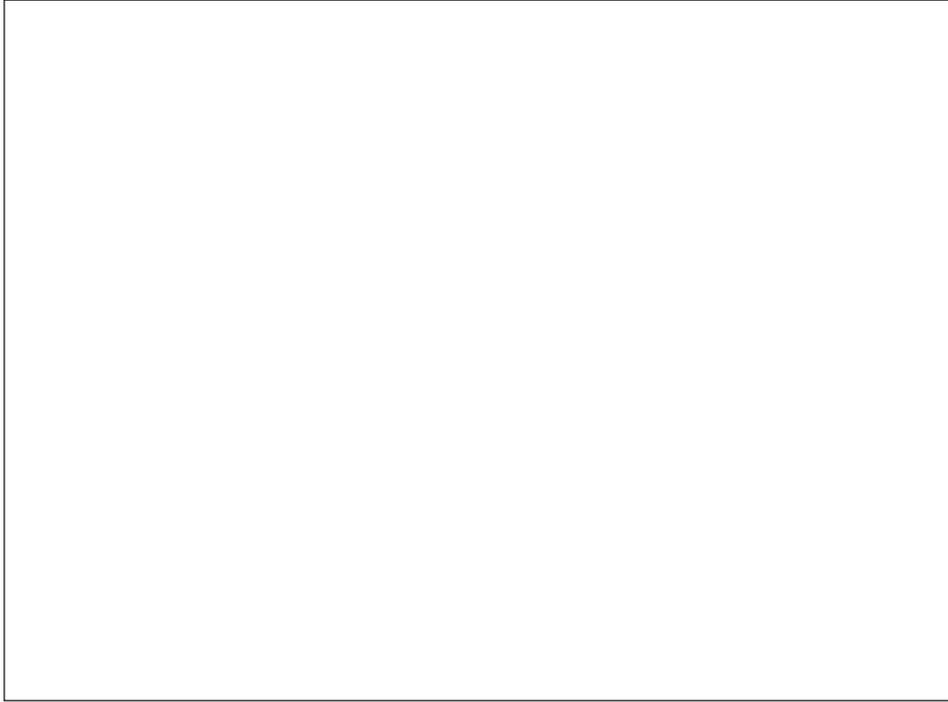


Trazo del corte: _____

Descripción: _____

Dx: _____

Aumento _____ Técnica de coloración _____



Trazo del corte: _____

Descripción: _____

Dx: _____

8. Tejido conjuntivo II

Competencia: Identifica las características diferenciales entre los tejidos conjuntivos especiales como el adiposo, tejido cartilaginoso y tejido óseo para entender su función en el organismo y reconoce las características diferenciales entre los tipos de cartílago.

Interpreta y describe la estructura del tejido óseo calcificado y decalcificado, compacto y esponjoso y establece el diagnóstico diferencial.

I. Generalidades

Los tejidos conjuntivos especiales son un grupo que presenta características propias como la naturaleza de su sustancia extracelular y la especificidad de su población celular íntimamente relacionada con la histofisiología del tejido. Se caracterizan porque su función común es la de dar soporte. En este grupo de tejidos conjuntivos especiales, continuación de los que se estudiaron en la primera parte, encontramos los siguientes dos tipos:

a) *Tejido cartilaginoso* y b) *Tejido óseo*

II. Tejido cartilaginoso

Características generales

Es una variedad de tejido conjuntivo constituida por células y sustancia intercelular. A su vez la sustancia intercelular está formada por fibras y sustancia amorfa, estos componentes constituyen lo que se llama matriz cartilaginosa.

Entre las características propias de este tejido podemos citar los siguientes:

- a) Carecer de nervios y vasos sanguíneos propios.
- b) Sus células se nutren por difusión.
- c) Invariablemente se encuentra envuelto por tejido conectivo denso irregular llamado *pericondrio*, excepto en las articulaciones.
- d) Están constituidos por un solo tipo celular *condrocitos*.
- e) La sustancia amorfa es visible y en forma de gel.
- f) Las fibras de colágeno son invisibles pues tienen el mismo índice de refracción que la sustancia fundamental amorfa por lo que no es posible verlos en general.
- g) En general crecen por aposición e intersticial.

Células

Se llaman condrocitos y se encuentran depositadas dentro de un espacio llamado *laguna cartilaginosa o condroplasto*, dentro de la sustancia intercelular, miden de 15 a 30 μm de diámetro. Las lagunas son elípticas con el eje mayor paralelo a la superficie y en las capas más profundas son semicirculares o angulares. Las células de cartílago vivo tienen la forma de la laguna, pero después de hacer la preparación histológica, las células se separan de la pared de la laguna dando un aspecto estrellado.

Las células tienden a formar grupos llamados *isógenos*, pues representan la descendencia de un condrocito, por lo que también se les pueden nombrar como *nidos celulares*, los cuales pueden ser axiales o coronales según el tipo de cartílago. El núcleo del condrocito es oval o redondo y contiene uno o varios nucléolos.

El citoplasma contiene un aparato de Golgi bien desarrollado, mitocondrias, gotas de lípidos y cantidades variables de glucógeno. Cuando el cartílago está en crecimiento la célula es muy activa por lo que hay gran número de RER que le da al citoplasma un tinte más basófilo al ser coloreado; y a medida que disminuye su actividad disminuye el RER dándole entonces al citoplasma un tinte acidófilo. En los cartílagos que se encuentran ya en reposo la célula disminuye su RER y aparato de Golgi, observando entonces al M/O su citoplasma vacuolado o espumoso, debido a que la célula estuvo depositando grandes cantidades de glucógeno y lípido como cuerpos de inclusión.

Las células más jóvenes son las que se encuentran en los extremos del cartílago, junto al tejido conjuntivo que lo rodea (capa externa del pericondrio), se llaman *condroblastos* (forman la capa interna o condrogénica del pericondrio), los cuales son más pequeños tiene forma alargada o elíptica y su citoplasma es basófilico son muy activos se multiplican por mitosis y dan origen a su sustancia intercelular; al irse alejando de la superficie maduran y se transforman a condrocitos.

Sustancia intercelular

Los constituyentes principales de la matriz son; de la sustancia forme, la colágena tipo II, las fibras elásticas si el tipo de cartílago es elástico y las fibras de colágena tipo I si es fibrocartílago. También presenta otras fibras de colágena que solo se identifican por métodos especiales de preparación histológica y son la colágena IX que interviene en la comunicación y unión entre las moléculas de tropocolágena y los GAG. La colágena X facilita la formación de una red tridimensional entre las fibras de colágena, y la colágena XI regula el tamaño de

las fibras. Además de todas estas proteínas; el cartílago presenta glucoproteínas de unión como son la condronectina que une a los condrocitos con la matriz.

La sustancia amorfa está constituida principalmente por sulfato de condroitin (4 y 6) y el sulfato de queratán. Estos mucopolisacáridos ácidos sulfatados o también llamados glucosaminoglucanos (GAG), son los responsables de la basófilia y de la metacromasia de la matriz cartilaginosa (si se usa azul de toluidina).

Con la técnica de H-E, la matriz cartilaginosa que rodea a cada grupo isógeno o nido celular es intensamente basófilo y se le llama matriz capsular o territorial. Esto es debido a los componentes ácidos de la sustancia amorfa que tienden a rodear a las células. Mientras que entre los grupos isógenos se ve menos basófilo y más acidófilo debido a que en esta zona hay más depósitos de fibras de colágena; a esta zona se le llama matriz inter-territorial o inter-capsular. Si la tinción utilizada es por la técnica de PAS, entonces la matriz territorial se ve magenta, porque es el lugar de la matriz que más carbohidratos tiene por los GAG. Todas éstas son características comunes a los cartílagos.

III. Tipos de cartílago

- **Cartílago hialino** (Fig. 29, 30)

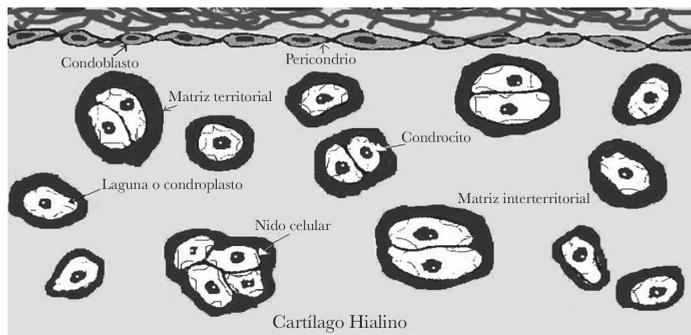


Fig. 29. Dibujo de componentes del Cartílago Hialino

A este cartílago se le llama hialino porque la matriz cartilaginosa se ve homogénea, debido al hecho de que la sustancia fundamental amorfa y las fibras de colágena II (fibras que predominan), tienen el mismo índice de refracción. El cartílago fresco se ve blanquecino y traslúcido.

Este tejido forma parte del esqueleto del embrión. Así también los cartílagos costales, árbol respiratorio, etc. Sus células (condrocitos) como ya se

explicó están dentro de las lagunas cartilagosas o condroplastos y presenta las características ya descritas.

Este cartílago se encuentra rodeado por una membrana llamada pericondrio (excepto en los cartílagos articulares). El cual presenta una capa interna que es celular y se le llama condrogénica donde se encuentran los condrocitos jóvenes (condroblastos) que están sintetizando activamente la sustancia intercelular permitiendo así que el cartílago crezca en forma aposicional. Una cara externa o fibrosa formada de tejido conectivo denso irregularmente distribuido.

En el centro de la matriz cartilaginosa los condrocitos se siguen dividiendo por mitosis, formando en su mayoría grupos isógenos coronales, los cuales se siguen dividiendo menos y además siguen produciendo la sustancia intercelular que los rodea permitiendo el crecimiento intersticial. Cada célula sigue secretando fibras y mucopolisacáridos (GAG), colaborando con ello al crecimiento intersticial.

La matriz cartilaginosa representa el 30% del peso seco y el 70% de su contenido en agua.

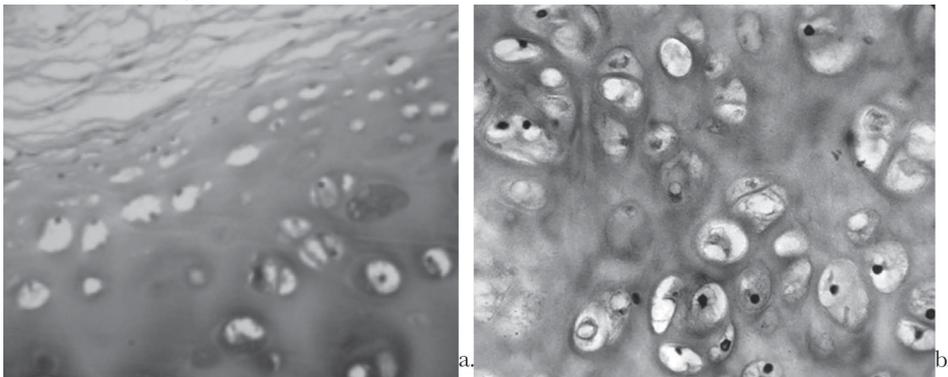


Fig. 30. fotografías de 2 corte teñidos con H-E de cartílago hialino. a. Se muestra el pericondrio. (X100) b. Muestra matriz cartilaginosa y nidos celulares (X100). Matriz cartilaginosa homogénea.

- **Cartílago elástico** (Fig. 31,32)

Este cartílago se encuentra en los sitios donde se necesita un soporte más flexible por ejemplo pabellón de la oreja, trompa de Eustaquio, epiglotis y porciones del esqueleto cartilaginosa de la laringe como el corniculado, el aritenoides y el cuneiforme.

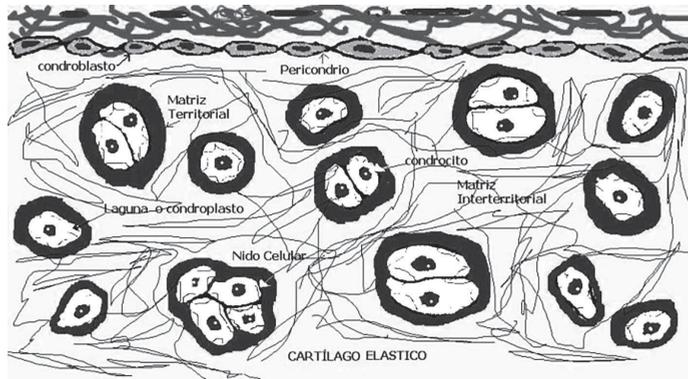


Fig. 31. Dibujo de componentes de cartílago elástico.

El cartílago en fresco es de color amarillento. La estructura microscópica de este cartílago es igual a la del cartílago hialino.

Sus células son iguales y también tienen la misma disposición. Su sustancia fundamental o matriz cartilaginosa posee además de la sustancia amorfa y fibras colágenas ya mencionadas en generalidades de los cartílagos, hay una red de fibras de elastina ramificadas formando redes apretadas y que protuyen en la porción ínter-territorial las cuales van disminuyendo hacia la matriz territorial y al pericondrio. Con la técnica de H-E se puede ver igual que en el cartílago hialino la afinidad tintorial, además se pueden visualizar las fibras de elastina porque tienen diferente índice de refracción de las colágenas y de la sustancia amorfa y son muy abundantes; por lo tanto la matriz cartilaginosa es heterogénea. También se pueden observar las fibras de color negro con la técnica de Verhoeff.

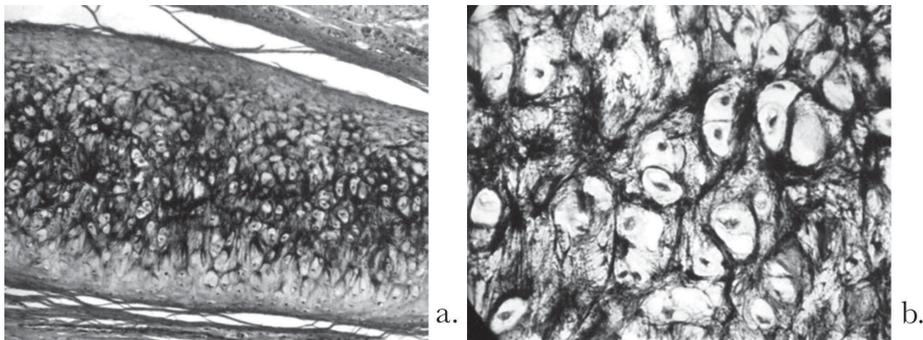


Fig. 32. fotografías de 2 corte teñidos con H-E y orceína para evidenciar más a las fibras de elastina del cartílago elástico. a. se muestra el pericondrio (X100). b. muestra matriz cartilaginosa y nidos celulares(X400). Matriz cartilaginosa heterogénea.

- **Fibrocartilago** (Fig. 33 y 34)

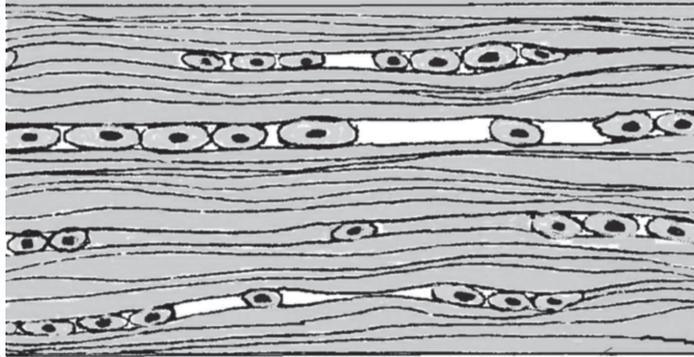


Fig. 33. Dibujo de componentes del fibrocartilago.

También recibe el nombre de cartilago fibroso, se encuentra en sitios donde se requiere un soporte rígido a la tensión, ejemplo sínfisis del pubis, discos intervertebrales, meniscos, rodetes articulares, inserciones de ciertos tendones y ligamentos.

En fresco se ve opaco, blanquecino y fibroso. Este cartilago no posee pericondrio. Los condrocitos son iguales que los demás cartílagos, pero más escasos y agrupados en forma de *nidos celulares axiales o columnares*.

En la matriz fibrocartilaginosa predominan las fibras de *colágena tipo I*, se ven gruesas, alineadas en haces que llevan una misma dirección y hay poca sustancia fundamental, la cual es *rica en ácido hialurónico*.

El fibrocartilago se relaciona estrechamente con el tejido conjuntivo de las cápsulas y ligamentos articulares. Es una forma transicional entre cartilago y tejido conectivo denso de disposición regular.



Fig. 34. Corte de fibrocartilago teñido con H-E. X100

IV. Tejido óseo

Características

El tejido óseo es la máxima especialización de los tejidos de sostén. Está constituido como los demás tejidos conjuntivos por células y matriz extracelular formada por fibras y sustancia fundamental amorfa; además de estos componentes, que son la sustancia intercelular orgánica del tejido; también presenta el componente inorgánico que participa en la mineralización del tejido, calcificando su matriz y transformándose de esta manera en un tejido duro y firme que permite dar soporte y protección; por ejemplo ofrece apoyo interno al cuerpo, protege órganos vitales, proporciona depósito movilizable de calcio. En fresco es de color azulado, presenta porciones compactas y esponjosas. En el centro se ve la médula ósea.

Por fuera está tapizado de periostio y por dentro de endostio. En el hueso se entremezclan componentes orgánicos e inorgánicos: Los componentes inorgánicos le dan dureza y rigidez; los componentes orgánicos le dan tenacidad y elasticidad.

Desde el punto de vista histológico, el tejido óseo puede ser compacto (denso) o esponjoso (trabeculado).

V. Formas de estudiar el tejido óseo

El hueso se puede estudiar por medio de dos procedimientos:

- Se hace un corte de hueso y se eliminan los materiales orgánicos, luego se desgasta y se monta en un portaobjetos y se colorea con azul de anilina, se utiliza para observar la distribución de sus componentes como en vida, de las láminas calcificadas, sin el componente orgánico; así se estudia el *hueso calcificado*.
- El trozo de hueso fresco previamente fijado se coloca en líquido decalcificador para disolver las sales de calcio que se encuentran impregnando a la sustancia intercelular; ya reblandecido el corte se colorea para poder observar los componentes de la parte orgánica, estudiando de esta manera al *hueso decalcificado*.

Hueso calcificado (Fig. 35 y 36)

Se observa formado por una sustancia intercelular mineralizada que es la matriz ósea, la cual se ve depositada en capas o láminas de 3 a 7 micras de grosor dispuestas regularmente, entre una laminilla y otra existe una cavidad de forma

elíptica o lenticular llamada laguna ósea u osteoplasto, donde en el hueso vivo existe una célula llamada osteocito; de cada laguna u osteoplasto se proyectan en todas direcciones unas hendiduras llamadas canalículos que se anastomosan con los canalículos de los otros osteoplastos (para que suceda esto tiene que atravesar la laminilla). De esta manera las lagunas óseas constituyen un sistema de cavidades que se interconectan para proporcionar vías de nutrición e intercambio de metabolitos.

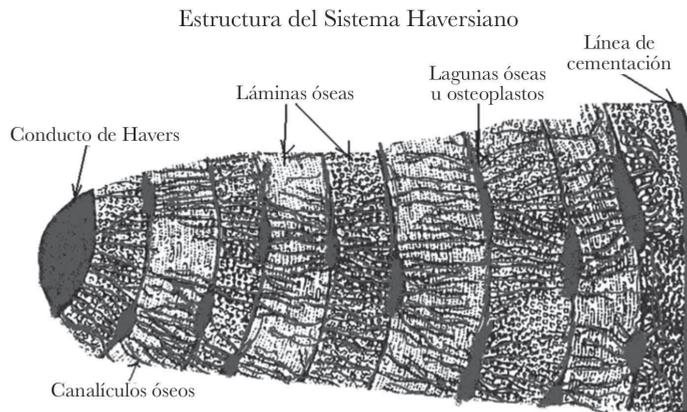


Fig. 35. Dibujo de un Sistema Haversiano tomado de un corte de hueso compacto calcificado.

Las laminillas del hueso compacto puedan estar dispuestas de tres maneras:

a) En forma concéntrica rodeando a un canal vascular del interior del hueso formando los *sistemas de Havers u osteonas* de aproximadamente 4 a 20 laminillas. Si se les efectúa un corte transversal los sistemas de Havers se observan como anillos concéntricos en torno a un conducto central llamado conducto de Havers por donde pasa un vaso sanguíneo cuando el hueso no está libre de su material orgánico, tiene un diámetro de 22 a 110 micras. Los conductos de Havers se comunican unos con otros y con la superficie del periostio o hacia el interior a la cavidad medular por medio de unos canales transversales u oblicuos llamados conductos de Volkman; los vasos que pasan por estos conductos son más grandes.

b) Entre los sistemas de Havers hay fragmentos de laminillas en forma irregular que se les llama *sistemas intersticiales*. Los límites entre los sistemas de Havers e intersticiales están marcados por las llamadas líneas de cementación.

c) En la superficie externa inmediatamente debajo del periostio y en su superficie interna en el endostio, existen laminillas que se extienden rodeando toda la circunferencia del hueso las cuales reciben el nombre de *laminillas circunferenciales externas e internas*.

En el hueso esponjoso calcificado las laminillas están dispuestas en forma paralela a las trabéculas y de alrededor de 20 por sistema, llamadas *osteonas trabeculares* que tienen 70 μm de espesor y 600 μm de longitud; adoptando la forma de un disco plano y están rodeadas por el endostio (superficie interna). El espesor de la trabécula varía entre 10 y 400 μm dependiendo si está compuesta solo de una osteona o varias. Entre las trabéculas hay espacios grandes e irregulares.

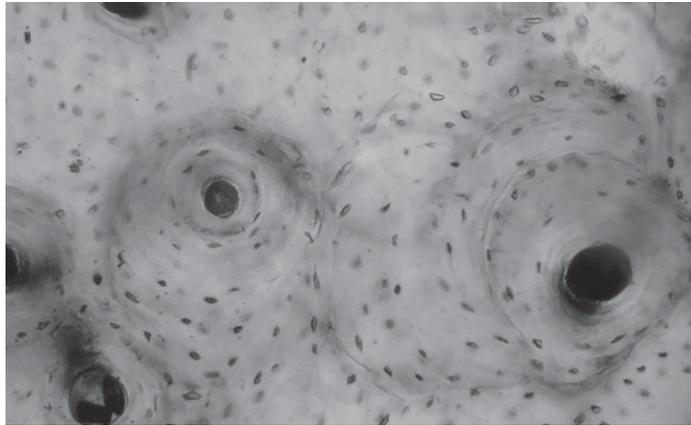


Fig. 36. Corte de hueso compacto calcificado donde se aprecian los Sistemas de Havers. Contrastado con tinta china. X100.

Hueso decalcificado

En los preparados obtenidos, el hueso se puede reconocer por el aspecto homogéneo y rojo de la matriz intercelular que representa principalmente a las fibras de *colágena I* y en menor cantidad de tipo V (no son visibles con las técnicas rutinarias). Las colágenas I están abundantemente empacadas (ocupan el 90% de la sustancia intercelular) y entre ellas también presenta en una 10% GAG sulfatados. Además también entre las fibras, la sustancia amorfa y las células, hay glucoproteínas como la osteocalcina, osteonectina y osteopondina, que participan en la unión entre las células y fibras y en la fijación del calcio.

Lo que se puede observar al MO con la técnica de H-E es que la matriz ósea se ve como una sustancia homogénea y entre esta sustancia, se pueden observar

numerosas cavidades lenticulares que se les llama, *lagunas óseas u osteoplastos donde se alojan los osteocitos*.

Se pueden también observar conductos muy amplios y otros más reducidos que corresponden a los conductos de Havers los cuales tienen tejido conjuntivo laxo con vasos sanguíneos en su interior. Cada conducto se ve rodeado de una matriz roja homogénea y en ella las lagunas óseas con sus osteocitos (Fig. 38).

Además podemos ver una cubierta externa llamada *periostio*, la cual presenta: una capa externa o fibrovascular formada de tejido conectivo denso irregular con vasos sanguíneos que lo atraviesan hacia la matriz, además de fibras colágenas y elásticas en forma perpendicular constituyendo las *fibras de Scharpey*. Y una capa interna u osteogénica en donde podemos encontrar dos tipos de células: *las células osteógenas y las células osteoblásticas*.

Las células osteógenas son células que derivan del mesenquima y tienen la propiedad de generar a los osteoblastos. Estas células son muy activas en huesos en etapa de crecimiento; tienen núcleo oval muy pálido, citoplasma poco visible y algo de basófilia. Estas células se encuentran en la superficie externa del hueso y se llaman *células periósticas* (están en la capa osteoprogenitora del periostio), en la superficie interna en el endostio, llamándoles *células endósticas*, también rodeando los conductos de Havers y de Volkman.

Los osteoblastos son las células responsables de la formación de la matriz ósea, por lo tanto estas células son las más activas que participan en la osteogénesis, tanto de la *matriz no mineralizada u osteoide (prehueso)* y la *mineralizada (hueso)*; por todo esto se dice que se encuentran al frente del hueso.

Son células que se disponen en forma de una capa epitelióide de células cúbicas las cuales están conectadas unas con otras por medio de expansiones cortas y finas a través de uniones denexo. Su núcleo es grande y excéntrico con un nucléolo prominente. Son células que están polarizadas, su citoplasma es muy basófilico por el gran contenido de RER, encargado de sintetizar los precursores de las colágenas y glucoproteínas de unión.

Dan reacción histoquímica positiva a la técnica de fosfatasa alcalina, evidenciando las vesículas de matriz, pues dentro de ellas está la enzima fosfatasa que interviene en el proceso de mineralización de la matriz ósea y también son PAS positivos, pues se ven gránulos rosados que muestran a los GAG sulfatados los cuales son los precursores amorfos de la matriz ósea orgánica.

Cuando cesa la formación activa de hueso y los osteoblastos adquieren forma de huso los gránulos desaparecen del citoplasma y la reacción e fosfatasa alcalina desaparece.

Los *osteocitos* son las células que se encuentran en las lagunas óseas de la sustancia intercelular calcificada (matriz ósea). Su cuerpo se adapta a la forma elíptica de su laguna u osteoplasto, emite numerosas prolongaciones que se extienden por los canalículos, los cuales no se hacen evidentes en cortes de hueso decalcificado teñidos con H-E, pero si se pueden observar en cortes de hueso calcificado. De esa forma las células no están aisladas en sus lagunas sino que permanecen en comunicación unas con otras por medio de uniones de nexo (Fig. 37).

Las características nucleares y citoplasmáticas del osteocito son muy semejantes al osteoblasto, excepto que el citoplasma muestra menos afinidad por los colorantes básicos.

Los *osteoclastos* son células gigantes de 20 a 100 micras de diámetro que pueden tener hasta más de 60 núcleos. Se encuentran en cavidades poco profundas en la superficie del hueso que se llama Lagunas de *Howship*. Su citoplasma es eosinófilo y vacuolado. Estas células se originan por la fisión de células monocíticas originadas en la médula ósea de la serie hemopoyética UFC-GM; y su función en el hueso es la reabsorción.

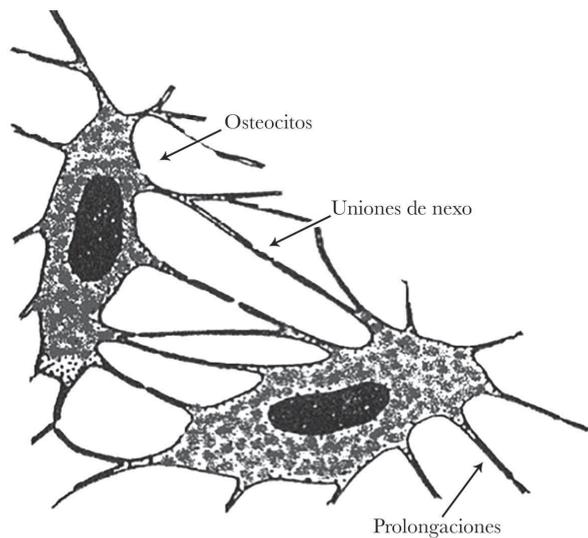


Fig. 37. Dibujo de células osteocitos.

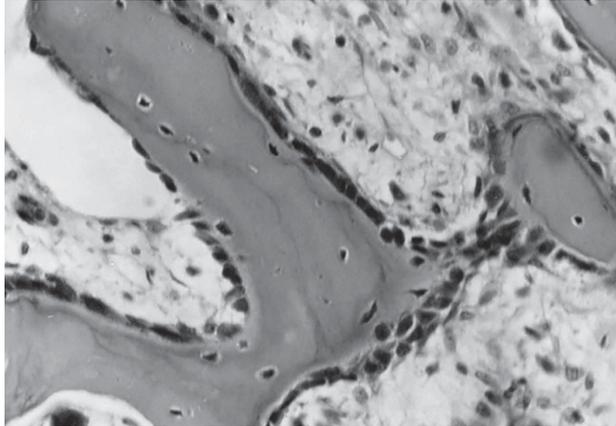
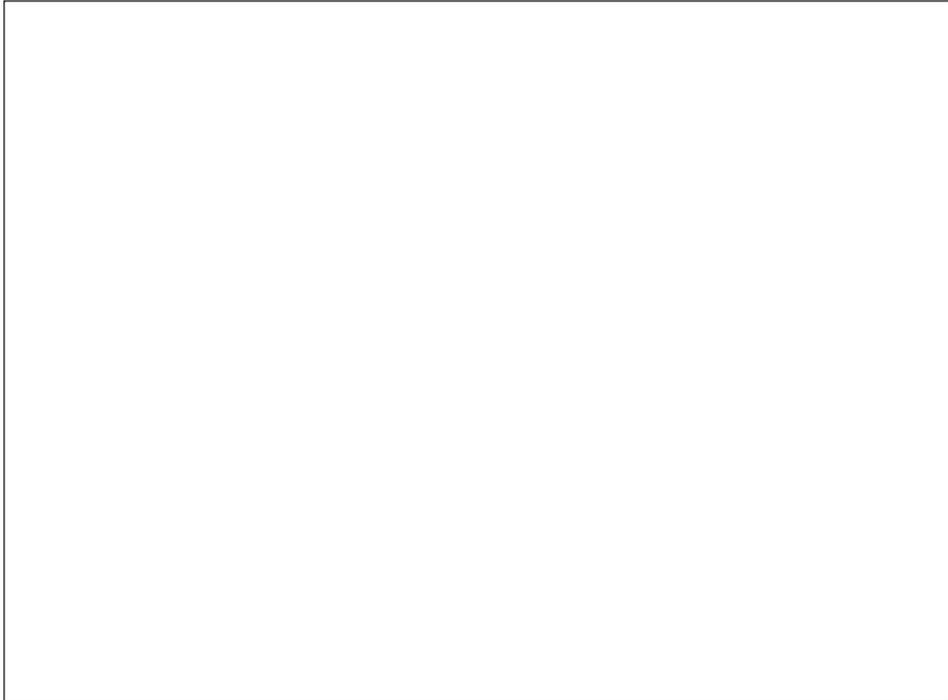


Fig. 38. Corte de hueso decalcificado trabeculado teñido con H-E. X100.

Actividad práctica

A continuación se presentan hojas de trabajo para dibujar los diferentes cortes histológicos (los más representativos).

Aumento _____ Técnica de coloración _____



Trazo del corte: _____

Descripción: _____

Dx: _____

Aumento _____ Técnica de coloración _____



Trazo del corte: _____

Descripción: _____

Dx: _____

Aumento _____ Técnica de coloración _____



Trazo del corte: _____

Descripción: _____

Dx: _____

9. Tejido Muscular

Competencia: Reconoce las características estructurales que identifican a los distintos tipos de células musculares para poder realizar su diagnóstico diferencial. Relaciona semejanzas y diferencias entre los tipos de músculo.

I. Generalidades

Este tejido se constituye con células alargadas (motivo por el cual también les llaman fibras), que han desarrollado al máximo su capacidad de convertir la energía química en trabajo mecánico por medio de la contracción. Se origina del mesodermo.

Hay tres tipos de categoría muscular que son: el músculo liso, el músculo estriado esquelético y el músculo estriado cardíaco, Fig. 39.

El músculo liso o contracción lenta forma parte de la red de los órganos de la vida vegetativa y funciona con independencia de la voluntad.

El músculo estriado esquelético o de contracción rápida forma parte del sistema de la vida de relación y bajo el control de la voluntad. El músculo estriado cardíaco o miocardio, comprende la mayor parte del parénquima del corazón y en una parte de las paredes de las venas cava superior y pulmonar. Posee inervación involuntaria.

Algunos de los componentes de las células musculares reciben nombres propios para este tejido; así podemos citar algunos como: A la membrana plasmática se le denomina *membrana sarcoplásmica o sarcolema*; al citoplasma, *sarcoplasma*; al retículo endoplasmático liso, *retículo sarcoplásmico*; a las mitocondrias, *sarcosomas*, etc.

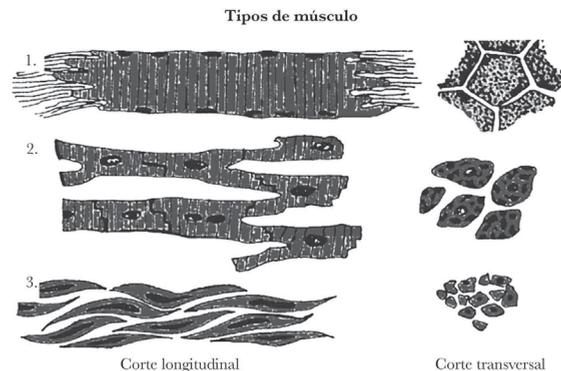


Fig. 39. Dibujo de los 3 tipos de músculo: 1. Músculo estriado esquelético, 2. Músculo cardíaco, 3. Músculo liso.

II. Músculo liso

El músculo liso está compuesto por células de forma alargada más anchas en el centro y delgadas y aguzadas en los extremos o fusiformes. Las células o fibras se agrupan unas junto a otras formando láminas o haces. Su longitud varía entre 15 y 500 μm . Las células musculares del intestino miden 200 μm de longitud, mientras que las células musculares de las paredes de los pequeños vasos sanguíneos miden alrededor de 20 μm de longitud.

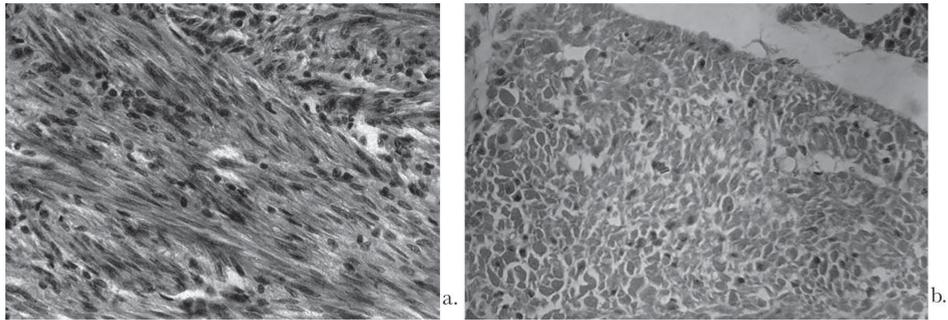


Fig. 40. Cortes histológicos teñidos con H-E. X400.

a. Corte longitudinal de músculo liso.

b. Corte transversal de músculo liso.

Al MO, el sarcoplasma, en coloraciones de rutina (H-E) y en vivo se ve homogéneo. Estas células presentan *un solo núcleo* el cual es *central*. Si el tejido es cortado longitudinalmente (Fig. 40a), *el núcleo* se ve que tiene forma de cigarrillo (alargado), de extremos redondeado, es de cara abierta, pues se logra visualizar de 1 a 3 nucléolos. También se puede observar que las células musculares lisas se agrupan ordenándose de tal manera que la porción media gruesa se une a los extremos delgados de las células vecinas.

Si el músculo es cortado para observarse transversalmente (Fig. 40 b), se puede apreciar que las células se presentan redondeadas o poligonales cuyo diámetro es variable, dependiendo si la célula es cortada por el centro o por sus extremos; observándose el núcleo solo en las células de mayor diámetro.

Las células musculares lisas pueden estar aisladas o en grupos formando haces o laminas. Los haces o láminas de músculo liso están rodeados de tejido conectivo laxo con abundantes vasos sanguíneos y nervios.

Al MET (ultraestructura) y con coloración especial, se puede observar que en los polos de núcleo (a los lados) hay mitocondrias así como el par de centriolos, el aparato de Golgi, RER e inclusiones de glucógeno. El sarcolema se puede observar que presenta invaginaciones hacia el interior al sarcoplasma que se llaman *caveolas*.

También se puede demostrar la existencia de *estriaciones longitudinales* que corresponden a las miofibrillas. Las miofibrillas están formadas por filamentos de actina o delgados (4 a 6 μm) y de miosina o gruesos (10 μm); a diferencia del músculo estriado, la actina es más abundante, pues se asocia con la miosina en una proporción de 1:15 en contraste con el músculo estriado que es de 1:6 aprox.; los filamentos se agrupan en unidades contráctiles que se insertan por sus dos extremos a la membrana celular, a través de los llamados cuerpos densos o *placas de inserción* (*solo se puede ver al ME*). Asociados a la actina están la caldesmona y la calponina y a la miosina las cinasas de cadena liviana de la miosina. Presentan como filamentos intermedios a la desmina.

Dependiendo del tipo de célula muscular lisa (vascular o visceral) es si va o no a presentar uniones de hendidura o nexo (esto no se puede determinar al MO).

III. Músculo estriado esquelético

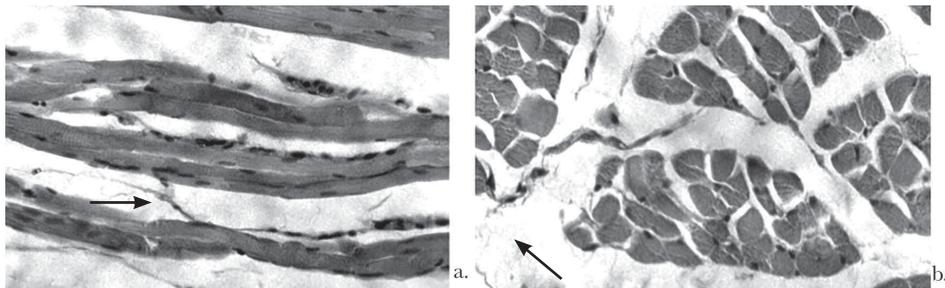


Fig. 41. Cortes histológicos teñidos con H-E. X100.

a. Corte longitudinal de músculo estriado esquelético.

b. Corte transversal de músculo estriado esquelético.

La unidad de organización histológica del músculo esquelético es la fibra muscular. La fibra muscular es una célula larga cilíndrica multinucleada.

Un gran número de células musculares (fibras) paralelas se agrupan formando fascículos. Los fascículos se asocian entre sí para formar el músculo.

El músculo completo está envuelto por tejido conectivo denso llamado *epimisio*. Penetran desde esta envoltura tejido conectivo más laxo rodeando (señalado con una flecha en la Fig. 41) a los fascículos llamando *perimisio* y el tejido conectivo laxo que rodea a cada fibra o célula muscular se le llama *endomisio* (Fig. 41a, b).

La célula muscular estriada mide de diámetro de 10 a 100 μm y de unos cuantos milímetros hasta un metro de longitud dependiendo en que masa muscular se encuentre la fibra.

Estas células tienen un aspecto estriado tanto transversal como longitudinal, debido a la presencia de las miofibrillas, las cuales tienen miofilamentos de actina y miosina con una organización característica que forma las unidades contráctiles llamadas *sarcómeras*, las cuales son las que le dan al músculo su nombre, de ser estriado.

El sarcolema es una membrana homogénea fina y lisa que rodea al músculo. Se le puede observar al M/E que se extiende al interior de la fibra en forma de invaginaciones tubulares llamadas *túbulos transversos*.

La cara externa del sarcolema presenta una capa de glicocalix y una delgada red de fibras reticulares asociadas.

Los núcleos son múltiples de forma ovalada y periféricos pues están inmediatamente debajo del sarcolema. Las miofibrillas se encuentran muy bien organizadas en todo el diámetro del sarcoplasma dispuestos centralmente con respecto a los núcleos.

Las fibrillas se disponen en forma paralela al eje longitudinal de la fibra. Observándose al MO con técnica de H -E bandas oscuras o banda A, alternado con claras o banda I (Fig. 41a).

Las bandas A pertenecen a la miosina; las bandas I pertenecen a la actina. Como se mencionó en párrafos anteriores, se observa que la miofibrilla está constituida por muchas unidades contráctiles llamadas sarcómeras; esto le da al sarcoplasma un tinte acidófilo y heterogéneo.

La sarcómera se define como el segmento comprendido entre dos líneas Z a la que se anclan las bandas I y en el centro unas bandas gruesas llamadas A, en el centro de las bandas A puede verse excepcionalmente al MO una banda más pálida que es la banda H que la atraviesa.

En el interior de la banda H, hay una banda oscura llamada línea M o mesofragma, la cual solo se puede ver al ME (Fig. 42).

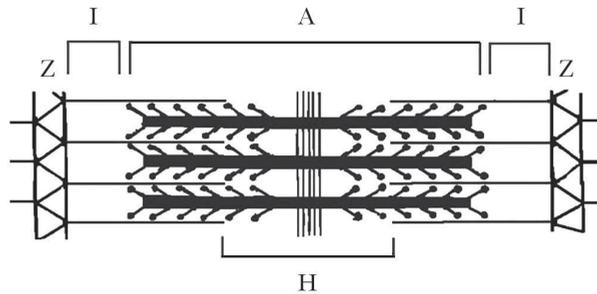


Fig. 42. Dibujo de la sarcómera

En el sarcoplasma además de las miofibrillas existen otros organelos que solo se pueden identificar perfectamente con ultraestructura y son las mitocondrias, el aparato de Golgi, inclusiones de lípidos y glucógeno.

Una organela muy importante y relacionada con las miofibrillas es el retículo endoplásmico liso o sarcoplásmico que se encuentra en forma de sarcotúbulos limitados por membranas que rodean a la miofibrilla separadas una de otra por un túbulo que se invagina del sarcolema y que se llama *túbulo T* a nivel de la unión I-A de la sarcómera.

Los núcleos que tiene el músculo varían según la longitud del mismo; como ya se mencionó los núcleos son ovalados y están en la periferia y de ordinario tienen 1 a 2 nucléolos.

Se pueden ver otros núcleos alargados pero más densos y no se puede visualizar muchas veces sus nucléolos; estos núcleos pertenecen a células satélites al músculo.

Dentro de la fibra además existe una proteína fijadora de oxígeno llamada mioglobina.

El músculo estriado esquelético teñido con H- E se ve acidófilo y su descripción difiere si se ve transversal o longitudinal.

En los cortes transversales se ve que una masa muscular formada por una agrupación de células de forma circular o poligonal con sus núcleos en la periferia además de un puntillero uniforme que corresponde al corte trasversal de miofibrillas llamado *campo de Cohnheim*, Fig. 41b.

Según el número de miofibrillas y la cantidad de mitocondrias y mioglobinas las fibras musculares pueden ser:

Rojas. Tienen menos miofibrillas, más mitocondrias y mioglobinas.

Blancas. Más miofibrillas, menos mitocondrias y mioglobinas.

IV. Músculo cardíaco

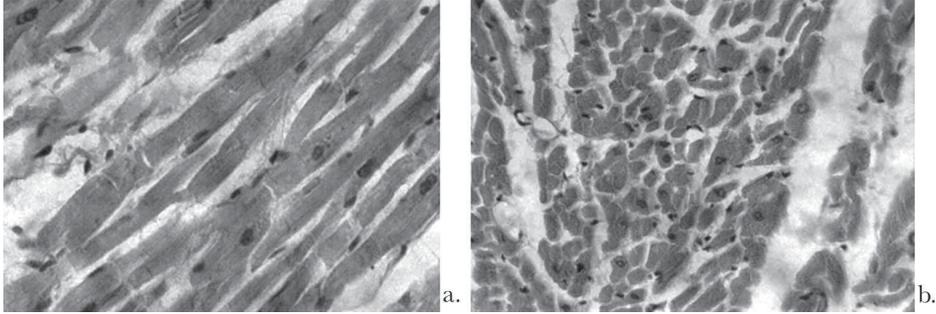


Fig. 43. Cortes histológicos teñidos con H-E. X400. a. Corte de músculo cardíaco cortado longitudinalmente. b. Corte de músculo cardíaco cortado transversalmente.

Este músculo es estriado de innervación involuntaria de contracción rítmica y autónoma.

Sus fibras musculares miden de 100 a 150 μm de longitud por 10 a 20 μm de ancho. Este músculo se forma por fibras o células separadas unidas extremo con extremo en forma término terminal por un tipo espacial de unión llamado disco intercalar que se ve transversal a la fibra.

Al MO, en cortes longitudinales, las células o fibras se ven cilíndricas y ramificadas conectándose con sus adyacentes formando una red tridimensional compleja dando el aspecto de un falso sincitio. La fibra se rodea de una capa delgada de tejido conectivo laxo con muchas fibras reticulares y colágenas formando el endomisio de la célula, Fig. 43a.

Puede presentar *uno o dos núcleos ovalados y situados en el centro de la célula*. Las características del sarcolema son iguales a las del músculo estriado esquelético.

El sarcoplasma es más abundante, presenta más mitocondrias entre las miofibrillas y cerca del sarcolema un pequeño aparato de Golgi, gotas de lípidos, gránulos de lipofuscina, partículas de glucógeno. Las miofibrillas de las células miocárdicas tienen las mismas características que el esquelético, el retículo sarcoplásmico que rodea a la miofibrilla lo hace en igual forma que el músculo esquelético, solo que aquí la unión entre el *túbulo T* y el *retículo sarcoplásmico* está a *nivel de la línea Z*.

Las miofibrillas se colocan en la periferia y le dan un aspecto estriado al sarcoplasma, el cual se manifiesta por el aspecto acidófilo y heterogéneo. El núcleo y algunas de sus organelas en el centro.

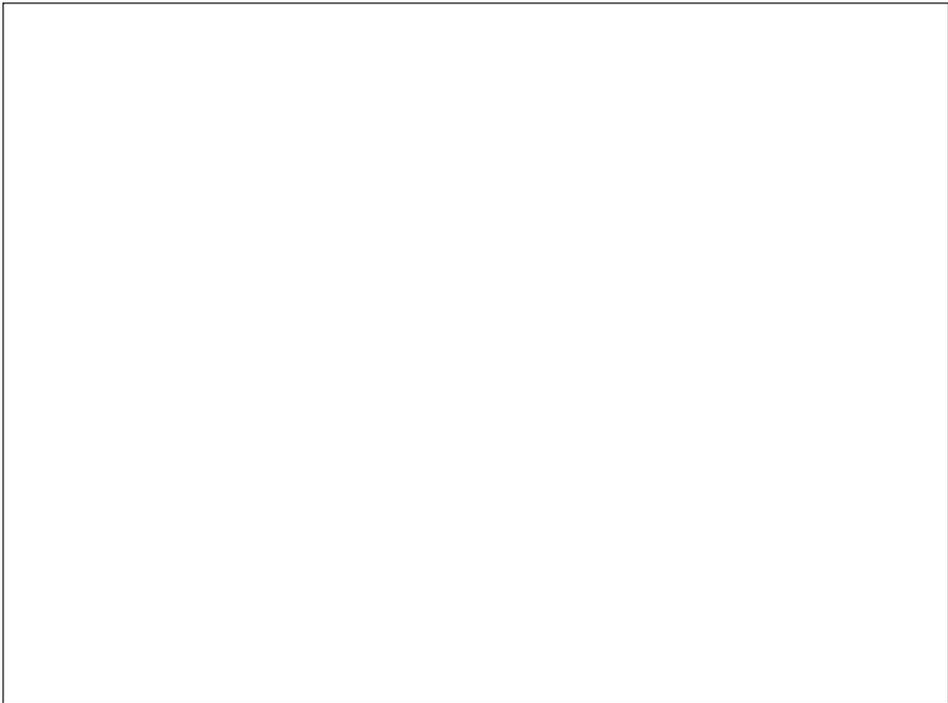
Los *discos intercalares* aparecen en forma de trazos transversales dándole al sarcoplasma un aspecto *escaleriforme*, los cuales se pueden observar al microscopio de luz con hematoxilina férrica o por medio de impregnaciones de plata.

Las fibras de purkinje son células conductoras del miocardio. Son más anchas y ricas en sarcoplasma con escasas miofibrillas aunque también presentan el mismo patrón de estriación. El núcleo es oval y central rodeado de las organelas.

Al corte transversal, se puede observar que las células miocárdicas tienen forma oval a redonda y presentan diversos diámetros de acuerdo por donde paso el corte de la célula; si atraviesa del núcleo, la célula se verá más grande y el núcleo central y redondeado, si atraviesa la célula al lado del núcleo, se verá enucleada, y si atraviesa una rama se verá más pequeña y anucleada. El sarcoplasma se ve acidófilo y heterogéneo por el moteado de las miofibrillas cortadas transversalmente, Fig. 43b.

Actividad práctica

A continuación se realizará la práctica con la observación de los cortes histológicos de los 3 tipos de músculo para la apropiada identificación de sus componentes:
Aumento _____ Técnica de coloración _____



Trazo del corte: _____

Descripción: _____

Dx: _____

Aumento _____ Técnica de coloración _____

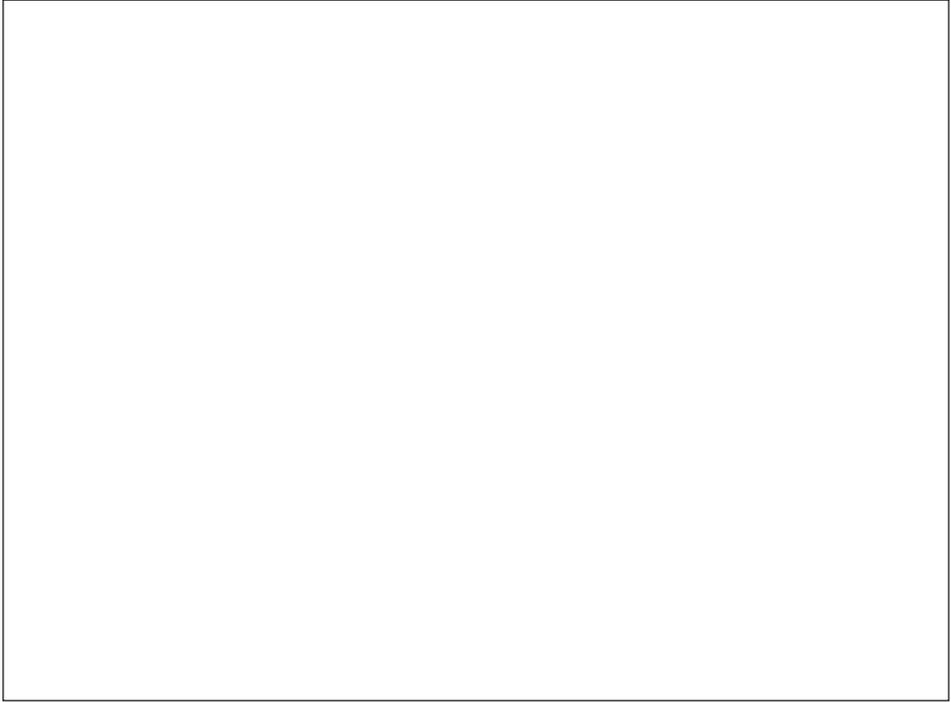


Trazo del corte: _____

Descripción: _____

Dx: _____

Aumento _____ Técnica de coloración _____



Trazo del corte: _____

Descripción: _____

Dx: _____

10. Tejido nervioso

Competencia: Identifica al tejido nervioso microscópicamente como un tejido fundamental y reconoce los componentes celulares y sus características así como su correlación con la glía, tanto de la sustancia gris como la blanca del TNC. Analiza a las células y fibras del TNP. Diagnostica la diferencia entre el tejido nervioso central y el periférico.

I. Generalidades

El tejido nervioso es de origen ectodérmico. Las células que lo constituyen principalmente presentan prolongaciones y están organizadas en un sistema de red las cuales se especializan para recibir estímulos y conducir impulsos a otras prolongaciones u otros tejidos distantes. Las células del tejido nervioso las podemos dividir en dos categorías (Fig. 44):

- *Células nerviosas o neuronas*, son altamente especializadas y se interconectan entre todas por medio de las sinapsis (*tipo de unión*). Su especialidad es la excitabilidad y la conductibilidad. Son las responsables de la transmisión del impulso nervioso.
- *Células de sostén*, están en estrecha relación con las neuronas, tienen función de soporte, aislamiento, protección e intercambio metabólico entre los vasos sanguíneos y las células neuronales; también son necesarias para que se realice una función eficiente por parte de las neuronas. Se les llama de la *Neuroglia o de la Glía* en el TNC (tejido nervioso central), a los astrocitos, oligodendrocitos y células de microglia y en el TNP *células de Schwann o leucocitos y células satélites o anficitos*.

II. Componentes del tejido nervioso

Neuronas

La célula nerviosa o neurona (Fig. 44) es la unidad funcional del tejido nervioso y se compone de un *soma, cuerpo o pericarion* y de una variedad de prolongaciones que emergen del citoplasma del cuerpo o soma son de forma muy variada y son de dos tipos: las *dendritas*, que pueden estar ausentes o llegar a ser múltiples y el axón, siempre único. El diámetro del soma de las neuronas varía entre 4 y 100 μm o más.

El núcleo es grande y generalmente redondeado, vesiculoso o de cara abierta dejando ver el o los nucléolos.

El soma de la neurona o pericarión está limitado por el plasmalema o membrana celular y en su interior. Se puede observar al MET que el pericarión presenta mitocondrias, RER, ribosomas libres, REL, aparato de Golgi, lisosomas, neurofibrillas, neurotúbulos (se pueden observar al MO por medio de impregnaciones de plata como el método de Cajal o el de Bielchovsky), cuerpos de inclusión. Dependiendo de la ubicación de la neurona van a ser sus características por ejem. El cuerpo de inclusión del pigmento neuromelanina se ve en las neuronas del bulbo olfatorio, piso del cuarto ventrículo, la sustancia negra en el cerebro medio. También podemos observar el pigmento de lipofuscina que aumenta con la edad en las neuronas en general.

Los grumos o sustancia de *Nissl*, demostradas por medio de anilinas básicas como por ejem. el azul de metileno al MO, vistas al ME corresponden al RE, que se encuentra en el soma y dendritas pero no en el cono axónico y axón.

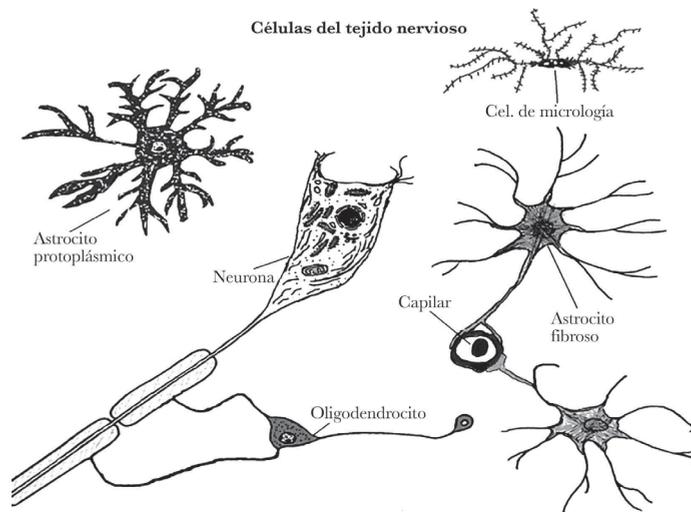


Fig. 44. Dibujo de algunas de las células de tejido nervioso central

Radiando de la superficie del pericarión emergen unos procesos o prolongaciones:

- *Las dendritas*, son prolongaciones protoplasmáticas, la porción receptora de la neurona; son ramificadas en forma repetitiva por dicotomía, nacen gruesas y luego se van adelgazando. Son de trayecto corto e irregular y de superficie varicosa. En sus partes más gruesas cerca del cuerpo celular el citoplasma de las dendritas contiene sustancia de Nissl y mitocondrias, neurotubulos y neurofilamentos. Como las dendritas se ramifican intensamente, una célula

nerviosa puede establecer contacto con muchas otras neuronas y recibir impulsos de ellas, hasta de 100,00 axones terminales.

- *El axón o Cilindroje*, también llamado *fibra nerviosa*, nace de una porción del pericarion llamado *montículo axónico o cono axónico*, es único, carece de sustancia de Nissl, pero presenta un citoplasma llamado axoplasma con otras organelas como mitocondrias, filamentos, neurotubulos, vesículas sinápticas y a su membrana celular se le llama axolema, su grosor es regular en todo su recorrido. Las ramificaciones terminales (telodendritas) forman en conjunto el *telodendrón*. Las telodendritas variables en forma y espesor (gémulas, bulbos, pies terminales, etc.). En lo que corresponde a sus organitos se observa al ME gran cantidad de neurotúbulos y neurofilamentos corriendo a lo largo del axón y dispuestos en haces sin observar otros organitos, en el pie terminal se observan: mitocondrias, filamentos y vesículas finísimas de neurosecreción. En el TNC las fibras se cubren de mielina (una cubierta de lípidos de propiedades refráctiles) es formada por los oligodendrocitos interfasciculares (célula schwanoide por el parecido en cuanto a función con la célula de schwann) en la sustancia blanca (entonces hay mielina pero sin neurilema). En el TNP la mielina está dada por las células de Schwann, además esas células con su cuerpo forman una envoltura más externa llamada *neurilema o vaina de schwann*. El M/E ha demostrado que la mielina es parte de la célula de schwann, ya que su parte más interna ha enrollado en forma espiral su membrana superficial alrededor del axón, desalojando su citoplasma en esta región ; el número de capas enrolladas puede variar de muy pocas a un numero de 50 vueltas alrededor del axón. La vaina de mielina rodea el cilindroje formándole un estuche cilíndrico hueco, interrumpido de trecho en trecho en las llamadas estrangulaciones anulares de Ranvier, donde se juntan y yuxtaponen a la manera de dedos las expansiones de las dos células de schwann. La mielina es una sustancia compuesta por una mezcla de varios lípidos como el colesterol, cerebrósidos, fosfolípidos, ácidos grasos, que en fresco es muy refringente y transparente. Al MO por acción con el ácido ósmico la mielina se tiñe de negro poniéndose entonces de manifiesto la existencia de las incisuras de Schmttd-lantermann, las cuales se cree que sirvan como canales para el intercambio de nutrientes y gases entre el axón y el neurilema. También se puede teñir la mielina por el método de Weigert (azul de metileno) dándole un tono azul verdoso; si se tiñe con H-E la mielina se ha disuelto con los procesos de la técnica de parafina, así que se ve como un hueco

transparente. El neurilema o vaina de Schwann, recubre a la fibra nerviosa en toda su extensión, esta formada por la parte más externa de las células de Schwann (ocupa el espacio internodal. Cuanto más largas y gruesas son las fibras, más largos son los segmentos; si un cilindro de ramas colaterales lo hace a la altura de un nódulo de Ranvier. Otras fibras son amielínicas pero con vaina de Schwann. Son conocidas con el nombre de *fibras grises*. Estas fibras pertenecen al sistema autónomo (fibras grises postganglionares o ramos comunicantes grises eferentes) y fibras aferentes.

Las células nerviosas se pueden clasificar de acuerdo a su forma, tamaño, localización, función, morfología como longitud de los axones, cantidad de dendritas y localización del axón:

- *Forma y tamaño.* Las células nerviosas pueden ser muy variables en tamaño y forma. En lo que respecta a las variaciones de tamaño se cree que lo determina su número, longitud y diámetro de sus expansiones como: las neuronas más pequeñas en el SNC de los mamíferos se encuentra en parte en la región del hipotálamo, su cuerpo mide de 3 a 4 milimicras y el axón y sus expansiones son cortas, y entre las neuronas más grandes tenemos a las células piramidales gigantes o de Betz de la zona motora de la corteza cerebral que miden entre 60 y 120 μm y su axón 50 cm o más de longitud (Fig. 45a); las neuronas de Purkinje del cerebelo, su soma es piriforme, también es grande y su axón largo (Fig. 45b), células en cesta de la corteza también cerebelosa, son pequeñas y multipolares.

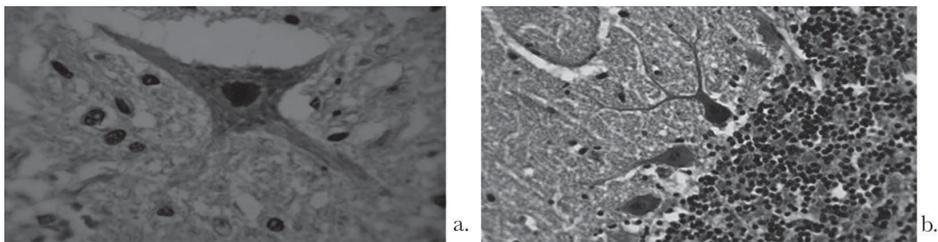


Fig. 45 a. Se muestra célula de Betz en corte de corteza cerebral con H-E a 400X. b. corte de corteza cerebelosa que muestra célula de Purkinje con H-E a 400X

- *Localización y función*

a) *Neuronas aferentes o sensitivas:* Son las que llevan el impulso desde las terminaciones sensoriales al TNC. Estas terminaciones están en diversos lugares del organismo y pueden ser exteroceptivas, interoceptivas y

propioceptivas. *Neuronas eferentes o motoras*: Transmiten una respuesta en forma de impulso desde el TNC hacia las células efectoras.

b) *Neuronas de asociación o interneuronas*: También se les llama *neuronas intercalares*, ellas establecen una red de comunicación entre las neuronas aferentes y eferentes (se cree que la mayoría de las neuronas aproximadamente en un 99% son de este tipo).

c) Si las neuronas, están fuera de las cavidades óseas son *neuronas periféricas* y si están dentro de las cavidades óseas entonces las llamamos *neuronas centrales*.

- *Longitud de los axones*. Se pueden clasificar en *neuronas de Golgi Tipo I*: son aquellas células en las cuales su axón o cilindroeje es muy largo y puede llegar a otro órgano central o periférico ejem las neuronas radicales de las astas anteriores de la médula espinal (pueden tener hasta un metro de largo) y *neuronas de Golgi tipo II*: que tienen su axón muy corto (ejemplo, las neuronas de la columna de Clarke de las astas posteriores de la médula espinal).
- *Cantidad de dendritas y localización del axón*. Existen cuatro formas básicas de neuronas (Fig. 48):

a) *Neuronas multipolares*: Son aquellas células que presentan dos o más dendritas y un axón, por ejemplo, neuronas radicales, Fig. 46.

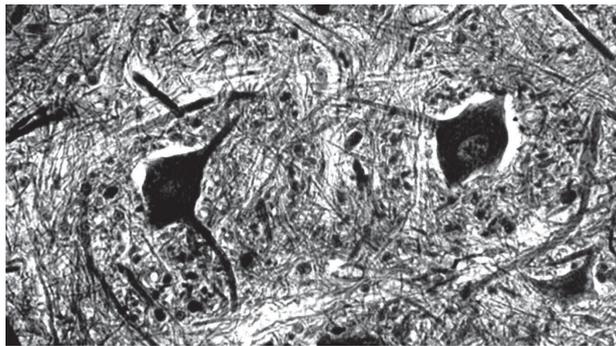


Fig. 46. Corte teñido con método de plata, se pueden identificar las Neuronas Radicales (flecha) X400.

b) *Neuronas bipolares*: Son las neuronas que poseen una dendrita y un axón por ejem. las neuronas bipolares de la retina.

c) *Neuronas Uni o Monopolares*: solo presentan una prolongación que lleva a cabo todas las funciones, por ejemplo, las células amacrinas de la retina.

d) *Neuronas Pseudomonopolares*: Son las células que presentan una prolongación que se divide en T en la cual una ramificación funciona como dendrita y la otra como axón. Ejemplo, las neuronas ganglionares cerebrospinales (son aferentes) Fig. 47.

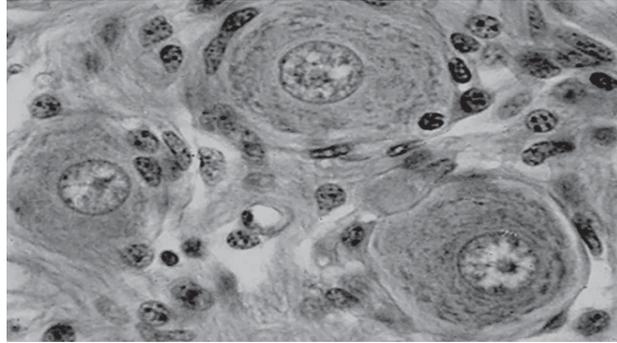


Fig. 47. Corte de Ganglio Cerebroespinal que muestra Neuronas Ganglionares y células satélites de la glía periférica señalada con una flecha teñido con H-E a 1000X.

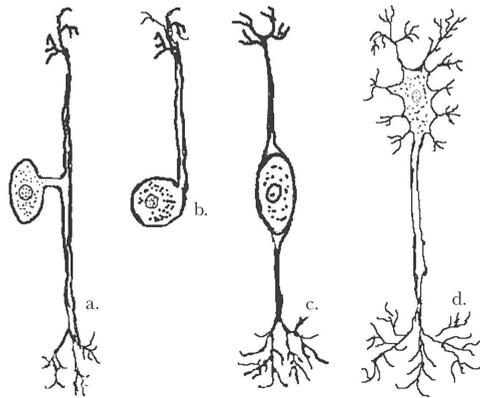


Fig. 48. Dibujo de tipos de neuronas de acuerdo a cantidad de prolongaciones protoplasmicas (dendritas y axón):

- a. Neuron pseudomonopolar.
- b. Neuron monopolar.
- c. Neuron bipolar
- d. Neuron multipolar.

- *Sinapsis*

Las sinapsis son el lugar de contiguidad especializada entre las neuronas que facilita la transmisión del impulso y se clasifican en Químicas y Eléctricas

Las sinapsis químicas son la región intercelular especializada de unión entre dos neuronas o entre una neurona y de célula efectora en la cual existe un espacio llamado hendidura sináptica, lugar donde se liberan las sustancias químicas llamadas neurotransmisores, así tenemos una gran variedad de uniones sinápticas que pueden ser: axodendríticas, axosomáticas, axoaxónicas, etc. El efecto del impulso nervioso es la liberación del neurotransmisor en el lugar de la sinapsis. El axón por lo general es la terminal presináptica que se contacta con la neurona o célula efectora que es la región postsináptica. Existe una gran variedad de neurotransmisores como la acetilcolina, adrenalina, noradrenalina, GABA, serotonina, encefalinas, endorfinas, etc.

Las sinapsis eléctricas son comunes en los invertebrados y consisten en uniones de hendidura o de nexos.

Neuroglia

La Glía se encuentra tanto en el TNC como en el TNP.

TNC

A este grupo pertenecen los astrocitos, oligodendrocitos, células de microglia (Fig. 44) y células ependimarias.

Astroцитos. Estas células llevan ese nombre debido a que poseen numerosas prolongaciones protoplasmáticas y núcleo voluminoso de tipo vesicular. Los astrocitos se clasifican en dos tipos: *los astrocitos protoplasmáticos y astrositos fibrosos.*

Los astrocitos protoplasmáticos. Presentan prolongaciones citoplasmáticas sinuosas, gruesas y cortas muy ramificadas que emergen de todas partes del cuerpo de la célula en la sustancia gris; sus prolongaciones suelen terminar en uno o más vasos sanguíneos de pequeño calibre, constituyendo estructuras denominadas pies vasculares y su protoplasma es granuloso. Se localizan rodeando a los cuerpos de la neurona a manera de *satélites neuronales*. Los astrositos se acumulan principalmente (formando una capa densa), en la superficie SNC inmediatamente por debajo de la piamadre y por debajo del epéndimo.

Los astrocitos fibrosos. Presentan prolongaciones largas y delgadas, en toda su estructura citoplásmica presenta gliofibrillas, se encuentran situados en la sustancia blanca del tejido nervioso central, también tienen pies perivasculares en la adventicia de los vasos sanguíneos. Para observar la totalidad del astrocito en forma individual solo sería posible por métodos especiales de coloración; en

las preparaciones de rutina como con H-E, solamente el núcleo de las células puede ser visto, el cual es oval de cromatina finamente dispersa (vesicular) y algo más grande que el núcleo de los oligodendrocitos. AL ME, el citoplasma contiene pocos ribosomas libres y un pequeño RER, aparato de Golgi, lisosomas y los gránulos de glucógeno son comunes.

Oligodendrocitos

A este grupo de células también se le conoce como la *Oligodendroglía* y se encuentran tanto en la *sustancia gris* como en la sustancia blanca. Los oligodendrocitos son más pequeños que los astrocitos y tienen menos prolongaciones que son delgadas, nudosas o varicosas, y escasamente ramificadas. Sus terminaciones no contienen fibras ni terminan en pies vasculares, sus ramificaciones más frecuentes son las dicotómicas en ángulo recto. El núcleo es también pequeño redondo y *posee cromatina condensada*; su citoplasma contiene principalmente ribosomas, mitocondrias y microtúbulos; los filamentos y el glucógeno están ausentes.

En la sustancia gris suelen verse cerca de los cuerpos de las neuronas; reciben el nombre de *satélites perineurales*. Son *más numerosos los oligodendrocitos en la sustancia blanca* en donde forman la mielina en las fibras nerviosas medulares recibiendo el nombre de *glía interfascicular* (oligodendrocitos interfasciculares) o célula *Schwanoide*, por su semejanza con las células de Schwann de los nervios periféricos.

Para el estudio de la neuroglia se necesitarían técnicas especiales. El citoplasma solo es visible con métodos de impregnación argéntica como carbonato de plata amoniacal del Río Ortega y con el método de Oro sublimado de Cajal.

Microglia

A diferencia de las otras células de la Glía (de origen ectodérmico), estas células son de origen mesodérmico y también se les llama *mesoglia*. Están representadas por células pequeñas con escasos protoplasmas y un núcleo que se tiñe intensamente. Posee pocas prolongaciones que presentan, lo mismo que el cuerpo celular, numerosas expansiones o “espinas”.

Las células de microglía son más comunes en la sustancia gris que en la blanca. En la sustancia gris se hallan distribuidas como satélites perineurales aunque no en forma tan frecuente como las células de oligodendroglía y también se disponen alrededor de los vasos sanguíneos como satélites perivasculares. En la sustancia blanca se hallan dispuestos entre las fibras mielínicas, pero más dispersas que las células de oligodendroglía. Se consideran como los macrófagos

de las otras partes del cuerpo y que por lo tanto forman parte del sistema fagocítico-mononuclear, ya que en las lesiones encefálicas modifican su forma y se transforman en fagocitos de grandes dimensiones denominados corpúsculos granulados.

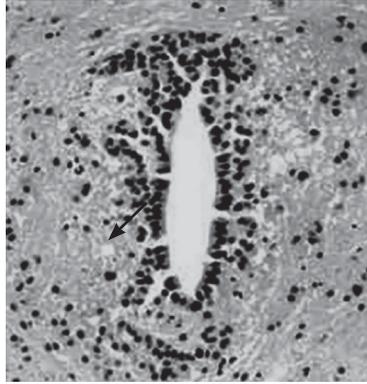


Fig. 49. Conducto Ependimario en corte de médula espinal, teñido con H-E a 400X.

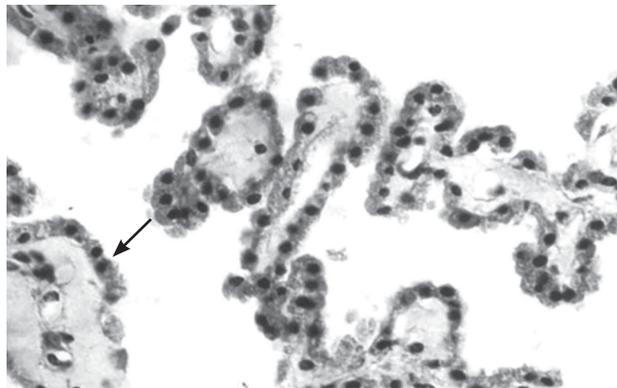


Fig. 50. Corte de plexos coroideos, teñido con H-E. X400

Células del Epéndimo y Plexos Coroideos

Son las células que revisten a las cavidades encéfalo-medulares, también se les llama gliopitelio ependimario (Fig. 49); se considera como un tercer tipo de células de la neuroglia, sus células son cilíndricas o cuboides, con prolongaciones de tipo microvellosidades de su superficie. Al ME estas células tienen acumulo de mitocondrias en el ápex, el RER no es prominente y se pueden observar haces de microfilamentos.

Las células del epéndimo son solamente una hilera de células cilíndricas, y a la altura de los ventrículos (3°, 4° y laterales) se modifica

para constituir el epitelio especial secretor de los plexos coroideos, el cual es cúbico simple (Fig. 50).

TNP

La Glía del TNP a los homólogos de los oligodendrocitos interfasciculares en el TNC que son la *célula de Schwann* o *lemocitos* y *las células satélites* o *anfícitos*.

Célula de Schwann (Fig. 51). Con las principales células que se encuentran rodeando a los axones fuera del TNC. Se originan de las crestas neurales. La célula de Schwann participa protegiendo a los axones no mielinizados y por supuesto participa muy importantemente en la mielinización de solo un axón. La mielinización consiste en la disposición en forma de capas y rodeando en toda la circunferencia del axón en forma repetitiva de la membrana celular de la célula de Schwann; la envoltura es enrollar la célula sobre el axón, y rechazando el citoplasma a la superficie.

Célula satélite o anfícito (Fig. 47). Están íntimamente asociadas con los cuerpos de las neuronas de los ganglios periféricos tanto aferentes como los cerebrospinales como los eferentes o motores autónomos. Esta célula se origina de las crestas neurales. Cubre a todo el soma de la célula ganglionar uniéndose con su lámina basal y hacia fuera se pone en relación con una capa de células fibroblásticas que la rodean dando origen a la capa capsular.

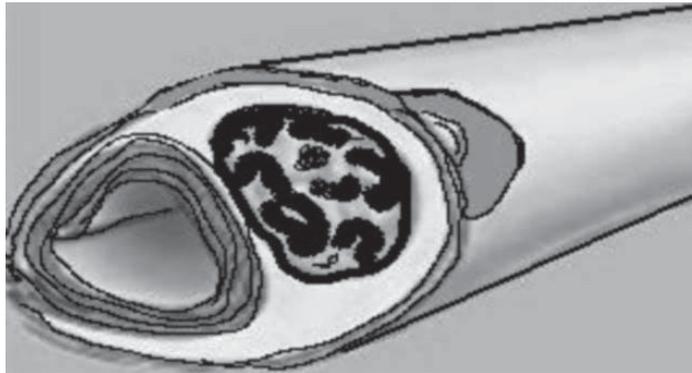
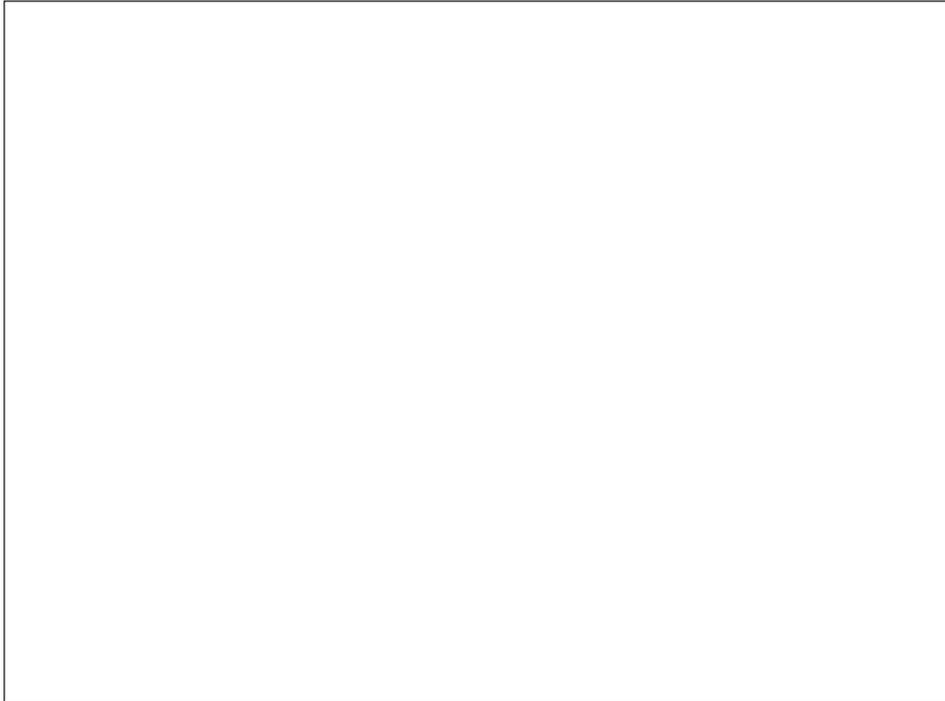


Fig. 51. Dibujo de célula de Schwann que protege a fibra nerviosa periférica

Actividad práctica

A continuación se realizará la práctica con la observación de los cortes histológicos de los diferentes órganos nerviosos para identificación de sus componentes:

Aumento _____ Técnica de coloración _____



Trazo del corte: _____

Descripción: _____

Dx: _____

Aumento _____ Técnica de coloración _____

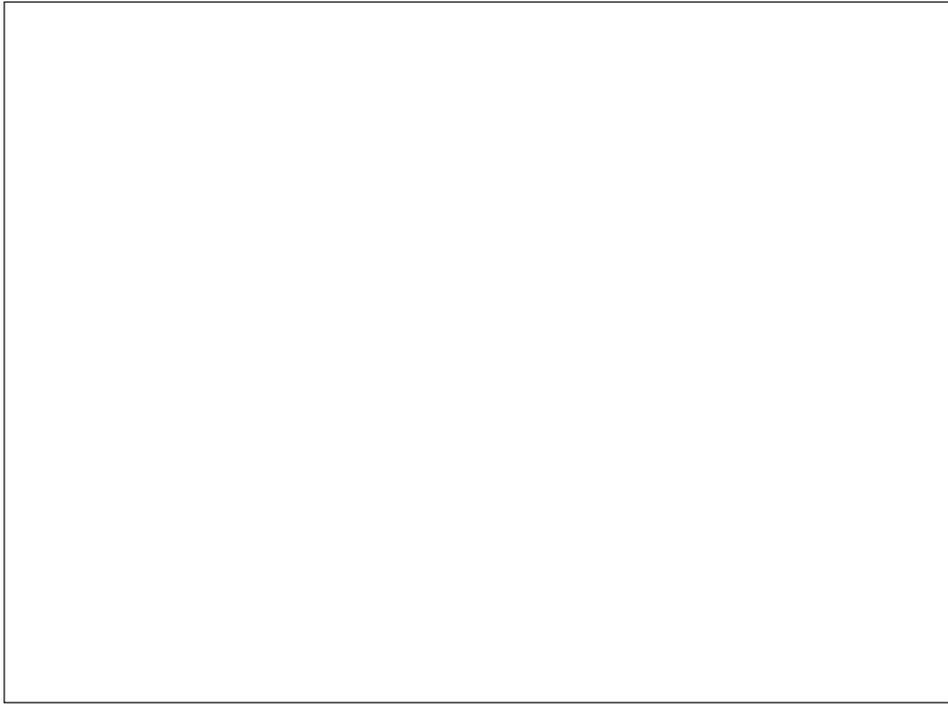


Trazo del corte: _____

Descripción: _____

Dx: _____

Aumento _____ Técnica de coloración _____



Trazo del corte: _____

Descripción: _____

Dx: _____

11. Sangre

Competencia: Identifica en los frotis de sangre la morfología normal de los elementos figurados de la sangre puede diferenciar los componentes celulares de la serie blanca y realizar un recuento diferencial.

I. Generalidades

La sangre es un tejido constituido por *elementos figurados* que son las células *sanguíneas rojas o eritrocitos*, las *células sanguíneas blancas o leucocitos* y las *plaquetas*; las cuales se encuentran suspendidas en un líquido llamado *plasma* sanguíneo. La sangre circula por el sistema vascular. Hasta hoy la sangre ha sido separada del tejido conjuntivo, ya que sus células se originan en la médula ósea y están suspendidas en un líquido con una composición diferente a la sustancia intercelular de los tejidos conjuntivos.

La función de la sangre es: a) llevar oxígeno a los tejidos del cuerpo desde los pulmones y el dióxido de carbono desde los tejidos hasta los pulmones, b) sustancias nutritivas del tracto digestivo a los tejidos del cuerpo, c) llevar las sustancias de desecho desde los tejidos hasta los riñones, d) transportar sustancias hormonales desde el órgano que le da origen hasta el órgano u órganos blancos.

Los eritrocitos y las plaquetas desarrollan su función en el líquido intravascular mientras que los leucocitos utilizan la sangre como vía de transporte desde la médula ósea hasta los tejidos donde van a actuar.

Las plaquetas juegan un papel muy importante en el fenómeno de la coagulación en donde exista lesión de un vaso sanguíneo, liberando sustancias tromboplásticas necesarias para la formación del coágulo.

II. Plasma

El plasma es un material extracelular líquido donde se encuentran suspendidas las células, se constituye principalmente por proteínas plasmáticas como albúminas, globulinas y fibrinógeno, además de llevar sustancias nutritivas y desechos.

El suero es la parte líquida del plasma en donde el fibrinógeno y demás factores de la coagulación han sido suprimidos porque fueron activados en el fenómeno de la coagulación.

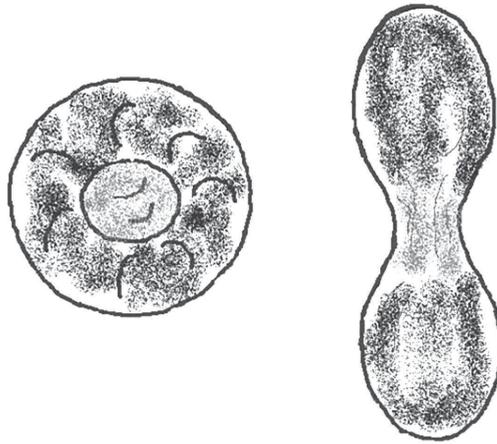


Fig. 52. Dibujo de eritrocito

III. Elementos figurados

Eritrocitos. También llamados *glóbulos rojos* o *hematíes* (Fig. 54), son los corpúsculos más abundantes en la sangre que se desarrollan en la médula ósea y al completar su diferenciación pierden el núcleo y su capacidad de sintetizar proteínas y ya en esta forma penetran a la circulación. En la mujer existen en una proporción de 4.8 millones por milímetro cúbico y en el hombre 5.4 millones por milímetro cúbico como cifras promedio de lo normal. Pueden estar sujetos a variaciones de lo normal de acuerdo la edad, embarazo y según la altitud.

El eritrocito fresco aislado es de color amarillo verdoso pálido. El eritrocito es un disco bicóncavo de 7.5 μm de diámetro por 2.5 μm de grosor máximo y 1.5 μm en la parte mas delgada (Fig. 52). Esta forma se puede alterar en estados patológicos y entonces se les llama *poiquilosis* cuando se ven diversas formas en un frotis. Los eritrocitos pueden variar en su tamaño en el frotis y entonces se les llama *anisocitosis*.

Los eritrocitos son muy elásticos, se pueden deformar por presiones mecánicas y recuperar su forma al cesar la presión. Cuando se examinan al MO un frotis de sangre con un extendido grueso los eritrocitos aparecen agrupados en *pilas de moneda* (Rouleaux). Esto no se ve en la sangre circulante.

La forma de la célula esta sujeta a factores del medio ambiente. En una solución hipotónica se hinchan (*esferocitos*), estirándose la membrana, permitiendo que se escape la hemoglobina por rotura, a este proceso se le

llama *hemólisis*. En una solución hipertónica, las células cambian a una forma de espinas en su superficie pues se crenan por salir agua intracitoplasmática, a esos eritrocitos se les llama *equinocitos*.

El 66% de los eritrocitos es agua y el 33% esta constituido por una proteína conjugada llamada *hemoglobina*.

Los eritrocitos son células que carecen de núcleo (Fig. 53). En algunas anemias se pueden encontrar algunos eritrocitos nucleados llamados también *normoblastos* que no vienen a ser más que formas poco inmadura de la normal.

Hay algunos eritrocitos que ya han perdido su núcleo poco antes de entrar a la circulación y que todavía no esta completamente maduro, pudiendo tomar una coloración azulada o verdosa por el pequeño numero de ribosomas, se les llama *eritrocitos policromatófilos o reticulocitos*. Esto se detecta cuando el frotis de sangre se tiñe con azul de cresil brillante (tinción supravital).

El número de reticulocitos en sangre en adultos es del .8% en promedio del total de los eritrocitos.

A los eritrocitos que son más grandes que lo normal se les llama *macroцитos*. Si son más pequeños que lo normal se les llama *microцитos*. Los eritrocitos se forman en la médula ósea y su formación se mantiene constante con respecto a los que se pierden. Su vida media es de 100 a 120 días.

Frotis de sangre. Para poder revisar bien las características de todos los elementos celulares es necesario preparar un frotis de sangre.

Su paso a seguir es el siguiente:

1) Obtención de la sangre. Puede ser por medio de punción del pulpejo de un dedo de la mano o sangre tomada de la extracción de una vena. Si se toma del pulpejo, este debe de estar bien lavado y desinfectado con alcohol. Se desperdicia la primera gota de sangre y se recoge la siguiente en la cara superior de un portaobjetos bien limpio y desengrasado que esta sostenido entre el pulgar y el dedo índice de la mano izquierda. Con la mano derecha se toma otro portaobjetos, tomándolo por sus bordes de uno de los extremos mientras el otro está sobre la gota de sangre a un ángulo aproximado de 45 grados. Por capilaridad entre ambos portaobjetos se desliza el portaobjeto con un movimiento suave, lento y uniforme, extendiendo la gota de sangre formandose una película delgada transparente y amarillenta. Se deja secar la laminilla.

2) Fijación. Se deben utilizar medios físicos (calor) o químicos (alcohol absoluto, etílico o metílico).

3) Coloración. Pueden usarse colorantes aislados o asociarse varios. Se pueden usar azul de metileno, el agua de metileno, la eosina y el violeta de metilo. El método de coloración más empleado es el de Wright (que consiste en eosinato azul de metilo) y se colorea así: a) poner sobre el frotis 30 gotas de colorante hasta cubrir completamente y esperar 1 a 3 minutos. b) agregar agua destilada o solución buffer hasta recambiar el colorante y esperar 5 a 10 minutos. c) lavar con agua de la llave y escurrir hasta que se haya secado.

4) Montaje. Ya seco el frotis se le agrega 1 gota de bálsamo del Canadá, luego se le pone el cubreobjetos y se deja secar.

5) Observar al microscopio.

Hematocrito. Es un método rápido que se utiliza para calcular la cantidad de eritrocitos que tiene un individuo. Consiste en tomar una pequeña cantidad de sangre y centrifugar para estimar el volumen de eritrocitos aglomerados del plasma, por lo tanto el hematocrito es el porcentaje de eritrocitos del volumen de la muestra de sangre obtenida. El hematocrito promedio para la mujer normal es de 41% y para el varón es de 47%.

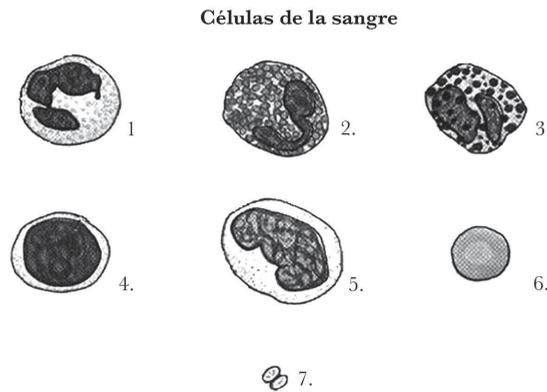


Fig. 53. Se muestra dibujo de las células de la sangre, donde el :
1. Neutrófilo 2. Eosinófilo 3. Basófilo 4. Linfocito 5. Monocito 6. Eritrocito

Leucocitos. También se les llama *glóbulos blancos* (Fig. 53) por carecer de color propio. Son células esféricas que se mueven en forma ameboide en los tejidos. Están provistas de núcleo y citoplasma. Se encuentran en la sangre en una proporción de 5 000 a 9 000 por milímetro cúbico.

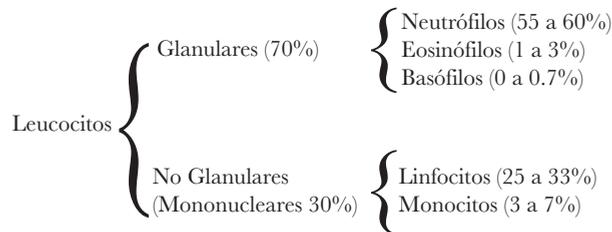
Esta proporción de leucocitos está sometida a ciertas variaciones dependiendo de la edad y la hora del día. Cuando existe alguna infección el

recuento leucocitario puede aumentar hasta 20 000 o 50 000 por milímetro cúbico y entonces se dice que hay una *leucocitosis*. Y cuando baja de 5 000 por milímetro cúbico se dice que hay una *leucopenia*.

La cantidad de leucocitos en un recién nacido es de 20 000 por milímetro cúbico normalmente, 10 000 al final de la primer semana y aproximadamente de 15 000 al final de la segunda semana. Hasta los 6 meses de vida llega a alcanzar las cifras normales del adulto.

Hay cinco clases de leucocitos en la sangre y se les clasifica según tengan o no gránulos en el citoplasma específicos o no específicos en: *leucocitos granulares* y *leucocitos no granulares*.

También según la forma del núcleo en *mononucleares* y *polimorfonucleares*.



Los porcentajes de proporción de cada leucocito son bien constantes y se efectúan por medio de un método llamado recuento leucocítico diferencial.

Recuento leucocitario. Para este método se necesita un hematímetro con la cuadrícula llamada de Neubauer, una pipeta para blancos que tenga ampolla ya que es 10 veces mayor que el capilar y un líquido de dilución llamado líquido de Turk el cual contiene:

- Agua destilada 100cc
- Ac. Acético glacial 1cc
- Solución acuosa de violeta de genciana al 1% 1 cc

El ácido acético destruye a los glóbulos rojos, pues por su cantidad, dificultarían su observación y el colorante sirve para teñir los leucocitos.

La toma de sangre se puede hacer por medio de jeringas esterilizadas de sangre venosa. La sangre obtenida se pasa a la pipeta de blancos hasta donde está marcado 0.5 y luego se sigue llenando con líquido de dilución hasta la cifra de 11 de la pipeta, en seguida se vacía a la cámara cuenta glóbulos acomodando sobre las columnas que lleva la cámara hundida donde esta la cuadrícula de Neubauer, se deja que los leucocitos se sedimenten, se cubre con un cubre-hematímetro y se

procede al recuento usando los cuadros grandes de las esquinas de la cuadrícula que llevan 16 cuadros más pequeños. Haciendo la dilución 1x20 (0.5 x 10). Luego contando los leucocitos se multiplica por 200 (esta cifra se obtiene de la multiplicación del 20 que es la dilución por 0.10 que es la altura de la cámara). Un cuadro grande con 16 cuadros pequeños es de un milímetro cuadrado.

Para contar eritrocitos se usa el cuadro del centro.

Neutrófilos. Son los más numerosos de los leucocitos, pues existen en una proporción de 55 a 60% o 3 000 a 6 000 por milímetro cúbico. Miden 7 μm en la sangre circulante y 10 a 12 μm de diámetro en extensiones secas (Fig. 53).

Son células que presentan núcleo con 2 a 5 lobulaciones las cuales están unidas por filamentos de cromatina, observándose segmentadas. El número de lobulaciones va a depender de la edad de la célula. Cuando recién llega a la sangre el núcleo presenta forma de “U”, “V” o “S”, a esta forma se le llama *neutrófilo “en banda”* o *no segmentado*. Normalmente existen en la sangre en un 4%. La cromatina se ve condensada, por lo tanto el núcleo se ve intensamente teñido. En algunos neutrófilos de la mujer se observa un pequeño apéndice cromático condensado en uno de los lóbulos como “palillo de tambor” que corresponde al cuerpo de Barr. Su citoplasma se observa de color violáceo con Wright (eosinato azur de metileno) y moteado. Presenta dos tipos de granulaciones: las *granulaciones finas* (80%) son regulares y captan a los colorantes neutros; y también se les llama *granulaciones específicas*, las cuales contienen fosfatasa alcalina y fagocitinas (que es una sustancia antibacteriana). Las granulaciones gruesas presentan actividades enzimáticas tipo peroxidasa, mieloperoxidasa, fosfatasa ácida, etc., a estos gránulos se les llama *inespecíficos* o *azurófilos* y se les considera lisosomas. Su función es la fagocitosis. Su vida media es de 8 días.

Eosinófilos. Son células granulocíticas que provienen de sus precursores de la médula ósea; su proporción en la sangre es de 1 a 3%, circulando miden 9 μm pero en un extendido (frotis) miden 12 μm . Su citoplasma presenta *gránulos específicos gruesos*, los cuales se tiñen de rosa con el colorante Wright. Su citoplasma es pálido y débilmente basófilo; pero sus granulaciones gruesas que son las que predominan en el citoplasma le dan a la célula el aspecto eosinófilo (Fig. 53).

Las granulaciones gruesas a la ultraestructura presenta un cristal discoide en el ecuador del gránulo o son incluidas en una matriz granular amorfa. Estos gránulos contienen varias enzimas lisosómicas además de peroxidasas, mieloperoxidasas, arilsulfatasa, fosfatasa ácida, ribonucleasa y catepsina. Aparte

de estos gránulos gruesos eosinófilos específicos, también presentan algunos *gránulos no específicos o azurófilos*. Tiene pocas mitocondrias, pequeños aparatos de Golgi, RER poco desarrollado.

Los eosinófilos están en relación con procesos alérgicos y enfermedades parasitarias. Ellos ingieren y destruyen selectivamente complejos antígeno-anticuerpo.

Los eosinófilos circulan en la sangre por 3 a 4 horas para llegar a los tejidos donde duran 8 a 12 días. El núcleo de los eosinófilos es menos segmentado y generalmente aparece bilobulado.

Basófilos. Son las células menos numerosas de la sangre, teniendo una proporción de 0.5%. En extensiones de sangre miden 10 μm de diámetro. El núcleo está doblado en forma de “U” o de “J” aunque también puede ser bilobulado (Fig. 53). Su citoplasma se ve débilmente basófilo, con *gránulos gruesos específicos* intensamente teñidos (muy *basófilos*) por el azul de metileno o el azul de metileno.

Los gránulos llenan por completo el citoplasma, son redondos y muy toscos, pues llegan a ocultar el núcleo, son metacromáticos si se tiñen con el azul de toluidina o la tionina alcohólica.

Linfocitos. Son los leucocitos más numerosos de la sangre después de los neutrófilos. Constituyen del 20 al 35% de las células blancas en sangre. Su diámetro oscila entre 6 y 8 μm (linfocito pequeño) generalmente, pero puede haber en el frotis también linfocitos grandes los cuales miden más de 9 μm . Los linfocitos son células que se caracterizan por ser generalmente células pequeñas con un núcleo redondeado y fuertemente teñido (pues tiene gran cantidad de heterocormatina), y un pequeño ribete de citoplasma teñido de color azul claro o basófilo (Fig. 53, 54). Es una célula que no contiene gránulos específicos. Presenta un pequeño aparato de Golgi, escasas mitocondrias, casi no presenta retículo endoplásmico, pero tiene gran cantidad de ribosomas libres, además de algunos gránulos azurófilos (lisosomas).

Sabemos que existen dos tipos de linfocitos: los B y los T, pero ellos son morfológicamente indistinguibles así que no es posible detectarlos en un frotis de sangre ordinario (se pueden detectar usando marcadores de superficie). Estos dos tipos de linfocitos tienen un papel muy importante en las reacciones inmunológicas.

Monocitos. Es uno de los leucocitos más grandes, pues en frotis de sangre llegan a medir de 12 a 17 μm o más de diámetro. Se encuentran en una proporción de 3 a 8% del total de leucocitos en sangre (Fig. 53, 54).

Su citoplasma es muy abundante de color azul grisáceo (basófilico) con gránulos azurófilos diseminados. Tienen un aparato de Golgi bien desarrollado, algo de retículo endoplásmico rugoso, gran cantidad de ribosomas libres.

El núcleo es excéntrico, oval y reniforme; su cromatina es finamente granulosa y muy dispersa, pueden tener uno o dos núcleos pero no se distinguen fácilmente.

Permanecen en la sangre alrededor de 1 ½ días emigrando a diferentes órganos (en su tejido conjuntivo) diferenciándose a macrófagos y sobreviviendo meses; ahí constituyen una reserva móvil de células limpiadoras, pues por medio de la fagocitosis y digestión intracelular atacan a los antígenos extraños.

Plaquetas. Son fragmentos citoplásmicos o pequeños corpúsculos de 2 a 4 µm (Fig. 53). Juegan un papel muy importante en la coagulación de la sangre. Tienen forma oval o redondeada vistas de frente y de perfil tienen forma fusiforme. Su proporción en la sangre es de 150 000 a 350 000 por milímetro cúbico.

En un frotis de sangre a la plaqueta se le puede distinguir dos zonas: una periférica de color azul pálido, que se llama *hialómero* y una parte central con gránulos que se colorean intensamente que se llama *cromómero*.

Las plaquetas además de algunos organelos situados en la zona cromómera, presenta material contráctil con propiedad semejante a la de la actomiosina. La vida media de las plaquetas es de 8 a 11 días aproximadamente.

Las funciones principales de las plaquetas es la de recubrir los defectos de revestimiento endotelial de los vasos sanguíneos limitando así la hemorragia.

Recuento plaquetario. La técnica de preparación debe de hacerse con rapidez ya que estos elementos se pueden destruir fácilmente o aglutinar fuera de los vasos sanguíneos. Para ello se necesita usar una sustancia anticoagulante como el EDTA (ácido etilendiaminotetraacético), una gota de esta sustancia se coloca en la piel y a través de ella se efectúa la punción para la obtención de la sangre.

Hay dos métodos para el recuento: directo e indirecto.

El directo. Utiliza la pipeta para rojas para la toma de la sangre con el líquido anticoagulante, usando para contar la cámara de Neubauer, tomando en cuenta la cuadrícula para rojos y contándose las plaquetas. El número obtenido se multiplica por 10 que es la altura de la cámara y luego por 200 que es la dilución.

El indirecto. Se hace por medio de un frotis de sangre. Pero este método no es confiable ya que aunque se tenga muchos cuidados en su elaboración, porque de no tenerlo podría destruirse un gran número de plaquetas.

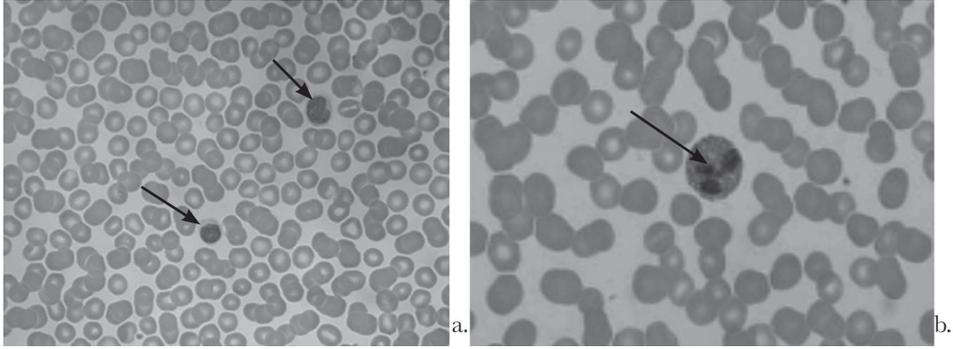


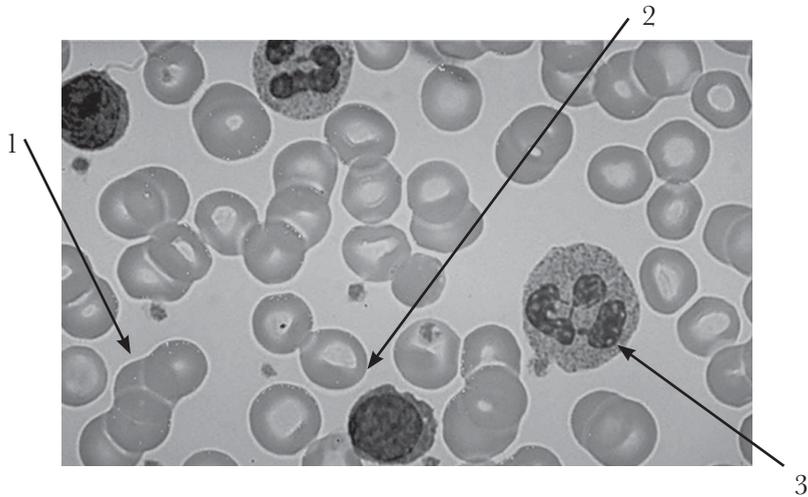
Fig. 54. Frotis de sangre. a. muestra con flechas un linfocito y un monocito X400.
b. muestra con flecha un eosinófilo

Desarrollo de la práctica

a) En el frotis de sangre ejecutar el recuento leucocitario diferencial:

Linfocitos	
Monocitos	
Neutrófilos	
Eosinófilos	
Basófilos	

b)

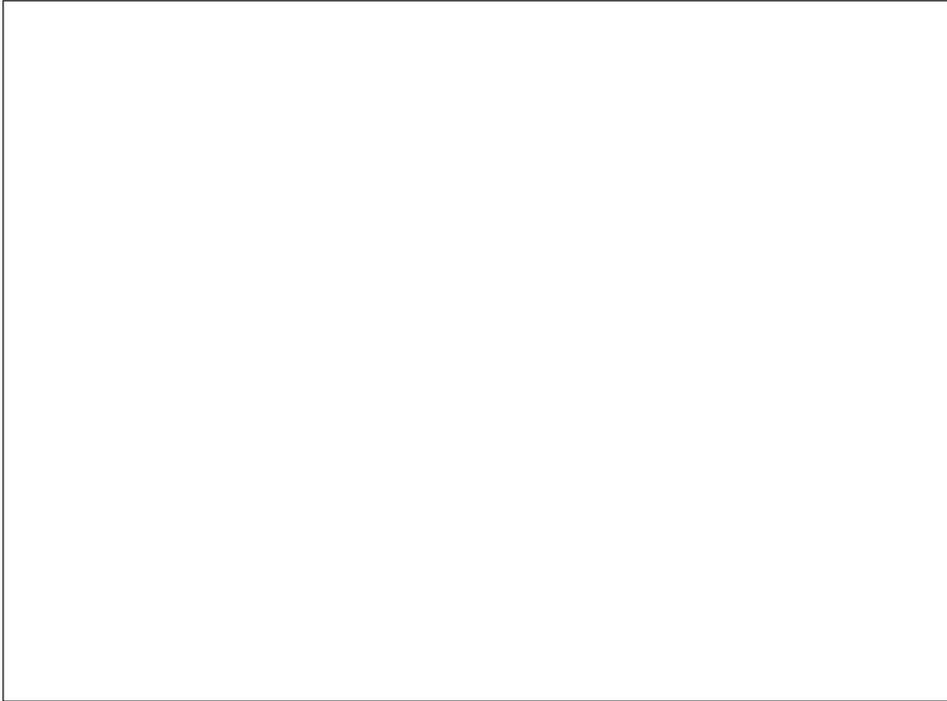


En el frotis sanguíneo identifique los elementos figurados señalados y escriba sus nombres en las líneas marcadas con el número correspondiente:

1. _____
2. _____
3. _____

c) Observación de la laminilla:

Aumento _____ Técnica de coloración _____



Trazo del corte: _____

Descripción: _____

Dx: _____

12. Médula ósea y tejido hemopoyético

Competencia: Puede identificar en los cortes de médula ósea el estroma y los elementos celulares de cada una de las series hemopoyéticas.

I. Generalidades

Reciben el nombre de órganos hematopoyéticos aquellos cuyos tejidos están caracterizados por células que intervienen en la formación de los elementos figurados de la sangre. Y una vez formados pasan al torrente circulatorio.

En la vida extrauterina y del adulto el órgano hematopoyético es la *Médula ósea*.

II. Médula ósea

Para su estudio la Médula ósea se divide en: a) *Médula ósea roja*, y b) *Médula ósea amarilla*. Va de acuerdo al predominio o falta de adipocitos.

La médula ósea roja, es más abundante en los individuos jóvenes y es el único tipo presente en el embrión. La proporción de los dos tipos de médula puede cambiar en el hueso con fluctuaciones en las condiciones metabólicas y de temperatura. Temporalmente en ciertos procesos patológicos en que hay abundante destrucción de glóbulos rojos (anemias, etc.) la médula amarilla puede adquirir de nuevo los caracteres de la roja. En las personas de edad avanzada, la médula ósea se transforma en fibrosa y amarilla por proliferación del estroma conjuntivo.

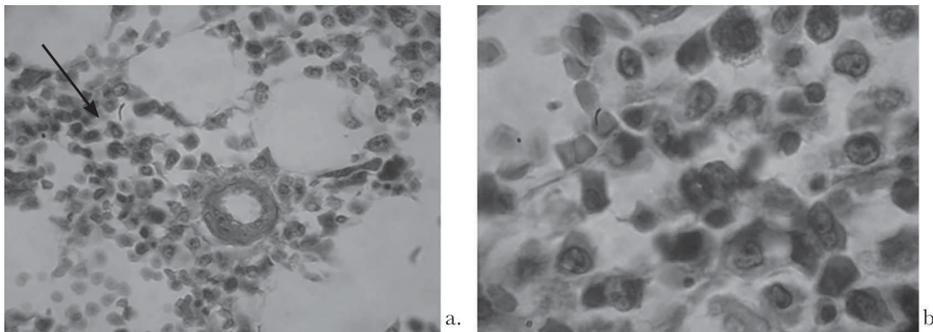


Fig. 55. Corte de medula ósea teñida con H-E, en fotografía a. Se aprecia un puntillito basófilico que corresponde al tejido hemopoyético (flecha) que forma la medula ósea roja y entre el tejido agrupaciones de células adiposas, X400. En b. se observan las células precursoras de la serie mieloide. X1000.

La Médula ósea roja, está formada por tejido especializado que forma el *parénquima* del órgano y que se encuentra ampliamente distribuido por todo el cuerpo ya que llena las cavidades de los huesos esponjosos cortos y largos (epífisis) y en el embrión se le encuentra llenando también la diáfisis de los huesos largos formada con células libres que intervienen en la función eritropoyética, linfopoyética y plaquetopoyética o sea células de las progenies eritrocíticas, mieloides, linfoides y megacariocitoides.

En el adulto se encuentra en el *diploe de los huesos del cráneo*, en las *costillas* y en el *esternón*, en los *cuerpos vertebrales*, en algunos *huesos cortos* y en los *extremos de los huesos largos* (Fig. 55).

Es un tejido blando y altamente fluido pudiendo ser demostrado por aspiración a través de una punción esternal. Es más sólido que la sangre. Además contiene un *estroma*, tiene fibras en él y consiste de un delicado retículo de células y fibras reticulares o colágeno tipo III, que constituyen el esqueleto del órgano, en cuyas mallas yacen varias clases de las células; entre las que tenemos células adiposas, además de las células de las progenies de los elementos figurados de la sangre (tejido hematopoyético).

El tejido mieloides se desarrolla a partir de células mesenquimatosas, que invaden la cavidad de los huesos. La irrigación de la médula ósea se da por las arteriolas del hueso que terminan en las sinusoides de la médula los cuales son amplios y tortuosos que unen al sistema arterial con el venoso que sale de la medula a través del hueso. Las paredes de los sinusoides no solo están revestidos por células fagocitarias sino que también tienen células endoteliales (no fagocíticas).

En cuanto al *origen de las células de la sangre* se ha demostrado la existencia de una célula pluripotencial, capaz de dividirse por mitosis y diferenciarse en cualquier célula comisionada para formar células de la sangre, pero con una potencialidad más limitada a una línea de diferenciación para uno de los elementos de la sangre.

La célula madre hemopoyética pluripotencial podrá dar origen a las siguientes líneas (ver cuadro 6 adjunto).

III. Series hemopoyéticas

Mieloides (Fig. 55b)

Esta serie da 5 líneas celulares en la que la CMHP da origen a las Unidades formadoras de colonia (UFC) de las series eritroide (unipotencial), granulocito-monocitoide (bipotencial), de eosinófilos y de basófilos.

Origen de los eritrocitos (eritropoyesis)

La primera manifestación de transformación de maduración de los glóbulos rojos es una modificación importante del diámetro, núcleo y en las afinidades tintoreales de sus citoplasma.

Se cree que las nucleoproteínas citoplasmáticas (RNA) que son muy abundantes en las primeras fases, las cuales desaparecen después de que se ha sintetizado la hemoglobina.

La línea de formación parte desde las células precursoras a inmaduras como proeritroblasto, eritroblasto basófilo, eritroblasto policromatófilo, hasta células que ya están madurando como eritroblasto ortocromático o normoblasto, reticulocito y por último la célula madura que es el *eritrocito o hematíe*.

Entre los elementos precursores de los hematíes tenemos: el proeritroblasto, célula redondeada, con protoplasma muy basófilo debido a su riqueza en ribosomas y núcleo esférico con red cromática muy fina y regular y uno o más nucléolos.

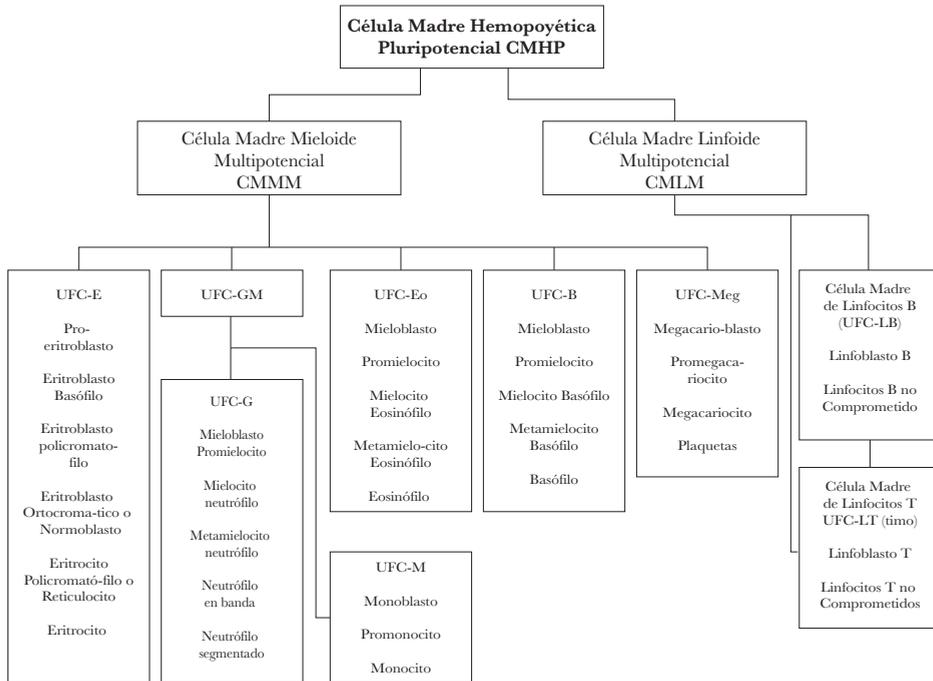
Presenta activa división mitótica

Eritroblasto basófilo. Son más pequeños que los anteriores y su núcleo tiene mayor cantidad de cromatina. Su nucléolo es menos prominente. La hemoglobina empieza a aparecer, pero enmascarada por la basófilia del citoplasma el microscopio electrónico ha demostrado la presencia de vacuolas que contienen hierro.

Eritroblasto policromatófilo. Bajo divisiones mitóticas se origina esta célula que se diferencia de la anterior por lo siguiente: disminución en la basófilia del citoplasma y un aumento en la cantidad de hemoglobina, la cual es acidófila por lo que el citoplasma presenta parches de basófilia y de acidofilia; es más pequeño que el eritroblasto basófilo; su núcleo es pequeño y presenta una densa red cromática dispuesta radialmente, ya no se observa nucléolo.

Normoblastos. También llamados eritroblastos ortocromáticos (ya no se dividen). Son pequeños, pero más grandes que los eritrocitos, su núcleo es muy pequeño y más denso en cromatina, de aspecto picnótico; presenta una acidofilia característica (saturado totalmente de hemoglobina) El núcleo posteriormente será expulsado y algunas veces cuando la expulsión nuclear no es completa, quedan pequeñas partículas nucleares que reciben el nombre de "*partículas de Howell-Jolly*".

Cuadro 7



Reticulocitos. Los eritrocitos jóvenes o reticulocitos contienen un delicado retículo, que puede ser demostrado por medio de coloraciones supravitales (azul de cresil brillante) que ponen de manifiesto una red azulada (por la precipitación de las ribonucleoproteínas, de ahí el origen del nombre reticulocito).

Constituyen el 1.5% de los eritrocitos, el microscopio electrónico ha detectado algunos ribosomas que están finalizando la síntesis proteica (la cual cesara pronto por la ausencia de núcleo).

Eritrocito, hematie o glóbulo rojo. Son los elementos de la fase final eritropoyética, el total del tiempo que pasa en la formación de un glóbulo rojo hasta que entra a la sangre es de 5 o 6 días.

Granulopoyesis y monopoyesis

Ambas series tiene un origen común a partir de la UFC- GM, la cual al dividirse da origen a dos precursoras diferentes: a) El mieloblasto y b) el monoblasto.

Mielopoyesis. Parte desde el desarrollo del mieloblasto, que constituye el 0.3 al 5.0 % de las células de la médula y se han originado por división mitótica de las células libres primitivas (G-UFC); son células pequeñas con un núcleo oval y grande, con varios nucléolos, citoplasma bastante basófilo (por abundancia

de ribosomas), conforme madura pasa a la siguiente etapa apareciendo finas granulaciones azurófilas, transformándose a *Promielocito*.

El *promielocito* es una célula más diferenciada, grande de más de 20 µm, núcleo redondo u ovoide y ocasionalmente indentado de cromatina granulosa y nucléolo aun prominente, su citoplasma basófilo y con sus granulaciones azurófilas que presenta ya bien definidas (corresponden a lisosomas); las granulaciones azurófilas contienen peroxidasa, fosfatasa ácida, etc. En la médula normal constituyen cerca del 4% de las células.

Mielocito. Por proliferación y diferenciación de los promielocitos se originan los mielocitos propiamente dichos, los cuales constituyen el 12% de las células de la médula ósea normal. Los mielocitos muestran un aumento en el número de granulaciones específicas y una disminución en la basófilia de su citoplasma debido a una disminución de ribosomas libres, así como un aumento en la densidad de su cromatina nuclear.

Aparecen las granulaciones específicas y difieren de las granulaciones azurófilas, estas granulaciones harán distinguible a las diferentes variedades de gránulos como: *neutrófilos*, *eosinófilos* y *basófilos*. Sabemos que las etapas de proliferación y diferenciación de estos tres tipos de células son muy parecidas, excepto en que los eosinófilos y los basófilos derivan directamente de la *célula madre mieloide multipotencial*.

Metamielocitos. Son células más pequeñas que las anteriores; su núcleo con cromatina más condensada, presentan un 20% de gránulos azurófilos y un 80% de gránulos específicos. Cada metamielocito empieza a adquirir su aspecto típico, sea neutrófilo, *eosinófilo* o *basófilo*.

El núcleo del *metamielocito neutrófilo* llega a aumentar irregularmente y asume una forma conocida para transformarse en *neutrófilo en banda* y puede llegar a presentar construcciones en dos o cinco lóbulos; el citoplasma muestra un aumento en glucógeno y disminución en ribosomas libres para llegar a ser *neutrófilo segmentado*.

El *metamielocito eosinófilo*, forma un núcleo bilobulado, con cromatina menos densa y menos compacta que en el neutrófilo.

El *metamielocito basófilo* difiere en la forma del núcleo y en la forma de sus granulaciones específicas, estas últimas son solubles en agua como las células cebadas.

El núcleo de los metamielocitos ya no se divide. Al madurar pasan al torrente circulatorio.

Se diferencian directamente a leucocitos maduros dentro de la médula ósea, cuando entran a la sangre circulante antes de alcanzar su completa maduración, son conocidos como *leucocitos “juveniles”*, siendo abundantes en ciertos estados patológicos.

Monopoyesis. Los monocitos se originan a lo largo de un linaje celular que empieza UFC- GM, la cual originaria primero al *promonocito* el que mide de 7 a 15 μm de diámetro, tiene un núcleo redondo u oval de cromatina dispersada y dos o más nucleolos; el citoplasma tiene ribosomas libres y poliribosomas. Esta célula por maduración origina al *monocito*, el cual deja la medula cerca de tres días después de haber comenzado la maduración y continua su maduración por la formación adicional de gránulos azurófilos mientras ellos están en sangre (los gránulos son peroxidasa positiva).

Origen de los Megacariocitos (megacariopoyesis). Son células que derivan de la UFC- Meg., esta célula da origen a los *megacarioblastos* que son células gigantes que miden de 15 a 25 μm , su núcleo es grande, lobulado e irregular y su citoplasma basófilo da origen a los *promegacariocitos* que miden 45 μm . De estas células se origina por división mitótica sucesivas sin división del citoplasma, una célula poliploide que es el *megacariocito* granuloso, que es de mayor tamaño pues mide de 50 a 70 μm con un número poliploide de cromosomas pues oscila de 16 a 32 núcleos, más rico en granulaciones azurófilas y con citoplasma provisto de prolongaciones de forma y tamaño variable, que por fragmentación originan las *plaquetas*.

Linfoide

Origen de los linfocitos. Se diferencian de la *célula madre linfoide multipotencial*, y de esa célula derivan la *célula madre de los linfocitos B* y la *célula madre de los linfocitos T*. Se forma primero el *linfoblasto* que es una célula relativamente más grande, con un núcleo grande y un nucléolo prominente y un citoplasma muy basófilo; conforme se diferencia la cromatina se hace más densa y compacta y el nucleolo se hace menos aparente y unos pocos gránulos azurófilos aparecen en algunas células para dar origen a los linfocitos B o T primarios o no comprometidos. La línea T se desarrolla en el timo al migrar la UFC- LT al timo. La línea B de desarrolla en la médula ósea.

Aumento _____ Técnica de coloración _____

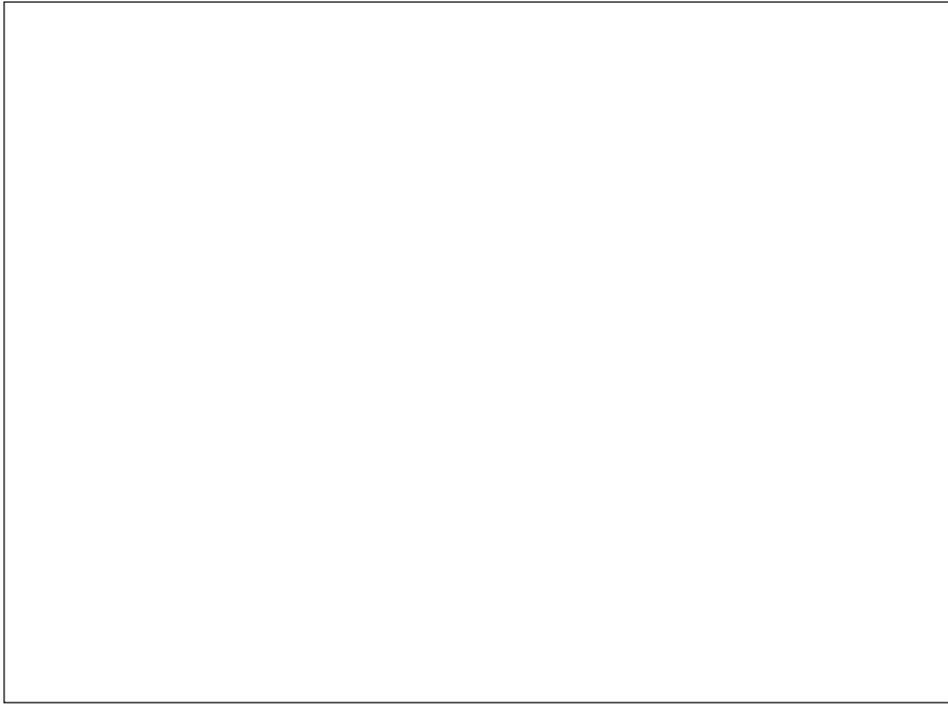


Trazo del corte: _____

Descripción: _____

Dx: _____

Aumento _____ Técnica de coloración _____



Trazo del corte: _____

Descripción: _____

Dx: _____

