

TEJIDOS. MEMBRANAS. PIEL. DERIVADOS DE LA PIEL

- **PIEL**

Características

Capas: epidermis y dermis

Color

Funciones

Termorregulación

Derivados de la piel: pelo, uñas y glándulas subcutáneas

Membranas: serosas, mucosas y sinoviales

• PIEL

CARACTERÍSTICAS

La piel o membrana cutánea, forma parte del **sistema tegumentario**, constituido por la piel y sus derivados: el pelo, las uñas y las glándulas subcutáneas.

La piel es un órgano porque está formada por diferentes tejidos, unidos para realizar actividades específicas. Es uno de los órganos más grandes del organismo en área de superficie y en peso. En los adultos, la piel cubre un área de unos 2 m², pesa unos 4.5-5 Kg y su grosor varía de 0.5-4 mm dependiendo de su localización. La piel no solo cubre la superficie del cuerpo sino que realiza, además, varias funciones esenciales y está constituida por dos capas principales:

- Una externa, formada por epitelio de superficie, la **epidermis**
- Una interna, formada por tejido conjuntivo, la **dermis o corion**.

Por debajo de la dermis hay otra capa: la **hipodermis o capa subcutánea**, que consiste en tejido conjuntivo laxo y tejido adiposo. La piel queda anclada al tejido subcutáneo por fibras procedentes de la dermis. A su vez, la hipodermis se une a los tejidos y órganos subyacentes. Los límites entre la parte epitelial y la parte conjuntiva se ven claramente, en cambio los elementos fibrosos de la dermis se entremezclan con los de la hipodermis y no hay una separación clara.

La piel se continúa con varias membranas mucosas en las llamadas **uniones mucocutáneas**, que se encuentran en los labios, párpados, vulva, prepucio y ano. Son zonas de transición entre las membranas mucosas y la piel y están humedecidas por glándulas mucosas situadas dentro de los orificios corporales. Tienen un característico color rojo debido a la sangre de los capilares subyacentes, ya que en estas zonas la epidermis es más delgada.

CAPAS

En la piel distinguimos dos capas:

- Una externa, formada por epitelio de superficie, la **epidermis**
- Una interna, formada por tejido conjuntivo, la **dermis o corion**.

Epidermis

La epidermis está formada por **epitelio estratificado plano** o **escamoso** y contiene 4 tipos de células principales:

1. **Queratinocitos**, que constituyen alrededor del 90% de las células epidérmicas y son capaces de producir una proteína fibrosa llamada **queratina** que tiene efecto protector sobre la piel. Los queratinocitos están soldados unos con otros por unas uniones intercelulares fuertes llamadas desmosomas.
2. **Melanocitos**, comprenden el 8% de las células epidérmicas y producen la **melanina** que es un pigmento marrón-negro que contribuye al color de la piel y absorbe la luz ultravioleta. Los melanocitos tienen unas prolongaciones largas y delgadas con las que transfieren gránulos de melanina a los queratinocitos. Los queratinocitos quedan así cargados de melanina que forma un velo protector alrededor del núcleo, evitando de este modo que el material genético de la célula sea dañado por la luz ultravioleta.

3. **Células de Langerhans**, derivan de la médula ósea y emigran a la epidermis en donde intervienen en las respuestas inmunes de la piel ya que son macrófagos. Son dañadas fácilmente por la luz ultravioleta.
4. **Células de Merkel**, se encuentran en la capa más profunda, o estrato basal, de la epidermis de la piel sin pelo, donde están ligadas a los queratinocitos por desmosomas. Estas células hacen contacto con la terminal de una neurona sensitiva e intervienen en la sensación de tacto.

Las **células de la epidermis forman 4-5 capas**. En la mayor parte del cuerpo, la epidermis tiene un grosor de 0.1 mm y 4 capas, es la llamada **piel delgada**. Cuando está más expuesta a la fricción, como en las palmas de las manos o las plantas de los pies, es más **gruesa**, 0.5-1 mm, y tiene 5 capas. Los nombres de las 5 capas, desde la profundidad a la superficie, son:

- **Estrato basal o germinativo**, es una capa simple de células cuboidales o columnares, entre las que se encuentran células madre o progenitoras, capaces de una división celular continuada, y melanocitos. Las células progenitoras se dividen y forman queratinocitos que van subiendo hacia la superficie externa y se van incorporando a las capas más superficiales. A medida que los queratinocitos ascienden y se alejan de los vasos de la dermis que los nutre, sus núcleos degeneran, con lo que mueren y pueden ser expulsadas al exterior. Otras células madre del estrato basal emigran a la dermis y dan lugar a las glándulas sudoríparas y sebáceas y a los folículos de los pelos. En este estrato basal también hay células de Merkel.
- **Estrato espinoso**, contiene de 8-10 capas de células poliédricas unidas entre sí por desmosomas. Las proyecciones largas de los melanocitos se extienden entre los queratinocitos, a los que transfieren la melanina.
- **Estrato granuloso**, consiste en 3-5 capas de células aplanadas que fabrican una sustancia precursora de la queratina. Los núcleos de las células de este estrato ya se encuentran en varias fases de degeneración. A medida que los núcleos degeneran, las células ya no pueden llevar a cabo sus funciones metabólicas vitales y se mueren.
- **Estrato lúcido**, está formado por 3-5 capas de células planas muertas que contienen o una sustancia precursora de la queratina o la propia queratina. Este estrato solamente se encuentra en la epidermis de las palmas de las manos y las plantas de los pies.
- **Estrato córneo o queratinizado**, consiste en 25-30 capas de células planas muertas, completamente rellenas de queratina (proteína filamentosa) que se descaman continuamente al exterior, y son reemplazadas por células de los estratos profundos. Este estrato sirve como una barrera efectiva contra la luz, las bacterias y muchos compuestos químicos y, además, la queratina hace a la epidermis impermeable al agua. En el proceso de **queratinización**, las células queratinizadas superficiales de la piel se descaman continuamente al exterior y son reemplazadas por células que proceden de la actividad mitótica de células de la capa basal de la epidermis que son desplazadas a niveles sucesivamente más elevados y van elaborando queratina que se va acumulando hasta que reemplaza a todo el citoplasma con lo que el núcleo desaparece y la célula se muere. El proceso total que siguen las células de la epidermis, desde su origen en la capa basal hasta que se descaman al exterior, es de unas 2-4 semanas.

La **epidermis no tiene vasos sanguíneos** porque es un epitelio, de modo que se nutre por difusión a partir de los capilares existentes en el tejido conjuntivo de la dermis subyacente.

Dermis

La dermis está constituida por **tejido conjuntivo**, conteniendo fibras de colágeno de tipo I y fibras elásticas. Las células de la dermis incluyen fibroblastos, macrófagos, mastocitos y adipocitos y en ella se encuentran vasos sanguíneos, nervios, glándulas subcutáneas y folículos pilosos. Su grosor no se puede medir exactamente porque no se diferencia claramente de la capa subcutánea pero es delgada en los párpados (0.6 mm o menos) y tiene unos 3 mm en las zonas de más fricción que son las palmas de las manos y las plantas de los pies, en donde está la piel gruesa. Suele ser más delgada en la parte anterior del cuerpo que en la posterior y más delgada en las mujeres que en los hombres.

Tiene **dos capas** que no están claramente separadas entre sí:

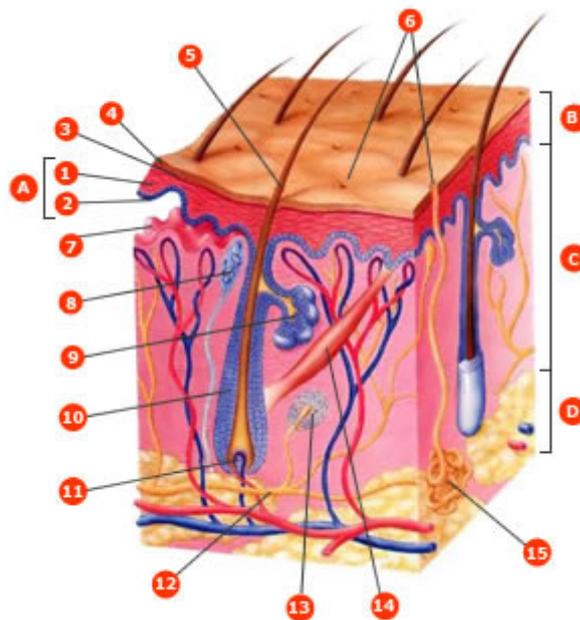
- **Capa papilar**, es la más externa y está en contacto con la epidermis. Consiste en **tejido conjuntivo laxo** conteniendo fibras elásticas y muestra unas **papilas**, o elevaciones en forma de dedos, que se proyectan en el interior de la epidermis. Tiene unos receptores de tacto llamados corpúsculos de Meissner y terminaciones nerviosas libres, que detectan el dolor (y su variante menor, el picor) y la temperatura. Las papilas dérmicas causan crestas y surcos en la epidermis, con un patrón genéticamente determinado y único para cada individuo, que pueden verse como líneas rectas o formando asas y espirales, como sucede en las puntas de los dedos, dando lugar a las **huellas dactilares**. El sudor ayuda a formar las huellas dactilares, ya que los conductos de las glándulas sudoríparas se abren como poros en los vértices de las crestas. La función de estas crestas es incrementar la capacidad de sujeción de las manos o pies al aumentar la fricción y actuar como diminutas copas de succión.
- **Capa reticular**, es la capa más profunda y más ancha de la dermis y su grosor variable contribuye a diferencias en el grosor de la piel. Consiste en **tejido conjuntivo denso irregular** conteniendo fibras de colágeno de tipo I en haces entrelazados y fibras elásticas. Los espacios entre las fibras están ocupados por adipocitos, folículos pilosos, nervios, glándulas sebáceas y glándulas sudoríparas. La combinación de fibras de colágeno y fibras elásticas en la capa reticular de la dermis le proporciona a la piel fuerza, extensibilidad y elasticidad. La extensibilidad es la capacidad de estirarse y la elasticidad la capacidad de recuperar la forma inicial una vez cesado el estiramiento. La capacidad de la piel para estirarse puede verse en el embarazo, la obesidad y el edema. Los desgarros pequeños que ocurren en las fibras de la dermis durante un estiramiento extremado son inicialmente rojos y después permanecen visibles como **estrías** blanquecinas.

En ciertas regiones del cuerpo, las fibras de colágeno tienden a orientarse más en una dirección que en otra formando las **líneas de incisión o tensión** en la piel que indican la dirección predominante de las fibras de colágeno subyacentes. Estas líneas son especialmente evidentes en las superficies palmares de los dedos en donde se colocan paralelas al eje longitudinal de los dedos y son de interés particular para el cirujano, puesto que una incisión paralela a las fibras de colágeno curará con una fina cicatriz mientras que una incisión que cruce las fibras, desorganiza el colágeno con lo que las heridas quedan muy abiertas y curan con una cicatriz gruesa y ancha.

La capa reticular permanece unida a los órganos subyacentes, como huesos o músculos, por la **capa subcutánea o hipodermis**, formada por tejido conjuntivo laxo en donde hay cantidades variables de células adiposas, dependiendo de la zona del cuerpo y de la nutrición del organismo. Así, el tejido adiposo de la capa subcutánea del abdomen puede alcanzar un grosor de 3 cm. o más mientras que en los párpados la capa subcutánea no contiene células adiposas. Al igual que la dermis, esta capa también es atravesada por vasos sanguíneos y nervios y en ella se encuentran terminaciones nerviosas que forman los corpúsculos de Paccini que son sensibles a la presión y la vibración.

Las terminaciones nerviosas libres sensibles al frío se encuentran en y justo por debajo de la dermis mientras que las sensibles al calor están en la parte media o externa de la dermis.

- A estrato germinativo**
- 1 estrato espinoso
- 2 estrato basal
- B epidermis**
- C dermis**
- D capa subcutánea (hipodermis)**
- 3 estrato granuloso
- 4 estrato córneo
- 5 tallo del pelo
- 6 aberturas de los conductos sudoríparos
- 7 papila dérmica
- 8 corpúsculo de Meissner
- 9 glándula sebácea (grasa)
- 10 folículo piloso
- 11 papila del pelo
- 12 nervio cutáneo
- 13 corpúsculo de Pacini
- 14 músculo erector del pelo
- 15 glándula sudorípara



Fuente: Thibodeau GA, Patton KT. Anatomía y Fisiología. 2ª ed. Madrid: Mosby/Doyma Libros; 1995. p. 132

COLOR DE LA PIEL

Es el resultado de tres pigmentos: melanina, carotenos y hemoglobina. Los melanocitos se encuentran en la epidermis, los carotenos en los adipocitos de la dermis y de la capa subcutánea y la hemoglobina en los glóbulos rojos.

La cantidad de melanina varía el color de la piel desde el amarillo pálido al negro. Los melanocitos son más abundantes en zonas específicas de la piel como en la epidermis de la cara, del pene y de la aréola mamaria pero el número general de melanocitos es

aproximadamente el mismo en todos los grupos étnicos humanos de modo que las diferencias de color entre ellos se atribuyen a diferencias en la cantidad de pigmento que los melanocitos producen y transfieren a los queratinocitos. Los melanocitos sintetizan melanina a partir del aminoácido tirosina en presencia de un enzima, la tirosinasa. Como la exposición a la luz ultravioleta incrementa la actividad enzimática, se produce un incremento en la producción de melanina, oscureciéndose el color de la epidermis. En algunas personas, las células rellenas de melanina tienden a formar grupos dando lugar a las pecas. La falta de melanina en la epidermis puede deberse o a la ausencia de melanocitos (como en el vitíligo, en que hay una falta total o parcial de melanocitos en algunas zonas de la piel) o a la incapacidad de los melanocitos para sintetizar tirosinasa, como sucede en el albinismo.

Los carotenos son pigmentos amarillo-naranja, precursores de la vitamina A que se pueden depositar en los adipocitos después de ingerir grandes cantidades de alimentos ricos en ellos como las zanahorias o la yema de huevo, dando a la piel un color anaranjado, más evidente en las personas de piel blanca.

Las personas de piel blanca tienen poca melanina en su epidermis de modo que su piel es translúcida y su color varía de rosado a rojo según la cantidad y la oxigenación de la sangre que circula por los capilares de la dermis. El color rojo se debe a la hemoglobina que es el pigmento encargado de transportar oxígeno que se encuentra en el interior de los eritrocitos o hematíes.

FUNCIONES

- Protege al organismo de lesiones, infecciones, deshidratación y rayos ultravioleta.
- Detecta estímulos del medio ambiente, relacionados con la temperatura, el tacto, la presión y el dolor.
- Excreta diversas sustancias.
- El tejido adiposo subcutáneo tiene un papel importante en el metabolismo de los lípidos.
- Interviene en la inmunidad del organismo.
- Es reservorio de sangre debido a que la dermis tiene extensas redes de capilares que transportan del 8-10% del flujo sanguíneo total en un individuo en reposo.
- Interviene en la síntesis de la vitamina D.
- Es fundamental en la termorregulación o regulación de la temperatura corporal.

TERMORREGULACIÓN

La piel juega un importante papel en la **termorregulación**, que es el equilibrio u homeostasis de la temperatura corporal. Los seres humanos son capaces de mantener su temperatura corporal en 37°C, incluso aunque la temperatura ambiental sea muy variable. La mayor parte del calor corporal es producido por la oxidación de los alimentos y debe ser eliminado continuamente para evitar que la temperatura corporal se eleve.

La **temperatura interna** es la que se encuentra en las estructuras corporales situadas por debajo del tejido subcutáneo y la **temperatura superficial** es la temperatura en la superficie, esto es, la piel y el tejido subcutáneo. La temperatura interna se puede detectar en el interior de orificios corporales como el recto o la boca, y es un poco más elevada que la superficial. Si los mecanismos productores de calor generan más calor que el que es eliminado, la temperatura interna sube. Si los mecanismos perdedores de calor eliminan más calor del que es generado, la temperatura interna baja. Una temperatura interna

demasiado elevada, desnaturaliza las proteínas y causa la muerte. Una temperatura interna demasiado baja, causa arritmias cardíacas que pueden provocar la muerte. De ahí que sea vital mantener la temperatura corporal dentro de unos límites estrictos.

La temperatura corporal es regulada por mecanismos que intentan equilibrar la producción y la pérdida de calor. En el **hipotálamo** se encuentra un **centro de control** que funciona como un termostato. Recibe impulsos de los receptores de temperatura de la piel y de las membranas mucosas (**termorreceptores periféricos**) y de los receptores de temperatura de las estructuras internas del organismo (**termorreceptores centrales**). Si la temperatura sube, las neuronas de este centro de control mandan impulsos con más frecuencia. Si la temperatura baja envían impulsos con menos frecuencia. Los impulsos de las neuronas del centro de control llegan a neuronas de otras dos zonas del hipotálamo, el **centro perdedor de calor** (que pone en marcha una serie de respuestas para bajar la temperatura corporal) y el **centro promotor de calor** (que pone en marcha una serie de respuestas para subir la temperatura corporal).

Mecanismos de producción de calor

Si la temperatura ambiente es baja o algún factor causa una disminución de la temperatura corporal, se estimulan los termorreceptores que envían estímulos nerviosos al centro de control hipotalámico. Como consecuencia, se activa el centro promotor de calor que descarga impulsos nerviosos para poner en marcha varias respuestas dirigidas a elevar la temperatura corporal y llevarla a niveles normales.

- **Vasoconstricción.** Los impulsos procedentes del centro promotor de calor estimulan nervios simpáticos que provocan constricción de los vasos de la dermis de modo que disminuye el flujo de sangre caliente desde los órganos internos a la piel y, por tanto, se conserva el calor en el organismo.
- **Estímulo simpático del metabolismo corporal.** El centro promotor de calor estimula nervios simpáticos que actúan sobre la médula adrenal, lo que origina que ésta secrete norepinefrina (noradrenalina) y epinefrina (adrenalina) a la sangre. Estas hormonas producen un incremento del metabolismo celular, una reacción que produce calor.
- **Músculos esqueléticos.** La estimulación del centro promotor de calor causa estimulación de zonas del cerebro que incrementan la contracción muscular y, con ello, la producción de calor. Constituyen los **escalofríos**. Durante la fase máxima de escalofríos, la producción de calor por el organismo puede subir a 4 veces lo normal en pocos minutos.
- **Estímulo tiroideo del metabolismo corporal.** Una temperatura ambiente fría incrementa la liberación por la glándula tiroidea, de hormonas tiroideas a la sangre. Las hormonas tiroideas incrementan el metabolismo celular, contribuyendo a aumentar la temperatura corporal.

Mecanismos de pérdida de calor

Si la temperatura corporal sube por encima de lo normal, se estimulan los termorreceptores que envían estímulos nerviosos al centro de control hipotalámico. Éste, a su vez, activa el centro perdedor de calor que, entonces, inhibe al centro promotor de calor con lo que se producen los fenómenos opuestos a la producción de calor.

Los vasos sanguíneos de la dermis se dilatan con lo que la piel se calienta y el exceso de calor se pierde al medio ambiente a medida que un mayor volumen de sangre fluye desde el interior del cuerpo a la piel.

Al mismo tiempo, el metabolismo celular disminuye y los músculos permanecen relajados. Las glándulas sudoríparas producen sudoración y, a medida que el agua del sudor se evapora de la superficie de la piel, la piel se enfría. Todas estas respuestas disminuyen la temperatura corporal y la llevan a niveles normales.

DERIVADOS DE LA PIEL. PELO

Los pelos son **filamentos queratinizados delgados** consistentes en columnas de células muertas, queratinizadas, que se acumulan en numerosas capas concéntricas. Varían en longitud de pocos mm. a alrededor de 1 m. y en grosor de 0.005 mm. a 0.5 mm. Se distribuyen en número, longitud y grosor variables por toda la superficie de la piel con excepción de las palmas de las manos y las plantas de los pies. Su función principal es la protección.

El pelo deriva del epitelio del **folículo piloso**, que es una estructura en forma de tubo situado en la dermis y que se abre a la epidermis. El **tallo** es la parte visible del pelo mientras que la **raíz** es la parte del pelo oculta en el folículo. En la capa más interna del folículo se encuentra la **matriz germinal**, en donde hay numerosas células progenitoras en proliferación activa que a medida que se dirigen hacia arriba en el folículo, se van llenando de queratina y van muriendo para formar las columnas de células muertas que constituyen el pelo. En la base de la matriz está la **papila** que es una estructura dérmica que contiene los capilares que nutren a la matriz. La pigmentación del pelo se debe a la melanina. Hay glándulas sebáceas y músculos lisos (los **músculos erectores del pelo**) asociados con los folículos pilosos. Cuando estos músculos se contraen en respuesta al frío, al miedo... mueven al pelo y lo colocan en una posición más vertical al mismo tiempo que deprimen la piel en su zona de inserción (la llamada piel de gallina).

Normalmente la pérdida de pelo de la cabeza en un adulto es de unos 70-100 pelos por día. El pelo no está creciendo de modo continuado sino que los folículos pilosos presentan fases de proliferación celular que alternan con periodos de descanso. El pelo del cuero cabelludo crece durante 2 a 6 años y reposa unos 3 meses. En un momento determinado, alrededor del 85% del cabello se encuentra en periodo de crecimiento. Tanto la velocidad de crecimiento como los ciclos de reemplazamiento del pelo pueden ser alterados por enfermedad, fiebre alta, pérdida de sangre excesiva, estrés emocional, dietas que llevan a una pérdida rápida de peso por la restricción importante de calorías o proteínas etc.

DERIVADOS DE LA PIEL. UÑAS

Las uñas son **placas córneas** formadas por células epidérmicas queratinizadas muertas, densamente agrupadas, que forman una cubierta sólida y semitransparente sobre las superficies dorsales de las falanges terminales de los dedos de las manos y de los pies.

La raíz de la uña es la parte que está oculta en el pliegue de la piel y es donde se encuentra la matriz de la uña en donde las células progenitoras se dividen por mitosis y se van desplazando hacia el exterior, llenando de queratina y muriendo para formar el cuerpo de la uña que es la parte visible.

La superficie de la piel recubierta por las uñas es el **lecho ungueal** en donde la dermis se fusiona con el periostio de la falange. Como el cuerpo de la uña es semitransparente permite observar el color de la dermis que es rosado debido al flujo sanguíneo que atraviesa sus capilares, de ahí que el color del cuerpo de la uña sea rosa. El extremo libre es blanco porque no hay capilares subyacentes. La parte blanca en forma de media luna en

el extremo superior del cuerpo de la uña se llama lúnula y es de color blanco porque los vasos situados por debajo no se pueden ver debido al grosor de la capa epitelial en este sitio.

La velocidad de crecimiento de las uñas depende de la edad, el estado de salud y la dieta.

DERIVADOS DE LA PIEL. GLÁNDULAS SUBCUTÁNEAS

Son invaginaciones o repliegues de la epidermis en el interior de la dermis. Hay varias clases de glándulas asociadas con la piel:

- glándulas sebáceas
- glándulas sudoríparas
- glándulas ceruminosas
- glándulas mamarias

1. Glándulas sebáceas

Están dispersas sobre la superficie de la piel, excepto en las palmas de las manos y en las plantas de los pies. Se encuentran en la dermis y sus conductos excretores se abren a los folículos pilosos casi siempre, aunque hay glándulas sebáceas que se abren a la superficie de la piel, como sucede en los párpados (glándulas de Meibomio). La secreción sebácea consiste en una mezcla de lípidos denominada sebo, y evita que el pelo se reseque y se vuelva quebradizo, impide la excesiva evaporación de agua, mantiene la piel suave y flexible e inhibe el crecimiento de ciertas bacterias.

2. Glándulas sudoríparas

Hay dos tipos: las glándulas sudoríparas merocrinas (llamadas también ecrinas) y las glándulas sudoríparas apocrinas.

- Las **glándulas sudoríparas merocrinas o ecrinas** son mucho más numerosas que las apocrinas. Están situadas en la dermis de toda la piel y tienen forma de tubo con salida al exterior por un orificio situado en la epidermis, llamado poro. No tienen contacto con los folículos pilosos, funcionan toda la vida, producen una secreción acuosa e inolora, y están inervadas por nervios colinérgicos (procedentes de neuronas postganglionares simpáticas). Son más numerosas en las palmas de las manos y en las plantas de los pies en donde se pueden ver fácilmente los poros. Puede haber hasta 500 glándulas por cm².
- Las **glándulas sudoríparas apocrinas** se encuentran principalmente en la piel de las axilas y región púbica. La parte secretora está en la dermis o en el tejido subcutáneo y el conducto excretor se abre a los folículos pilosos. Empiezan a funcionar en la pubertad y producen una secreción más viscosa y olorosa que las ecrinas. Están inervadas por nervios adrenérgicos (sistema nervioso simpático).

El sudor es el líquido producido por las glándulas sudoríparas, sobre todo por las ecrinas porque son más numerosas. Consiste en una mezcla de agua, sales (sobre todo cloruro sódico), urea, ácido úrico, aminoácidos, amoniaco, azúcar, ácido láctico y ácido ascórbico. Su función principal es ayudar a regular la temperatura corporal.

3. Glándulas ceruminosas

Son glándulas sudoríparas modificadas situadas en el oído, en el meato auditivo externo. La cera es la secreción combinada de las glándulas ceruminosas y de las glándulas sebáceas. La cera, junto con los pelos del meato auditivo externo, proporciona una barrera para impedir la entrada de cuerpos extraños en el oído externo.

4. Glándulas mamarias

En las mujeres se desarrolla una mama en cada lado, por encima del músculo pectoral mayor, en la cara anterior del tórax. Cada mama está compuesta por 12- 20 lóbulos diferenciados y cada lóbulo tiene su propio sistema de conductos muy ramificados, con salida independiente al exterior por el pezón. El sistema de conductos en cada lóbulo, está rodeado por tejido adiposo conteniendo tabiques de tejido conjuntivo denso que se adhieren a la piel por su parte externa y a la fascia (lámina de tejido conjuntivo denso) que recubre el músculo pectoral mayor, por su parte profunda. El crecimiento y la actividad de las mamas femeninas son completamente dependientes de las hormonas.

MEMBRANAS

Hay **membranas epiteliales** que consisten en la combinación de una capa epitelial y una capa subyacente de tejido conjuntivo. Son las membranas mucosas, las membranas serosas y la membrana cutánea o piel.

Hay **membranas conjuntivas** que solo tienen tejido conjuntivo. Son las membranas sinoviales.

1. Membrana mucosa o mucosa

Es una membrana que **tapiza una cavidad corporal que se abre directamente al exterior** y, por tanto, **recubre interiormente los sistemas digestivo, respiratorio y reproductor**. La capa epitelial de una mucosa es un importante aspecto de los mecanismos de defensa del organismo ya que las células están unidas entre sí por **uniones herméticas** constituyendo una barrera que difícilmente pueden atravesar bacterias y otros agentes patógenos. Ciertas células de la capa epitelial de una mucosa secretan moco que impide que las cavidades se sequen, atrapa partículas en las vías respiratorias y lubrica los alimentos a medida que se mueven por el tubo digestivo. El epitelio de la mucosa digestiva secreta diversos enzimas necesarios para la digestión y es el lugar en donde se realiza la absorción de los nutrientes. El **tipo de epitelio de una mucosa varía** en las diferentes partes del cuerpo. Así el del intestino delgado es columnar simple con microvellosidades y el de las vías respiratorias superiores es pseudoestratificado columnar ciliado. La capa de tejido conjuntivo laxo de una mucosa se llama **lámina propia**.

2. Membrana serosa o serosa

Es una membrana que **tapiza una cavidad corporal que no está abierta al exterior** y recubre los órganos que se encuentran en el interior de dicha cavidad. Una serosa consiste en una fina capa de tejido conjuntivo laxo cubierta por una capa de **epitelio escamoso simple**. Como el tipo de epitelio de una serosa es siempre el mismo (al contrario de lo que sucede en las mucosas, que varía según la localización), se le da el nombre genérico de **mesotelio** al epitelio de una serosa. El mesotelio secreta un líquido lubricante, el **líquido seroso**, que permite a los órganos deslizarse fácilmente unos contra otros o contra las paredes de la cavidad. Son serosas: **las pleuras, el pericardio y el peritoneo**.

3. Membranas sinoviales

Son membranas conjuntivas porque carecen de tejido epitelial. Recubren las cavidades de las articulaciones sinoviales y están compuestas de tejido conjuntivo laxo con fibras elásticas y cantidades variables de grasa. Las membranas sinoviales secretan el **líquido sinovial** que lubrica el cartílago de los extremos articulares de los huesos durante su movimiento y lo nutre. En una articulación sinovial las superficies articulares de los huesos, que están en contacto entre sí, están recubiertas de cartílago hialino, rodeadas por una cápsula fibrosa y diversos ligamentos, y lubricadas por líquido sinovial producido por la membrana sinovial que tapiza la cara interna de la cápsula.

Aparte de las membranas sinoviales articulares, hay membranas sinoviales que tapizan las **bolsas sinoviales** que son sacos que se encuentran en los lugares de fricción de los tendones con los huesos, los ligamentos u otros tendones y también en las zonas donde la piel se desplaza sobre prominencias óseas y que tiene la función de facilitar el deslizamiento.

TEJIDOS. MEMBRANAS. PIEL. DERIVADOS DE LA PIEL

• CONCEPTO Y CLASIFICACIÓN DE LOS TEJIDOS

El cuerpo humano está formado por innumerables células. Las células pueden encontrarse aisladas, como sucede en los líquidos corporales. Pero, más bien, grandes números de células suelen trabajar juntas para la realización de una función determinada.

Las células que trabajan juntas se reúnen en asociaciones: son los **tejidos**.

Los tejidos básicos son cuatro:

- Tejido epitelial o epitelio
- Tejido conectivo o conjuntivo
- Tejido muscular
- Tejido nervioso

• TEJIDO EPITELIAL

Características

Funciones

Tipos

Localización de los epitelios simples

Localización de los epitelios estratificados

Epitelio glandular. Glándulas

TEJIDO EPITELIAL. CARACTERÍSTICAS

El tejido epitelial tiene las siguientes características generales:

1. Es un tejido compuesto de células íntimamente unidas entre sí por estructuras especializadas.
2. Las células epiteliales están colocadas en láminas continuas, ordenadas, a su vez, en capas únicas o múltiples.
3. Las células epiteliales tienen un extremo superior libre que queda expuesto al interior de una cavidad corporal o que reviste un órgano interno o que recubre el exterior del cuerpo, y una base que está unida a la membrana basal.
4. Los epitelios se adhieren firmemente al tejido conjuntivo subyacente que los mantiene en posición y evita que se desgarren. La adhesión entre el epitelio y el tejido conjuntivo es una delgada capa extracelular llamada **membrana basal** que contiene colágeno, fibras reticulares, glicoproteínas y otras sustancias, producidas por las células epiteliales y por las células del tejido conjuntivo.
5. Los epitelios no contienen vasos sanguíneos, por tanto los **epitelios son avasculares**. Los vasos sanguíneos que les aportan nutrientes y eliminan los residuos se encuentran en el tejido conjuntivo subyacente. El intercambio de materiales entre el epitelio y el tejido conectivo es por difusión.
6. Ya que los epitelios están sujetos a un cierto grado de lesiones por desgarro o por desgaste, tienen una gran capacidad de renovación (frecuencia elevada de mitosis).
7. Los epitelios son de origen embriológico diverso ya que proceden de las tres capas embrionarias.

TEJIDO EPITELIAL. FUNCIONES

Los epitelios están especializados para realizar muchas funciones diferentes.

- Los epitelios que recubren la parte externa del cuerpo se adaptan para servir de protección contra el daño mecánico y la pérdida de humedad.
- Los epitelios que revisten las superficies internas del organismo son atravesados por las sustancias que entran o salen del cuerpo de modo que tienen las funciones de transporte, filtración, absorción, secreción y excreción.
- Los epitelios glandulares son capaces de producir secreciones.

TIPOS DE EPITELIOS

Los epitelios se pueden clasificar según su función, según la forma de las células y según el número de capas celulares.

(1) Según su FUNCIÓN, pueden ser divididos en 2 subtipos: **(a) epitelio de recubrimiento y revestimiento** y **(b) epitelio glandular**.

El epitelio de recubrimiento forma la capa externa de la piel y la capa externa de algunos órganos internos y, además, reviste las cavidades corporales y los interiores de los sistemas digestivo, respiratorio, cardiovascular, urinario y reproductor así como de los vasos sanguíneos y linfáticos y de los conductos.

El epitelio glandular constituye la porción secretora de las glándulas.

(2) Según la FORMA DE LAS CÉLULAS, las células epiteliales pueden ser:

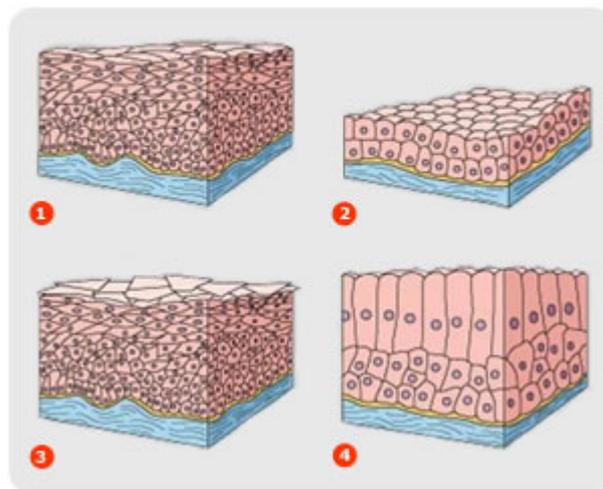
- **planas**, en cuyo caso el epitelio se llama **escamoso o plano**
- en forma de **cubo**, en cuyo caso el epitelio se llama **cuboidal**
- en forma de **columnas**, en cuyo caso el epitelio se llama **columnar o cilíndrico**.
- células de **transición** que cambian de forma con facilidad y se encuentran en zonas en las que hay un importante grado de distensión o estiramiento

(3) Según el NÚMERO DE CAPAS que forman las células, los epitelios se clasifican:

- Si tiene una sola capa de células se llama **simple**.
- Si tiene dos o más capas de células se llama **estratificado**.

Las distintas combinaciones de estos dos conceptos nos dan los tipos de epitelios, (así: epitelio escamoso estratificado o columnar simple o columnar estratificado etc.).

- 1 escamoso no queratinizado
- 2 cuboidal
- 3 queratinizado
- 4 cilíndrico



Estratificado

Fuente: Gartner LP, Hiatt JL. Histología Texto y Atlas. 1ª ed. Méjico: Mc Graw Hill Interamericana; 1997. p. 75.

LOCALIZACIÓN DE LOS EPITELIOS SIMPLES

Epitelio simple escamoso o plano: ya que es muy delicado porque solo tiene una sola capa de células planas, es ideal para la difusión o la filtración, de modo que reviste los alvéolos de los pulmones, la parte del riñón que filtra el plasma, el sistema cardiovascular (en donde se llama **endotelio**) y las cavidades serosas (en donde se llama **mesotelio**).

Epitelio simple cuboidal: tiene una sola capa de células en forma de cubo. Reviste conductos pequeños y tubos que pueden tener funciones de absorción, excreción

y secreción. Se encuentra en los túbulos renales, las glándulas salivares.

Epitelio simple columnar o cilíndrico: tiene una sola capa de células en forma de columna o cilindro. Este epitelio existe en dos formas: **no ciliado** y **ciliado**

Las células columnares pueden tener **cilios** que son proyecciones muy especializadas del citoesqueleto de la célula que se proyectan en la superficie celular, a modo de hilos. La actividad de los cilios es comparable a la de un látigo, con un movimiento rápido de batida hacia adelante seguido de otro lento de recuperación hacia atrás. Este tipo de epitelio se encuentra tapizando el sistema respiratorio, en donde los cilios impulsan el moco sobre la superficie de las células para llevarlo al exterior y también revistiendo las trompas de Falopio en donde ayudan a desplazar el óvulo hacia la cavidad uterina.

Las células columnares no ciliadas pueden tener **microvellosidades** que son proyecciones en forma de dedo, de la superficie celular, lo que aumenta mucho el área de superficie de la membrana plasmática y, por tanto, la capacidad de absorción de las células, permitiendo que una mayor cantidad de nutrientes y líquidos sean absorbidos al interior del organismo. Se encuentran en las células de los túbulos renales y del intestino delgado.

Algunas células columnares están modificadas como células productoras de moco o **células mucosas**.

LOCALIZACIÓN DE LOS EPITELIOS ESTRATIFICADOS

Epitelio estratificado escamoso o plano: tiene múltiples capas de células planas, unas encima de las otras. En las capas superficiales de este tipo de epitelio, las células son planas mientras que en las capas más profundas, las células varían de forma. Las células más inferiores se dividen continuamente y, a medida que crecen, se van dirigiendo hacia arriba y empujan las células de superficie hacia afuera. A medida que las células se alejan de la capa profunda y del aporte sanguíneo (del tejido conjuntivo subyacente) se deshidratan y se arrugan, de modo que al llegar a las capas externas pierden sus uniones con las demás células y se desprenden. Las células nuevas están reemplazando continuamente a las células viejas.

Este epitelio recubre: la piel (es la epidermis), la córnea, parte de la conjuntiva, la vagina, parte de la laringe y ambos extremos del tubo digestivo.

Cuando este tipo de epitelio se encuentra en una zona expuesta al exterior, las células más superficiales pierden su núcleo, y su citoplasma es remplazado por una proteína fibrosa, la **queratina**, que es resistente al agua y a la fricción y ayuda a repeler bacterias.

Cuando este tipo de epitelio está en el interior del cuerpo, no tiene queratina.

Epitelio estratificado cuboidal: tiene múltiples capas de células en forma de cubo, unas encima de las otras. Se encuentra en los grandes conductos de las glándulas salivares y sudoríparas.

Epitelio estratificado columnar: tiene múltiples capas de células en forma de columna, unas encima de las otras. Poco frecuente: recubre parte de la conjuntiva y de la uretra masculina.

Epitelio pseudoestratificado columnar: tiene en realidad una capa de células, pero algunas de las células no alcanzan la superficie libre y dan al tejido la apariencia de varias capas. Las células que alcanzan la superficie pueden secretar moco y tener cilios. Reviste las vías respiratorias superiores en donde las células presentan cilios.

Epitelio de transición: no se puede incluir en ninguna de las clasificaciones anteriores. Tiene la particularidad de que puede ser estirado sin que las células se separen entre sí por lo que reviste estructuras huecas que están sujetas a distensión, como la vejiga urinaria y parte de los uréteres y la uretra.

Epitelio germinal: se encuentra revistiendo los túbulos seminíferos de los testículos y contiene las células germinales que darán lugar a los espermatozoides.

EPITELIO GLANDULAR. GLÁNDULAS

Las glándulas son invaginaciones o repliegues de epitelio, modificado para producir secreciones, en el interior del tejido conjuntivo. La producción de secreciones siempre requiere trabajo activo y gasto de energía por parte de las células. Según el lugar al que vierten su secreción, las glándulas se consideran como:

- **Glándulas exocrinas:** vierten su secreción a una superficie externa (glándulas sudoríparas o sebáceas) o interna (glándulas intestinales), directamente, o por un sistema de conductos.
- **Glándulas endocrinas:** vierten su secreción directamente a la sangre, para poder ser transportada a otras partes del organismo. Los productos de secreción de las glándulas endocrinas se denominan hormonas.

TEJIDOS. MEMBRANAS. PIEL. DERIVADOS DE LA PIEL

• TEJIDO CONJUNTIVO O CONECTIVO

Características

Funciones

Componentes

Tipos

TEJIDO CONJUNTIVO O CONECTIVO.

El tejido conjuntivo es el tejido más abundante y más ampliamente distribuido del organismo y tiene las siguientes características generales:

1. Este tejido consiste en 3 elementos básicos: varios tipos de **fibras extracelulares** y de **células** que están inmersas en una sustancia intercelular llamada **sustancia fundamental**. En conjunto, la sustancia fundamental y las fibras extracelulares constituyen la **matriz extracelular**.
2. En contraste con los epitelios, los tejidos conjuntivos NO se encuentran sobre superficies libres (como las que se encuentran en una cavidad corporal o en la superficie externa del cuerpo).
3. A diferencia de los epitelios, el tejido conjuntivo está muy vascularizado con las excepciones del cartílago (que es avascular) y los tendones (que tienen un aporte sanguíneo muy escaso).
4. La matriz extracelular de un tejido conjuntivo puede ser líquida, semilíquida, gelatinosa, fibrosa o calcificada y es secretada por las células del tejido conjuntivo y determina las cualidades del tejido.
5. Las fibras son responsables de su fuerza y resistencia, mientras que la sustancia fundamental es el medio a través del que todos los nutrientes y productos de deshecho circulan entre las células y la sangre.

TEJIDO CONJUNTIVO. FUNCIONES

- Es un soporte mecánico ya que mantiene juntas diversas estructuras.
- Protege y aísla órganos internos.
- Compartimentaliza estructuras como sucede en los músculos esqueléticos.
- Intercambia nutrientes y productos de deshecho entre la sangre y los tejidos, con lo que tiene un papel importante en la nutrición de otros tejidos.
- Almacena energía en las células adiposas, las cuales constituyen el principal lugar de reserva de energía en el organismo.
- Protege frente a las infecciones y puede repararse después de una lesión.

TEJIDO CONJUNTIVO. COMPONENTES

El tejido conjuntivo se compone de células y matriz extracelular.

CÉLULAS

Fibroblastos que proceden de células mesenquimatosas (el mesénquima es el tejido conjuntivo en el embrión) indiferenciadas y están situados a lo largo de haces de fibras de colágeno. Su aspecto es fusiforme y son los responsables de la producción de todos los componentes de la matriz extracelular. En caso de estimulación, como sucede en la cicatrización de una herida, los fibroblastos se dividen y sintetizan componentes extracelulares de un modo activo, aumentando de tamaño.

Monocitos (que son un tipo de leucocito) de la sangre, una vez salen de ésta y penetran en los tejidos, cambian su morfología y dan lugar a los **macrófagos**. Están situados a lo largo de haces de fibras de colágeno y son casi tan abundantes como los

fibroblastos. Tienen una gran capacidad para la fagocitosis de bacterias, cuerpos extraños, eritrocitos, células muertas etc. Debido a su capacidad de fagocitosis, constituyen una reserva de células, importante en el mantenimiento de los tejidos conjuntivos y en las defensas locales del cuerpo contra la invasión bacteriana. Hay **macrófagos fijos** que residen en un tejido particular como los macrófagos alveolares de los pulmones o los esplénicos del bazo y **macrófagos móviles** que recorren los tejidos y se dirigen a los lugares de infección o inflamación.

Mastocitos (que son un tipo de leucocito) se encuentran ampliamente distribuidos en los tejidos conectivos de muchos vertebrados. Se encuentran sobre todo, a lo largo de los vasos sanguíneos. Los mastocitos representan, en un mismo organismo, una población muy heterogénea. Esto se debe a que estas células, originadas en la médula ósea a partir de células pluripotenciales, se diferencian totalmente cuando han alcanzado el tejido que va a ser su destino final. Allí, los factores de crecimiento secretados por el propio tejido hacen que el mastocito termine su desarrollo. De esta forma, las características definitivas de los mastocitos van a variar en función del tejido en el que hayan completado su maduración. Su citoplasma está lleno de gránulos que contienen diversos compuestos de interés fisiológico como la heparina o la histamina con propiedades anticoagulantes y vasodilatadoras, respectivamente, varios tipos de proteasas etc.

Además, podemos encontrar en los tejidos conjuntivos otras células como los **adipocitos** y otros tipos de **leucocitos** como eosinófilos, neutrófilos y linfocitos.

MATRIZ EXTRACELULAR

Cada tipo de tejido conjuntivo tiene propiedades únicas debido a la acumulación de materiales específicos entre las células. La matriz contiene **fibras proteicas** incluidas en una **sustancia fundamental** de densidad variable.

(1) la **sustancia fundamental**

Es amorfa y contiene grandes moléculas como son los glucosaminoglicanos y los proteoglicanos, y proteínas de adhesión como la fibronectina y la laminina, además de las sustancias químicas que se encuentran normalmente en el líquido extracelular de todos los tejidos. Las proteínas de adhesión interaccionan con receptores en las membranas celulares para anclar células y mantenerlas en posición, así como para proporcionar tracción para el movimiento celular.

(2) las **fibras** pertenecen a dos clases: fibras de colágeno y fibras elásticas.

- **Fibras de colágeno:** están compuestas, a su vez, por moléculas alargadas de colágeno que son las proteínas fibrilares extracelulares más abundantes e importantes del organismo. Hay unos 20 tipos de cadenas polipeptídicas de colágeno, producidas por diferentes genes, que se combinan entre sí para producir los distintos tipos de colágeno. Los colágenos de tipo I, II y III se organizan como fibras. Las fibras de colágeno de tipo I suelen ordenarse en haces gruesos, lo que proporciona una gran fuerza. Las fibras de colágeno son flexibles pero ofrecen una gran resistencia a una fuerza de tracción.
- **Fibras elásticas:** proporcionan la propiedad llamada **elasticidad** a los tejidos conjuntivos. La **elasticidad** significa resistencia a la deformación y es la capacidad que tiene el tejido de ser deformado o estirado por una pequeña fuerza y de recuperar la forma y dimensiones originales cuando la fuerza es retirada. Las fibras elásticas pueden ser estiradas hasta un 150% de su

longitud sin romperse, tienen tendencia a ramificarse y anastomosarse (conectarse) entre sí para formar redes y están constituidas por una proteína hidrofóbica llamada **elastina**.

- **fibras reticulares: están** constituidas por colágeno de tipo III y son fibras diminutas, tienden a formar redes delicadas y constituyen las principales fibras de la matriz extracelular en los ganglios linfáticos, el bazo y la médula ósea.

TIPOS DE TEJIDO CONJUNTIVO

Los tipos de tejido conjuntivo se basan en la abundancia relativa de las diferentes clases de fibras, células y sustancia fundamental que varía de una región del cuerpo a otra, dependiendo de los requerimientos estructurales locales. Con fines descriptivos:

I- TEJIDO CONJUNTIVO EMBRIONARIO

- Mesénquima, que es el tejido conjuntivo del embrión y se considera el origen de todos los tejidos conjuntivos del organismo. Está compuesto de células mesenquimatosas indiferenciadas dentro de una sustancia fundamental semilíquida conteniendo delicadas fibras reticulares.
- Tejido conjuntivo mucoso, que se encuentra en el cordón umbilical del feto.

II- TEJIDO CONJUNTIVO MADURO

Según si las fibras están entrelazadas de un modo laxo o denso, es decir, poco o muy abundante, se distingue:

- Tejido conjuntivo **laxo o poco denso**
- Tejido conjuntivo **denso**

(1) El **tejido conjuntivo laxo** se puede considerar como el prototipo de los tejidos conjuntivos. Dentro de él se distinguen una serie de subtipos que se nombran dependiendo del componente predominante:

- **Tejido elástico** (si predominan las fibras elásticas)
- **Tejido reticular** (si predominan las fibras reticulares),
- **Tejido adiposo** (si predominan las células adiposas o adipocitos). Las **células adiposas** proceden de células mesenquimatosas indiferenciadas y están especializadas en la síntesis y almacenamiento de lípidos. Suelen encontrarse en grupos en el tejido conjuntivo laxo y cuando se acumulan en tal cantidad que son el componente principal de dicho tejido, constituyen el **tejido adiposo**. Existen dos tipos de tejido adiposo: El **tejido adiposo blanco** (unilocular) y el **tejido adiposo marrón** (multilocular).
 - En el **tejido adiposo blanco**, los adipocitos son grandes y se agregan formando lóbulos, separados por tabiques de fibras colágenas y reticulares. Acumulan lípidos en tal cantidad que el núcleo se aplana y queda desplazado a un lado y el citoplasma se

adelgaza tanto que queda convertido en un anillo. Este tejido protege y sostiene diversos órganos y constituye una reserva de energía fundamental para el organismo ya que es responsable de modular el metabolismo energético y condicionar el metabolismo general en coordinación con diversas hormonas, mediante la secreción a la sangre de diversas proteínas, como la leptina. Es el tejido adiposo predominante en los adultos.

- En el **tejido adiposo marrón**, los adipocitos son más pequeños y tienen en su citoplasma gotitas de grasa que no llegan a unirse (multiloculares), al revés de lo que sucede en los adipocitos del tejido adiposo blanco. Este tejido predomina en el feto y el niño mientras que en el adulto se encuentra solo en pequeñas cantidades. Debido a las muchas mitocondrias de los adipocitos, este tejido genera considerable calor que es transportado por la irrigación vascular para ayudar a mantener una temperatura corporal adecuada en el recién nacido. Este tipo de tejido adiposo es el que predomina en los animales que hibernan.

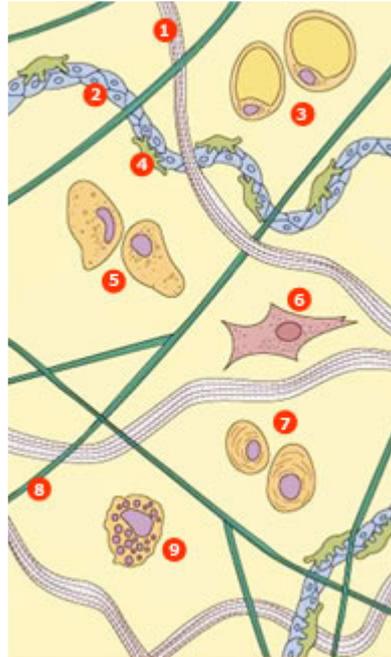
Los adipocitos almacenan grasa en épocas de abundancia y liberan, sobre todo, ácidos grasos libres en épocas de ayuno. Ya que la síntesis y degradación de lípidos está controlada por hormonas que actúan sobre los adipocitos se ha considerado a estas células como meros depósitos de grasa. Sin embargo, ahora sabemos que los adipocitos secretan moléculas reguladoras del hambre, del metabolismo y de la sensibilidad a la insulina, como la leptina, entre otras. La leptina es secretada de forma directamente proporcional a la grasa almacenada en los adipocitos, a más grasa, más secreción de leptina que, entonces, actúa sobre el hipotálamo para suprimir el apetito y reducir una nueva ingestión calórica. Es decir, es una señal que desde el tejido adiposo llega al cerebro ayudando al cuerpo a mantener un determinado nivel de almacenamiento de grasa

(2) El **tejido conjuntivo denso** se diferencia del laxo por el gran predominio de las fibras. Las células son menos abundantes y resultan más difíciles de identificar y la sustancia fundamental se encuentra en menor cantidad. Los haces de colágeno de tipo I son más gruesos y forman una red compacta. Se clasifica según las fibras se ordenen de un modo regular o irregular.

- En el tejido conjuntivo denso **regular**, las fibras están ordenadas según un plan preciso que refleja los requerimientos mecánicos del tejido en particular, como en los tendones (sujetan los músculos a los huesos), los ligamentos (sujetan los huesos a los huesos) y las aponeurosis (son láminas que unen músculos con músculos o músculos con huesos).
- Si las fibras están orientadas de un modo desordenado, se llama tejido conectivo denso **irregular**. Se encuentra en la dermis de la piel, el periostio de los huesos, las cápsulas de las articulaciones, las cápsulas que rodean diversos órganos y las válvulas cardíacas.

Podemos decir que el tejido conjuntivo laxo se encuentra en zonas donde es ventajosa la movilidad de las partes mientras que el tejido conjuntivo denso se encuentra donde es más importante la fuerza que la movilidad y sus fibras se orientan del mejor modo para resistir más eficientemente las fuerzas mecánicas locales.

- 1 colágena
- 2 célula endotelial
- 3 células adiposas
- 4 pericito
- 5 macrófagos
- 6 fibroblasto
- 7 células plasmáticas
- 8 fibra elástica
- 9 célula cebada



Fuente: Gartner LP, Hiatt JL. Histología Texto y Atlas. 1ª ed. México: Mc Graw Hill Interamericana; 1997. p. 98.

III- TEJIDO CONJUNTIVO O CONECTIVO ESPECIALIZADO

Constituye el **tejido cartilaginoso**, el **tejido óseo** y el **tejido hematopoyético** (o tejido de la médula ósea roja de los huesos, que da lugar a las células de la sangre).

TEJIDOS. MEMBRANAS. PIEL. DERIVADOS DE LA PIEL

• TEJIDO MUSCULAR

Características

Tipos

Músculo esquelético: estructura microscópica

Músculo esquelético: fisiología de la contracción y la relajación

Músculo cardíaco

Músculo liso

Funciones de los músculos

TEJIDO MUSCULAR. CARACTERÍSTICAS

Aunque los huesos y las articulaciones forman el armazón del cuerpo, no pueden mover el cuerpo por sí mismos. El movimiento resulta de la contracción y relajación alternativas de los músculos esqueléticos, que constituyen entre el 40 y el 50% del peso corporal total. La fuerza muscular refleja la principal función del músculo que es cambiar la energía química en energía mecánica para generar fuerza, realizar trabajo y producir movimiento.

El tejido muscular se compone de un conjunto de células musculares unidas entre sí, y rodeadas, por tejido conjuntivo.

Tiene la propiedad de la **contractilidad** y las células que lo componen son alargadas y por eso se llaman **fibras musculares**.

TEJIDO MUSCULAR. TIPOS

Se distinguen dos tipos de músculo:

- **Estriado**
- **Liso**

1. El **músculo estriado** se llama así porque muestra bandas transversas espaciadas regularmente a lo largo de la longitud de cada fibra muscular. El músculo estriado se subdivide, a su vez, en dos tipos, **esquelético** y **cardíaco**.

- El músculo **estriado esquelético** se llama así debido a que la mayor parte de él se inserta en alguna parte del esqueleto. Forma la parte principal de las paredes del cuerpo y es la carne roja de los animales, que comemos. Aproximadamente el 43% del peso de nuestro cuerpo está compuesto por músculo estriado esquelético. Los músculos esqueléticos están inervados por nervios procedentes del cerebro y la médula espinal (sistema nervioso somático periférico) y, por tanto, su movimiento está bajo control **voluntario**.
- El músculo **estriado cardíaco** forma las paredes del corazón y es **automático**, porque tiene un sistema de marcapasos que origina su propia contracción (autorritmicidad), e **involuntario** porque su contracción no está bajo control consciente.

2. El **músculo liso** está localizado en las paredes de las estructuras internas huecas del organismo, como los vasos sanguíneos, el estómago o la vejiga urinaria. También se encuentra en la piel, sujeto a los folículos pilosos. Bajo el microscopio no muestra aparentemente bandas transversas, de ahí su nombre. Está inervado por el sistema nervioso autónomo y su movimiento es **involuntario**.

MÚSCULO ESQUELÉTICO. ESTRUCTURA MICROSCÓPICA

La unidad de organización histológica del músculo estriado esquelético es la **fibra muscular** que es una célula alargada y con varios núcleos. La membrana de la fibra muscular se llama **sarcolema** y su citoplasma se llama **sarcoplasma**. El sarcoplasma está casi totalmente ocupado por un gran número de fibrillas paralelas, las **miofibrillas** que dan a la fibra muscular su propiedad contráctil y que están rodeadas por el retículo sarcoplásmico (RS) que almacena calcio. La liberación de calcio desde el RS al sarcoplasma pone en marcha la contracción muscular.

Cada miofibrilla muestra bandas que se van alternando a lo largo de su longitud dándole un aspecto estriado. Las bandas más oscuras se llaman **bandas A** y las más claras se llaman **bandas I**. Además hay una línea que divide en dos a la banda I que se llama **línea Z**. La unidad estructural que se va repitiendo se llama **sarcómero** y es el segmento comprendido entre dos líneas Z sucesivas y, por tanto, incluye una banda A y la mitad de dos bandas I contiguas.

Estas bandas de las miofibrillas, a su vez, están compuestas de dos clases de filamentos, llamados **miofilamentos**. Los más gruesos están constituidos por una proteína llamada **miosina**. Las filas paralelas de miosina son el principal componente de la banda A. Los más finos están constituidos por una proteína llamada **actina** y forman la banda I pero no se quedan limitados aquí sino que se extienden alguna distancia entre las bandas A adyacentes, en donde ocupan los intersticios entre los miofilamentos gruesos. Los miofilamentos delgados se extienden desde zonas de anclaje situados en la línea Z y en ellos también hay pequeñas cantidades de dos proteínas reguladoras, la **tropomiosina** y la **troponina**. Sobre cada molécula de actina existe un lugar ligador para la miosina. En condiciones basales, en el músculo relajado hay complejos troponina-tropomiosina que cubren los sitios ligadores para la miosina situados en las moléculas de actina y, por tanto, bloquean la unión de moléculas de miosina a las moléculas de actina, impidiendo la contracción muscular.

El tejido muscular cuando se contrae, necesita grandes cantidades de nutrientes y oxígeno por lo que requiere un rico aporte sanguíneo, así que hay gran cantidad de capilares en el tejido muscular para que cada fibra muscular esté en íntimo contacto con uno o más capilares. De ahí que haya mucho tejido conjuntivo, denso e irregular, que rodea y protege el tejido muscular y se encarga de aportar los capilares. El que recubre todo el músculo se llama **epimisio**. El que recubre cada **fascículo** (compuesto por grandes números de fibras musculares agrupadas en paralelo), se llama **perimisio**, y el que recubre cada fibra muscular individual se llama **endomisio** y contiene los capilares y fibras nerviosas que irrigan e inervan dicha fibra muscular. El epimisio, el perimisio y el endomisio son continuos con el tejido conjuntivo que sujeta el músculo a otras estructuras como el hueso y los tres se pueden extender más allá de las fibras musculares como tendones.

MÚSCULO ESQUELÉTICO. FISIOLOGÍA DE LA CONTRACCIÓN Y LA RELAJACIÓN

Un músculo esquelético se contrae en respuesta a una orden nerviosa que puede ser voluntaria o involuntaria (un reflejo).

La **unidad estructural** de un músculo esquelético es la **fibra muscular**.

La **unidad funcional** de un músculo esquelético consta de una neurona motora, o motoneurona, y de las fibras musculares que ésta controla y se llama **unidad motora**. El número de fibras musculares pertenecientes a una unidad motora varía de una a cientos según el tamaño y la función del músculo. En las **unidades motoras grandes**, una neurona motora inerva varios cientos de fibras musculares, y se encuentran en los músculos largos del tronco y las extremidades ya que estos músculos realizan grandes movimientos, poco precisos. Las unidades motoras en los músculos de los ojos y de las manos contienen pocas fibras musculares, son **unidades motoras pequeñas**, porque estos músculos realizan movimientos muy precisos y, por tanto, requieren el trabajo especializado de más motoneuronas.

Cuando un impulso nervioso llega a una neurona motora en la médula espinal se inicia un impulso nervioso que hace que todas las fibras musculares de la unidad motora, inervadas por la misma neurona motora, se contraigan a la vez.

La zona en donde se pone en contacto la terminal del axón de la neurona motora con la fibra muscular se llama **unión neuromuscular**. La región de la membrana de la fibra muscular (sarcolema) que está en contacto con la terminal del axón, está especializada y se llama **placa motora terminal**. El término unión neuromuscular incluye la terminal del axón de la motoneurona, la hendidura sináptica (o espacio situado entre la terminal del axón y el sarcolema) y la placa motora del sarcolema.

Cuando un potencial de acción alcanza la terminal del axón, las vesículas sinápticas, situadas en dicha terminal, liberan un neurotransmisor, la **acetilcolina** que atraviesa la hendidura sináptica y activa receptores colinérgicos situados en la placa motora terminal.

Como consecuencia, se produce una onda de despolarización que se extiende por la fibra muscular dando lugar a un potencial de acción, con lo que se abren canales de calcio en la membrana del retículo sarcoplásmico (RS) y pasa calcio desde el RS al sarcoplasma. Los iones calcio liberados al sarcoplasma se combinan entonces con las moléculas de troponina y provocan la salida de los complejos troponina-tropomiosina de los lugares de unión para las moléculas de miosina que se encuentran sobre las moléculas de actina. Al quedar libres estos lugares de unión, las moléculas de miosina se unen a las de actina lo que origina que los miofilamentos gruesos tiren de los miofilamentos delgados que entonces son dirigidos hacia el centro del sarcómero, llegando a contactar sus extremos. A medida que los miofilamentos delgados se deslizan hacia el interior del sarcómero, entre los miofilamentos gruesos, las líneas Z se acercan entre sí y el sarcómero se acorta (las longitudes de los miofilamentos delgados y gruesos no se modifican). El **acortamiento de los sarcómeros** causa **acortamiento de las fibras musculares** y, como consecuencia, acortamiento del músculo. Es lo que le llama **contracción muscular**.

Cuando los potenciales de acción cesan en la neurona motora, no hay nueva liberación de acetilcolina por la terminal del axón y la que se encuentra en la hendidura sináptica es destruida por el enzima **acetilcolinesterasa**, lo que detiene la generación de potenciales de acción en la fibra muscular con lo que los canales de calcio del RS se cierran y ya no pasa más calcio desde el RS al sarcoplasma. Por otro lado, el calcio que ya estaba en el sarcoplasma es retirado por la acción de unas bombas de calcio situadas en la membrana del RS que trasladan el calcio desde el sarcoplasma al interior del retículo sarcoplásmico. A medida que el nivel de calcio desciende en el sarcoplasma, los complejos troponina-tropomiosina se deslizan de nuevo sobre los lugares de unión (para las moléculas de miosina) que están situados en las moléculas de actina. De este modo ya no se pueden unir las moléculas de miosina a las de actina y, por tanto, los miofilamentos vuelven a sus posiciones originales, con lo que los **sarcómeros se alargan**, las **fibras musculares se alargan** y consiguientemente **el músculo se alarga**, es decir, **se relaja**.

MÚSCULO CARDIACO

Las fibras musculares estriadas cardíacas tienen **un solo núcleo** y su sarcoplasma es similar al de las fibras musculares esqueléticas, con la misma ordenación de las moléculas de actina y las de miosina y las mismas bandas y zonas. El músculo estriado cardíaco o **miocardio** se caracteriza porque sus fibras musculares se bifurcan y conectan unas a otras para formar **redes musculares**. Cada fibra esta conectada a su vecina por unos engrosamientos del sarcolema llamados **discos intercalares** que contienen **uniones abiertas** que permiten el paso de iones directamente de unas fibras a otras. Como consecuencia, cuando una fibra muscular cardíaca es despolarizada, todas las demás fibras de la red muscular se despolarizan también y el potencial de acción se propaga con gran rapidez.

MÚSCULO LISO

Las fibras musculares lisas tienen **un solo núcleo** y son más pequeñas que las del músculo esquelético. Su sarcoplasma también está ocupado por miofibrillas, compuestas de miofilamentos delgados y gruesos pero menos ordenados que en el músculo estriado y, por tanto, no se ven estriaciones, de ahí su nombre. Hay dos tipos de músculo liso:

- **Visceral**, es el tipo más común. Las fibras están distribuidas en **láminas** y las membranas celulares hacen **contacto** entre sí en numerosos puntos formando uniones abiertas a través de las que pasan los iones, permitiendo que las fibras musculares se contraigan en grandes áreas a la vez. Este tipo de músculo liso forma la parte contráctil de la pared de las pequeñas arterias y venas así como de las vísceras huecas como el estómago, el intestino, el útero o la vejiga urinaria.
- **De unidades múltiples**, constituido por **fibras musculares separadas**, cada una de las cuales tiene su propia inervación y trabaja independientemente de las otras. Este tipo de músculo liso se encuentra en las paredes de las grandes arterias, en los bronquiolos, en los músculos erectores del pelo y en el ojo, en donde forma la musculatura del iris y del cuerpo ciliar.

La mayoría de las fibras musculares lisas se contraen o relajan en respuesta a potenciales de acción procedentes del **sistema nervioso autonómico**. De modo que el músculo liso no está bajo control voluntario. Pero, además, muchas fibras musculares lisas pueden contraerse en respuesta a hormonas o factores locales como el pH, los niveles de oxígeno y dióxido de carbono.

FUNCIONES DE LOS MÚSCULOS

- Los músculos esqueléticos son los responsables de la **locomoción** (movernos de un lugar a otro) y de los movimientos de unas partes del cuerpo con respecto a otras. Menos notorios, para el ser humano, son los movimientos realizados por el músculo cardíaco o por los músculos lisos de la pared de las arterias o de los órganos huecos.
- Estabilizan las posiciones del cuerpo y regulan el volumen de los órganos.
- Termogénesis, pues al contraerse producen calor.

TEJIDOS. MEMBRANAS. PIEL. DERIVADOS DE LA PIEL

• TEJIDO ÓSEO

Funciones

Componentes

Tipos

TEJIDO ÓSEO. FUNCIONES DE LOS HUESOS

El esqueleto adulto consta aproximadamente de unos 200 huesos con las siguientes funciones:

- Proporcionan el soporte interno del cuerpo.
- Sirven para la inserción de los músculos y tendones, esenciales para la locomoción.
- Protegen a los órganos vitales de las cavidades craneal, torácica y pélvica.
- Contienen la médula ósea roja o tejido hematopoyético formador de las células de la sangre.
- Almacenan varios minerales, especialmente calcio y fósforo. Cuando hay necesidad, los huesos liberan minerales a la sangre.
- Los lípidos almacenados en las células adiposas de la médula amarilla constituyen una importante reserva de energía.

A pesar de su fuerza y dureza, los huesos son materia viva dinámica que constantemente se renueva a lo largo de la vida, de modo que se modifican según su función y muestran una considerable variedad anatómica según el sexo, la edad, la salud, la dieta, etc., de modo que si no se utilizan se atrofian, si aumenta el peso que deben soportar se hipertrofian. Pueden ser reabsorbidos, como sucede cuando se caen o se extraen los dientes, entonces desaparecen las paredes de los alvéolos dentarios. Pueden enfermar, por ejemplo en el caso de una osteomielitis. Pueden formar cicatrices, como sucede tras una fractura.

TEJIDO ÓSEO. COMPONENTES

El hueso es un tejido conectivo o conjuntivo especializado y, por tanto, consiste en células, fibras y sustancia fundamental. La sustancia fundamental y las fibras constituyen la **matriz extracelular** que, a diferencia de los demás tejidos conjuntivos, está calcificada, convirtiéndose en una matriz fuerte adecuada para su función de soporte y de protección en el esqueleto.

El hueso está recubierto de **periostio** que tiene dos capas: una **capa externa** que está compuesta de tejido conjuntivo denso irregular conteniendo vasos sanguíneos, vasos linfáticos y nervios que pasan al interior del hueso y una **capa interna** que es de tejido conjuntivo especializado y contiene células mesenquimatosas indiferenciadas con capacidad osteogénica, es decir, capacidad de formar hueso. El periostio es esencial para el crecimiento del hueso en diámetro y para su reparación y nutrición. **No hay periostio en las zonas cubiertas por cartílago articular ni donde se insertan los tendones y ligamentos.** Donde no hay periostio, al tejido conjuntivo en contacto con la superficie del hueso le falta capacidad osteogénica y no contribuye a la cicatrización de las fracturas.

La cavidad de la diáfisis y las cavidades del hueso esponjoso están recubiertas de **endostio**, una capa de tejido conjuntivo que también tiene propiedades osteogénicas.

(1) CÉLULAS

En los huesos se distinguen 4 tipos de células:

- **Células osteogénicas o progenitoras**
- **Osteoblastos**
- **Osteocitos**

. Osteoclastos

- Las **células osteogénicas** son células mesenquimatosas indiferenciadas que se encuentran en la capa interna del periostio, en el endostio y en los canales vasculares óseos que contienen vasos sanguíneos. Son activas durante el crecimiento y reorganización del hueso o en la cicatrización de fracturas. Entonces sufren mitosis y se convierten en osteoblastos.
 - Los **osteoblastos** son responsables de la formación de los componentes de la matriz extracelular. Se rodean a sí mismos de matriz extracelular y se convierten en osteocitos.
 - Los **osteocitos** son las células óseas maduras. No tienen capacidad de dividirse ni de secretar componentes de la matriz extracelular. Mantienen las actividades diarias del tejido óseo como son el intercambio de nutrientes y desechos con la sangre.
 - Los **osteoclastos** son células gigantes con muchos núcleos, responsables de la resorción ósea (destrucción de la matriz extracelular mediante hidrólisis del colágeno con liberación de minerales del hueso), lo que es importante en el desarrollo, crecimiento, mantenimiento y reparación del hueso. Proceden de una célula progenitora de la médula ósea, precursora también de los monocitos de la sangre.

(2) FIBRAS: en el adulto, las fibras de colágeno son de tipo I y ocupan hasta un 95% de la matriz extracelular.

(3) SUSTANCIA FUNDAMENTAL: contiene glucosaminoglicanos y proteoglicanos y abundantes sales minerales, en especial un complejo cristalino de fosfato de calcio e hidróxido de calcio llamado **hidroxiapatita**, y algún carbonato cálcico. Además hay pequeñas cantidades de hidróxido de magnesio, fluoruros (cuya cantidad depende del contenido en flúor del agua de beber) y otros minerales.

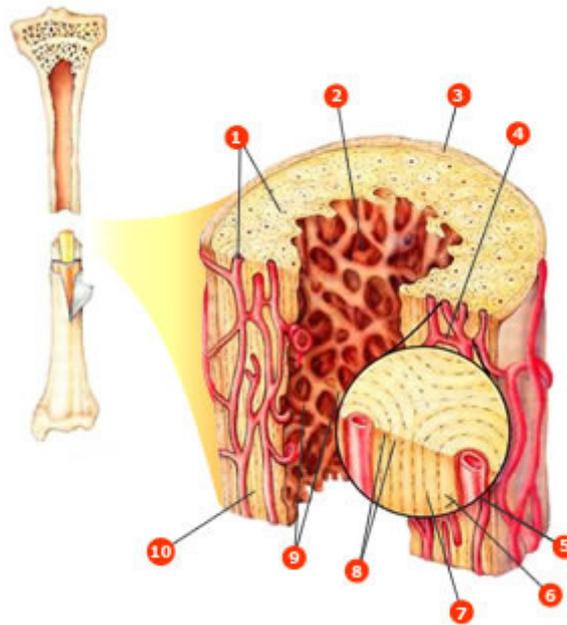
A medida que estas sales minerales se depositan en las fibras de colágeno de la matriz extracelular, se produce la cristalización y el tejido se endurece. Este proceso se llama **mineralización o calcificación del hueso**. Aunque la dureza del hueso depende de las sales minerales cristalizadas, sin las fibras de colágeno, el hueso sería quebradizo ya que las fibras de colágeno le dan flexibilidad.

TEJIDO ÓSEO. TIPOS

Se distinguen dos tipos de tejido óseo, que se pueden observar a simple vista, y que forman el:

- **Hueso esponjoso**
- **Hueso compacto**

- 1 vaso sanguíneo en un conducto haversiano
- 2 hueso esponjoso (o trabécular)
- 3 periostio
- 4 canal de Volkmann
- 5 sistemas haversianos (osteonas)
- 6 canalículos
- 7 laguna con un osteocito
- 8 laminillas concéntricas
- 9 trabéculas
- 10 hueso compacto



Fuente: Thibodeau GA, Patton KT. Anatomía y Fisiología. 2ª ed. Madrid: Mosby/Doyma Libros; 1995. p. 157

- El hueso **esponjoso** está formado por láminas óseas que forman un enrejado irregular de finas placas de hueso que se llaman **trabéculas** (pueden verse a simple vista y son las responsables de su apariencia, similar a la de una esponja, de donde proviene su nombre) y que se disponen a lo largo de líneas de presión y de tensión. Forman un sistema de espacios intercomunicados que puede estar ocupado por la **médula ósea roja** o **tejido hematopoyético** que es en donde se originan las células sanguíneas. La arquitectura de estas láminas óseas es distinta para cada persona, pues depende de su actividad física.
- El hueso **compacto** es una masa sólida continua.

Las dos formas de hueso se convierten gradualmente uno en otro sin un límite claro. Todos los huesos presentan una capa externa de hueso compacto alrededor de una masa central de hueso esponjoso excepto cuando éste último es reemplazado por la cavidad medular (que contiene médula amarilla constituida por tejido conjuntivo con gran cantidad de adipocitos, que sustituye a la médula ósea roja con la edad) o por espacio aéreo, como sucede, por ejemplo en los senos paranasales.

La ORGANIZACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL TEJIDO ÓSEO es diferente en el hueso compacto y en el hueso esponjoso.

En el **HUESO COMPACTO**, la matriz extracelular calcificada forma **laminillas óseas microscópicas**, en donde se encuentran **lagunas o cavidades**, cada una ocupada por un **osteocito**.

Desde cada laguna salen conductos muy delgados en todas direcciones, los **canalículos**, rellenos de líquido extracelular, que se conectan con los de las lagunas vecinas y son esenciales para la nutrición de los osteocitos. A través de los canalículos, los osteocitos envían prolongaciones que contactan con prolongaciones de los osteocitos vecinos, facilitando el movimiento de sustancias entre las células.

El sistema de canalículos intercomunicados rellenos de líquido extracelular, permite el intercambio de sustancias entre las células, y entre las células y la sangre ya que el depósito de sales cálcicas impide la difusión de sustancias a través de la matriz.

Las **laminillas óseas microscópicas del hueso compacto** se distribuyen en tres patrones:

- a) Concéntricamente alrededor de canales vasculares para formar unidades cilíndricas que se llaman los **sistemas de Havers** u **osteonas**
- b) Entre los sistemas de Havers, como láminas de hueso de tamaño variable y forma irregular, son las **laminillas intersticiales**
- c) Por debajo del periostio y por debajo del endostio, alrededor de la circunferencia de la diáfisis. Son las **laminillas circunferenciales externa e interna**

En el hueso compacto se distinguen dos categorías de **canales vasculares** (en donde se encuentran los vasos sanguíneos), según su orientación. Los **canales longitudinales** situados en el centro de los sistemas de Havers que, por ello se llaman **canales de Havers**, que contienen uno o dos vasos sanguíneos envueltos en tejido conjuntivo laxo. Y los **canales transversos** y **oblícuos** que conectan los canales de Havers entre sí y con la superficie interna y externa del hueso ya que atraviesan el hueso de un modo perpendicular a las laminillas.

En el **HUESO ESPONJOSO** **no hay sistemas de Havers.**

En el interior de las trabéculas, las laminillas óseas microscópicas se colocan en paralelo y los osteocitos ocupan lagunas de donde salen canalículos. Los vasos sanguíneos procedentes del periostio penetran a través del hueso esponjoso. Los osteocitos se nutren directamente desde la sangre por difusión a través de los canalículos.

TEJIDOS. MEMBRANAS. PIEL. DERIVADOS DE LA PIEL

- **TEJIDO CARTILAGINOSO**

Funciones

Componentes

Tipos

TEJIDO CARTILAGINOSO. FUNCIONES

- El cartílago situado en las superficies articulares sostiene un gran peso y, al mismo tiempo, permite que los huesos, que son los que transportan este peso, se muevan fácil y suavemente unos sobre otros.
- El cartílago sirve para impedir el colapso de los órganos tubulares, como las vías respiratorias.
- El cartílago participa en el crecimiento en longitud de los huesos, proceso que está bajo el control de varias hormonas, la más importante de las cuales es la hormona del crecimiento. Una lesión en el cartílago de una zona de crecimiento puede resultar en una alteración localizada del crecimiento.

TEJIDO CARTILAGINOSO. COMPONENTES

El cartílago es una forma especializada de tejido conectivo o conjuntivo. Por tanto, consiste en células y fibras extracelulares sumergidas en sustancia fundamental. Hay una densa red de fibras de colágeno y fibras elásticas (las fibras de colágeno ocupan hasta un 40 % de la sustancia fundamental) que están sumergidas en sustancia fundamental, muy rica en condroitín sulfato, constituyendo la **matriz extracelular** (conjunto de la sustancia fundamental y las fibras).

Las células maduras del cartílago se llaman **condrocitos** y se encuentran, en solitario o formando grupos, dentro de unos espacios o **lagunas** situados en la matriz extracelular. La superficie del cartílago está rodeada por el **pericondrio** (excepto en las zonas en que está en contacto con el líquido sinovial en las articulaciones) que tiene **dos capas**, una **externa** de tejido conjuntivo denso irregular y otra **interna** que contiene las células mesenquimatosas indiferenciadas progenitoras del cartílago.

A diferencia de otros tejidos conjuntivos el cartílago **no tiene vasos sanguíneos (es avascular) ni nervios exceptuando en el pericondrio**. Las propiedades de su sustancia fundamental son, por tanto, importantes para la nutrición de sus células.

Cuando el cartílago es lesionado, su reparación es lenta, en gran parte debido a que es avascular. Las sustancias que se necesitan para la reparación y las células que participan en la misma deben difundir desde el pericondrio al interior del cartílago. A lo largo de la vida, la actividad de las células mesenquimatosas indiferenciadas progenitoras, situadas en la capa interna del pericondrio, conduce a crecimiento del cartílago. Estas células se dividen y se diferencian en **condroblastos** (células inmaduras) que, entonces, se rodean a sí mismos de matriz extracelular y se transforman en **condrocitos** (células maduras).

Como resultado, se forma una nueva capa de cartílago por debajo del pericondrio causando su crecimiento en anchura. Tal transformación tiene lugar bajo la influencia de fuerzas mecánicas actuando desde el exterior, sobre todo cuando se combina con fricción, ya que el cartílago situado sobre las superficies articulares de los huesos se relaciona con las influencias mecánicas constantes a las que está sometida una articulación durante su funcionamiento, de modo que si desaparecen estas condiciones mecánicas, el cartílago se atrofia. Con el paso del tiempo, el cartílago tiende a calcificarse.

TEJIDO CARTILAGINOSO. TIPOS

Se distinguen tres tipos de cartílago: **hialino, elástico y fibrocartílago.**

Cartílago hialino: es el tipo de cartílago más abundante del organismo. Es brillante, de color blanco azulado y contiene fibras de colágeno de tipo II, que son delgadas y requieren técnicas especiales de tinción para ser observadas.

Este tipo de cartílago se encuentra en: los extremos anteriores de las costillas, laringe (algunas partes), tráquea, bronquios, superficies articulares de los huesos y esqueleto del embrión.

Cartílago elástico: se llama así porque los condrocitos están rodeados por una red filiforme de fibras elásticas dentro de la matriz extracelular, que también contiene fibras de colágeno de tipo II. Proporciona fuerza y elasticidad y mantiene la forma de ciertos órganos.

Se encuentra en la epiglotis de la laringe, las orejas, los meatos auditivos externos y las trompas de Eustaquio.

Fibrocartílago: es el este tipo de cartílago más fuerte ya que la matriz extracelular tiene gran cantidad de fibras de colágeno de tipo I, entre las que se encuentran las lagunas con los condrocitos. La sustancia fundamental apenas existe, excepto en la inmediata vecindad de las células.

Se encuentra en los discos intervertebrales, la sínfisis del pubis y los meniscos de las rodillas.

- **Autora:** Julia Reiriz Palacios

- *Cargo:* Profesora Titular de la Escuela Universitaria de Enfermería. Universidad de Barcelona
- *CV:* Doctora en Medicina. Especialista en Neurología. Coordinadora de la materia de Estructura y Función del Cuerpo Humano del portal de salud La Enfermera Virtual.

Bibliografía general

- Agur MR, Dalley F. Grant. Atlas de Anatomía. 11ª ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2007.
- Berne RM y Levy MN. Fisiología. 3ª ed. Madrid: Harcourt. Mosby; 2001.
- Boron WF, Boulpaep EL. Medical Physiology. Updated edition. Filadelfia (EEUU): Elsevier Saunders. 2005.
- Burkitt HG, Young B, Heath JW. Histología funcional Wheater. 3ª ed. Madrid: Churchill Livingstone; 1993.
- Costanzo LS. Fisiología. 1ª ed. Méjico: McGraw-Hill Interamericana; 2000.
- Drake RL, Vogl W, Mitchell AWM. GRAY Anatomía para estudiantes. 1ª ed. Madrid: Elsevier; 2005.
- Fox SI. Fisiología Humana. 7ª ed. Madrid: McGraw-Hill-Interamericana; 2003.
- Fox SI. Fisiología Humana. 10ª ed. Madrid: McGraw-Hill-Interamericana; 2008.
- Gartner LP, Hiatt JL. Histología Texto y Atlas. 1ª ed. Méjico: Mc Graw Hill Interamericana; 1997.
- Guyton AC. Tratado de Fisiología Médica. 11ª ed. Madrid: Elsevier España. 2006.
- Jacob SW, Francone CA, Lossow WJ. Anatomía y Fisiología Humana. 4ª ed. Méjico: Nueva Editorial Interamericana; 1988.
- Jacob S. Atlas de Anatomía Humana. 1ª ed. Madrid: Elsevier España, S.A. 2003.
- Lamb JF, Ingram CG, Johnston IA, Pitman RM. Fundamentos de Fisiología. 2ª ed. Zaragoza: Ed. Acribia,SA; 1987.
- Lumley JSP, Craven JL, Aitken JT. Anatomía esencial. 3ª ed. Barcelona: Salvat Editores S.A. 1985.
- Moore KL. Anatomía con orientación clínica. 3ª ed. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 1993.
- Netter FH. Sistema Digestivo. Conducto superior. Colección Ciba de ilustraciones médicas. 1ª ed. Barcelona: Masson-Salvat Medicina; 1981.
- Netter FH. Interactive Atlas of Human Anatomy. CIBA MEDICAL EDUCATION & PUBLICATIONS. 1995.
- Netter FH. Atlas de Anatomía Humana. 3ª ed. Barcelona: Ed. Masson; 2003.
- Pocock G, Richards ChD. Fisiología Humana. 1ª ed. Barcelona: Ed. Masson; 2002.
- Pocock G, Richards ChD. Fisiología Humana. 2ª ed. Barcelona: Ed. Masson; 2005.
- Regueiro González JR, López Larrea C, González Rodríguez S, Martínez Naves E. Inmunología. Biología y patología del sistema inmune. 3ª ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2002.
- Rhoades RA, Tanner GA. Fisiología médica. 1ª ed. Barcelona: Ed. Masson-Little, Brown, S.A. 1997.
- Schmidt RF, Thews G. Fisiología Humana. 24ª ed. Madrid: Interamericana.McGraw-Hill. 1993.
- Stevens A, Lowe J. Histología Humana. 3ªed. Madrid: Elsevier/Mosby; 2006.
- Thibodeau GA, Patton KT. Anatomía y Fisiología. 2ª ed. Madrid: Mosby/Doyma Libros; 1995.

- Thibodeau GA, Patton KT. Anatomía y Fisiología. 4ª ed. Madrid: Ediciones Harcourt; 2000.
- Thibodeau GA, Patton KT. Anatomía y Fisiología. 6ª ed. Madrid: Elsevier España, S.A; 2007.
- Thibodeau GA, Patton KT. Estructura y Función del cuerpo humano. 10ª ed. Madrid: Harcourt Brace; 1998.
- Tortora GJ, Derrickson B. Principios de Anatomía y Fisiología. 11ª ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2006.
- West JB. Bases fisiológicas de la práctica médica. 12ª ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 1993.