

TEMA 14. TEJIDO OSEO.

CONCEPTO, ORIGEN Y FUNCION.

Es un tipo de tejido conjuntivo altamente especializado en funciones de sostén. Es el principal componente de los huesos y el armazón sobre el que se sitúan otras estructuras. Además los huesos están compuestos por tejido cartilaginoso, vascular... Su origen es mesenquimatoso (mesodérmico).

Componentes:

matriz ósea. Es sustancia extracelular mineralizada, con depósitos de sales, fundamentalmente sales de calcio.

células:

osteoblastos.

osteocitos.

osteoclastos.

Matriz ósea:

La matriz ósea es el mayor componente del tejido óseo: 92–95%, aunque con localización variable. En ella se distinguen dos componentes:

matriz orgánica.

matriz inorgánica.

Su porcentaje varía con el tipo de hueso, su edad, especie y estado fisiológico (hembra en gestación...) Como término medio hay un 22% de matriz orgánica y un 69–70% de matriz inorgánica. El resto es agua.

La matriz orgánica u osteoide tiene dos partes:

estroma fibroso: la mayor parte (90%).

sustancia fundamental amorfa.

En el estroma fibroso sobre todo hay fibras de colágeno de tipo 1. También puede haber otros tipos de fibras de colágeno (V y XII).

La sfa es una estructura amorfa, sin ningún tipo de organización. Está formada por proteínas conjugadas, proteoglicanos y pequeñas cantidades de lípidos. Las proteínas conjugadas son:

glicoproteínas.

fosfoproteínas.

sialoproteínas como la osteopontina y la osteocalcina.

Se caracterizan, sobre todo los dos últimos tipos, porque son capaces de fijar sales de calcio.

Los proteoglicanos están formados por proteínas y glucosaminoglucanos:

condroitín sulfato: en menor cantidad que en el tejido cartilaginoso.

ácido hialurónico.

queratán sulfato.

La matriz orgánica es acidófila por los glucosaminoglucanos sulfatados. Además es Pas + (sobre todo el hueso joven) por la gran cantidad de glicoproteínas.

La matriz inorgánica se denomina sustancia mineral ósea. Es insoluble al pH normal del organismo y confiere dureza al tejido óseo. Está formada por sales de calcio, de las cuales predomina la hidroxapatita ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$: fosfato de calcio). Forma pequeños cristales muy delgados que se sitúan sobre la matriz orgánica, tanto sobre las fibras de colágeno como dentro de las mismas. Se sitúan de forma regular a intervalos de 600–700 amstrongs. También puede haber citrato, fluoruro, cloruro, carbonato cálcicos... En menor cantidad hay sales de magnesio, estroncio, sodio... Cuando el tejido óseo se forma, en los bordes de la matriz ósea va a haber una zona sin mineralizar o reborde osteoide. Se llama así porque la matriz orgánica se denomina osteoide.

Células:

Las células del tejido óseo se diferencian en:

células osteogénicas. Su función es formar tejido óseo nuevo.

células osteoclásticas. Su función es destruir tejido óseo.

Las primeras derivan de células mesenquimatosas, sobre todo mesodérmicas, que van a dar células osteoprogenitoras. Estas se van a transformar en osteoblastos, que van a madurar en osteocitos.

Las células osteoclásticas u osteoclastos tienen su origen en células de la médula ósea, de forma que monocitos se van a transformar en macrófagos y estos en osteoclastos. Tienen función defensiva por su capacidad fagocítica.

Células osteoprogenitoras:

Son las únicas con capacidad de división. Tienen su origen en células mesenquimatosas algo diferenciadas. Están presentes en estado embrionario y también en el animal adulto, en las superficies libres del hueso (donde no existe matriz ósea). Son células pequeñas, con poco citoplasma y núcleos poco teñidos, redondeados y ovoideos. Se ven cuando se están formando los huesos.

Osteoblastos:

Derivan de las anteriores. Son las células formadoras de tejido óseo por excelencia. Son las responsables de sintetizar la matriz orgánica y del inicio de la mineralización.

Tienen morfología poliédrica, localizándose en la superficie libre del hueso y formando una capa en contacto con la superficie libre de la matriz (el reborde osteoide). Su citoplasma emite prolongaciones que se introducen en la matriz. Su núcleo es redondeado y se localiza en un extremo, normalmente en la parte más

alejada de la matriz. Normalmente es redondo, con un nucleolo bien desarrollado. el citoplasma tiñe con colorantes basófilos porque tiene mucho RER. Cerca del núcleo hay un área más pálida con el aparato de Golgi. El aspecto citoplasmático varía con la actividad celular: en las células muy activas hay pequeñas vacuolas PAS + que contienen componentes de la matriz ósea. En fase de reposo no existen estas vacuolas, las células son más pequeñas y planas y el citoplasma va a ser menos basófilo.

Al microscopio electrónico se ve un RER muy desarrollado, igual que el aparato de Golgi, ribosomas libres y vesículas producidas por el aparato de Golgi. Además hay gran cantidad de mitocondrias muy ricas en gránulos mitocondriales (acúmulos de sales de calcio muy tóxicas para la célula y que por eso se almacenan ahí). Puede haber lisosomas e inclusiones lipídicas.

Su función es formar la matriz ósea. Se realiza en dos fases:

síntesis de los componentes de la matriz orgánica: colágeno y después la SFA (englobando a las fibras de colágeno). Esta matriz no está mineralizada: reborde osteoide.

mineralización del reborde osteoide: comienza a los 8–10 días de haberse formado. La mineralización comienza (hay que tener en cuenta que estas células almacenan sales de calcio y fósforo que van a dar fosfato tricálcico dentro de la mitocondria, precipitando formando gránulos mitocondriales) cuando las sales que contienen salen al exterior y se sitúan sobre las fibras de colágeno y posteriormente dentro de ellas. Esta primera mineralización es la nucleación. Luego se termina la mineralización por aporte de calcio a partir del plasma.

Osteocitos:

Son la principal célula del tejido óseo ya formado. Los osteoblastos que quedan atrapados en la matriz forman estas células. Siempre se localizan en cavidades de la matriz ósea llamadas lagunas u osteoplastos.

Al microscopio óptico son células alargadas, con forma lenticular que se adapta a la laguna. Su citoplasma emite numerosas prolongaciones citoplasmáticas muy delgadas que penetran en unas cavidades de la matriz ósea: los canalículos. Se forma toda una red, llegando a contactar las prolongaciones citoplasmáticas de unas células con otras y con la superficie libre, donde contactan los capilares sanguíneos. Así está asegurado el intercambio de sustancias. El núcleo es muy denso y normalmente ovalado. El citoplasma es más pequeño y menos basófilo.

Al microscopio electrónico se ven con bastante RE y aparato de Golgi. Esta es una característica de los osteocitos recién formados. Los osteocitos de zonas más profundas tienen poco RE y aparato de Golgi, es decir, tienen menor capacidad de síntesis. En las prolongaciones citoplasmáticas, en la zona de contacto, se encuentran uniones de tipo nexo.

Tienen función de mantenimiento de la matriz ósea mediante la síntesis de sus componentes. Para algunos autores intervienen en el mantenimiento de los niveles plasmáticos de calcio: liberar el calcio de la matriz inorgánica a plasma, denominándose esta acción osteolisis osteocítica. De realizarse esta función sería en pequeñas cantidades.

Osteoclastos:

Son células gigantes multinucleadas. Su función es la reabsorción de tejido óseo. Los huesos y el tejido óseo están en constante mineralización. Están localizadas en la superficie libre del hueso, pero en la zona donde están en contacto con la matriz ósea no existe osteoide, sino que existen unas pequeñas cavidades en el tejido óseo llamadas lagunas de Howship o de resorción. Son células grandes, muy voluminosas, con 10–15 núcleos normalmente. Están en contacto con la matriz ósea por un lado y con un capilar por el otro. En la zona de

contacto con la matriz ósea hay una especialización citoplasmática: ribete en cepillo o borde plegado. Tienen mucho RER, aparato de Golgi y mitocondrias.

Su función es la resorción del tejido óseo, que se realiza en las siguientes fases:

síntesis: se sintetizan enzimas proteolíticos en gran cantidad. Se liberan por exocitosis en la zona de ribete en cepillo. En esta fase hay una gran cantidad de RER y un ribete en cepillo poco desarrollado. Los enzimas rompen las fibras de colágeno y se liberan las sales de calcio. Además se sintetiza ácido cítrico y ácido carbónico porque el pH ácido favorece la acción enzimática.

de resorción: hay menos RER, el ribete en cepillo esta bien desarrollado y hay muchos lisosomas. Se absorben sales de calcio por fagocitosis y se incorporan al citoplasma. Después de ser degradados son vertidos al capilar.

Funciones:

Es un tejido de sostén de partes blandas y sirve como anclaje para los músculos.

Tiene una función de protección del SNC porque forma parte de la cavidad craneal.

Tiene una función de regulación de la calcemia (nivel de Ca en sangre). El tejido óseo tiene el 60% de la reserva de Ca del organismo. Si se requiere una mayor cantidad en sangre se va a remodelar y destruir parte del tejido óseo, liberándose Ca.

LOCALIZACION.

Formando parte de los huesos y del anillo fibroso del corazón. En animales viejos también aparece en la tráquea, en los cartílagos de la laringe y en las aves en la esclerótica del ojo.

TIPOS.

No laminar o primario.

Laminar o secundario. Se subdivide en:

haversiano o compacto.

caversiano, areolar o esponjoso.

periostio.

Tejido óseo no laminar.

Se da únicamente en el embrión, ya que rápidamente es sustituido por tejido óseo laminar. Consta de una matriz dispuesta formando travéculas que limitan espacios irregulares más o menos amplios: espacios o canales vasculares. Entre las trabéculas hay vasos, médula espinal y tejido conjuntivo laxo. Las trabéculas están constituidas por fibras colágenas entrecruzadas sin ningún tipo de orientación. Entre las fibras y la sfa no hay infiltración de sales de Ca. En la matriz se observan cavidades: osteoplasmas u osteoplastos, en cuyo interior se encuentran los osteocitos. Las lagunas no tienen una disposición estructurada. Los osteocitos son células irregulares con expansiones citoplasmáticas para poner en contacto unas células con otras y de tamaño variable. En la matriz existen canalículos que permiten el contacto de las expansiones. En la parte externa de las trabéculas se encuentran los osteoblastos, revistiendo toda la pared. Este tejido tiene su origen en el

cartílago endocondral o en tejido conjuntivo intramembranoso. En el adulto aparece en la remodelación de hueso cuando existe una fractura: aparece en un primer momento. También aparece en osteosarcomas (tumores) y en las fisuras cráneas.

Tejido óseo laminar.

Está compuesto por fibras de colágeno, sustancia fundamental amorfa y sales de calcio, además de por osteocitos. La matriz se dispone en una serie de capas o laminillas. Las fibras de colágeno de cada laminilla se tienden a disponer de forma paralela. Entre ellas hay sfa y sales de Ca. Las fibras de las distintas laminillas no tienen la misma disposición, siendo perpendiculares u oblicuas entre si. La dirección de las fibras siempre es diferente entre laminillas contiguas.

Los osteocitos están dispuestos en forma más regular y ordenada y siempre en relación con canalículos.

Tejido óseo laminar haversiano.

Se encuentra principalmente en la diáfisis de los huesos largos (caña del hueso). Su característica es que las laminillas tienden a disponerse en tres estructuras distintas:

sistema de Havers u osteonas.

sistemas intermedios o intersticiales.

sistemas circunferenciales interno y externo.

El sistema de Havers hace referencia a una disposición que se repite continuamente, siendo una unidad repetitiva y estructural. Su estructura es la de un conducto con su eje longitudinal paralelo al eje longitudinal del hueso. Está compuesto por un canal central llamado conducto de Havers. En su interior existen capilares y alguna vénula o arteriola ocasionalmente, además de terminaciones nerviosas amielínicas. En torno al conducto de Havers se disponen entre 8 y 15 laminillas dispuestas concéntricamente. Las laminillas están unidas entre sí por fibras de colágeno. Cada laminilla tiene sus fibras de colágeno paralelas y con distinta dirección que la laminilla adyacente. Las células que se encuentran en las lagunas excavadas en la matriz entre las laminillas son osteocitos. Están en contacto unos con otros por canalículos que parten de las lagunas, igual que en el caso anterior. Estos canalículos se denominan canalículos calcóforos. Las lagunas más próximas a los conductos de Havers tienen canalículos a otras lagunas y al conducto de Havers. En las lagunas más alejadas, los canalículos regresan a la misma laguna, denominándose canalículos recurrentes. Estas lagunas no pueden contactar con otras cercanas porque no existen cerca. La importancia de los canalículos es que permiten la nutrición de los osteocitos. En el tejido cartilaginoso, los nutrientes pueden difundir por la matriz. Aquí no, porque la matriz es totalmente impermeable.

Los sistemas intermedios están formados por laminillas paralelas que ocupan los espacios entre las osteonas. Se cree que son osteonas que en el proceso de crecimiento del hueso han sido destruidas y que quedan así, como un residuo.

Los sistemas circunferenciales son dos:

externo: está formado por capas de laminillas paralelas situadas en la parte más externa del hueso. No existe disposición de osteonas a este nivel. Está en contacto con el periostio.

interno: es igual que el anterior pero por la parte interna del hueso. Se encuentra en contacto con el endostio. Su límite se establece por la línea cementante de Ebner, límite entre los sistemas circunferenciales y el resto del tejido óseo compacto formada por matriz.

Además encontramos en el tejido óseo compacto canales de Volkman, que atraviesan totalmente las osteonas poniendo en contacto los conductos de Havers. No están rodeados por laminillas. Por ellos penetran los vasos del periostio y del canal medular.

Tejido óseo laminar caversiano:

En él existen laminillas, pero no aparecen osteonas. Se dispone formando trabéculas de grosor y espesor variable, que delimitan espacios irregulares comunicados entre sí: los espacios vasculares o cavidades vasculares. La disposición de las trabéculas es la de laminillas que no se disponen en torno a una cavidad central. Entre las laminillas se encuentran lagunas con células. De algunas parten calcóforos (con la misma función que antes) que desembocan muchas veces en los espacios vasculares que delimitan las trabéculas. No se forman osteonas. En las cavidades vasculares hay tejido conjuntivo laxo, vasos sanguíneos y médula ósea.

Tejido óseo periostio:

Es la capa osteogénica. Está formada por laminillas paralelas entre las cuales hay osteoblastos.

ESTRUCTURA GENERAL DEL HUESO.

En los huesos largos diferenciamos la diáfisis (cilindro hueco en cuyo interior está la médula ósea), en cuyas paredes existe tejido óseo compacto. En su interior se encuentra el canal medular. Los extremos son las epífisis, formadas mayoritariamente por tejido óseo esponjoso recubierto por una fina capa de tejido óseo compacto con todas sus características. El tejido óseo compacto está recubierto por el periostio, a excepción de donde exista cartílago metafisario. En el interior del hueso (en la cavidad de la diáfisis) esta capa se denomina endostio.

En las superficies articulares existe cartílago articular constituido por cartílago hialino, sin pericondrio.

Entre la epífisis y la diáfisis se encuentra la metáfisis. Es en esta zona donde se lleva a cabo el crecimiento en longitud del hueso. Se caracteriza por la existencia de una placa de cartílago de conjunción o cartílago metafisario (cartílago hialino). A partir de él surgen travéculas de tejido óseo esponjoso que se introducen en la cavidad medular. Cuando se detiene el crecimiento en longitud desaparece este tipo de cartílago y aparecen travéculas de tejido óseo esponjoso recubiertas por tejido perióstico.

En los huesos planos se distinguen dos tapas de tejido óseo formadas por tejido óseo compacto: tablas interna y externa. Entre ambas se encuentra tejido óseo esponjoso o díploe. También existe periostio (por fuera) y endostio recubriendo las trabéculas.

En los huesos de la cavidad craneal existe periostio en la tabla externa. En la cara externa de la tabla interna el recubrimiento está formado por la duramadre (también tejido conjuntivo).

En los huesos cortos como las vértebras, aparece tejido óseo esponjoso revestido externamente por el periostio.

PERIOSTIO.

Es una envoltura que recubre la superficie externa del hueso. Está fijado a él por fibras de colágeno que se llaman fibras de Sharpey. Estas fibras penetran en el tejido óseo y fijan el periostio al hueso. El periostio no aparece en el cartílago articular ni en la zona de inserción de ligamentos y tendones. Consta de dos capas:

interna, más cercana al tejido óseo, formada por tejido conjuntivo laxo y muy vascularizada.

externa, formada por tejido conjuntivo denso y vasos sanguíneos.

Capa interna u osteogénica:

Está formada por tejido laxo muy vascularizado. En el crecimiento del hueso se encuentran en ella células osteogénicas que dan lugar a osteoblastos activos.

Cuando no crece el hueso, existen células osteoprogenitoras inactivas: están ahí pero no forman tejido óseo. Volverían a ser activas si se produjese una fractura.

Capa externa:

Formada por tejido conjuntivo denso y vasos sanguíneos. Tiene fibras de Sharpey o perforantes: fibras colágenas que unen el periostio al tejido óseo.

Funciones:

Nutrición del tejido óseo gracias a sus vasos.

Capacidad osteogénica, interviniendo en el crecimiento por aposición, cuando el hueso es joven.

ENDOSTIO.

Está formado por una capa de células planas con capacidad osteogénica. Se encuentran tapizando las cavidades vasculares.

En el tejido óseo compacto tapiza:

el canal medular de la diáfisis.

el conducto de Havers.

el conducto de Volkmann.

En el tejido óseo esponjoso tapiza las cavidades vasculares.

ESTRUCTURA DE LOS HUESOS EN LAS AVES.

Existen diferencias con los mamíferos:

tipos de tejido óseo:

compacto.

medular, que actúa como depósito de calcio en las aves de puesta.

esponjoso.

Tejido óseo medular:

Está en la diáfisis, entre el tejido óseo compacto y el endostio. Se caracteriza porque:

no tiene osteonas.

la matriz ósea está formada por fibras colágenas menos orientadas y con mayor proporción de sales minerales (de calcio), por lo que los huesos son más quebradizos y blandos.

tiene osteocitos en mayor número.

Además, las aves tienen huesos neumatizados: en el húmero, en la cavidad medular, aparecen sacos aéreos llenos de aire que ocasionan una disminución del peso de los huesos del ave. En la cavidad medular del húmero, además hay médula ósea.

Otra diferencia es que la matriz ósea tiene mayor proporción de sales minerales.