

12

TEJIDO ÓSEO. ESTRUCTURA GENERAL. COMPONENTES CELULARES. MATRIZ ÓSEA

ESTRUCTURA DEL TEMA:

- 12.1. Introducción.
- 12.2. Función.
- 12.3. Propiedades físicas.
- 12.4. Clasificación.
- 12.5. Células.
- 12.6. Matriz ósea.

12.1. INTRODUCCIÓN

El tejido óseo es una variedad modelada de tejido conjuntivo. Igual que cualquier otro tejido conjuntivo se forma por células (osteocitos) y matriz intercelular (fibras y sustancia fundamental). Esa matriz va a estar mineralizada o calcificada, pero cuando se forma no lo está, se calcifica o mineraliza después. La matriz ósea no mineralizada es el **osteóide**.

12.2. FUNCIÓN

- De sostén. Constituye el esqueleto óseo, que entre otras cosas, modela el organismo.
- Locomoción del cuerpo, junto con los músculos.
- Protege estructuras vitales:
 - o Encéfalo → cráneo.
 - o Médula espinal → vértebras.
 - o Pulmones, corazón... → caja torácica.
- Contiene en su interior la médula ósea hematopoyética, que contiene las células precursoras de la sangre.
- Tiene una función metabólica. Almacén de calcio y movilización del mismo según las necesidades del cuerpo.

12.3. PROPIEDADES FÍSICAS

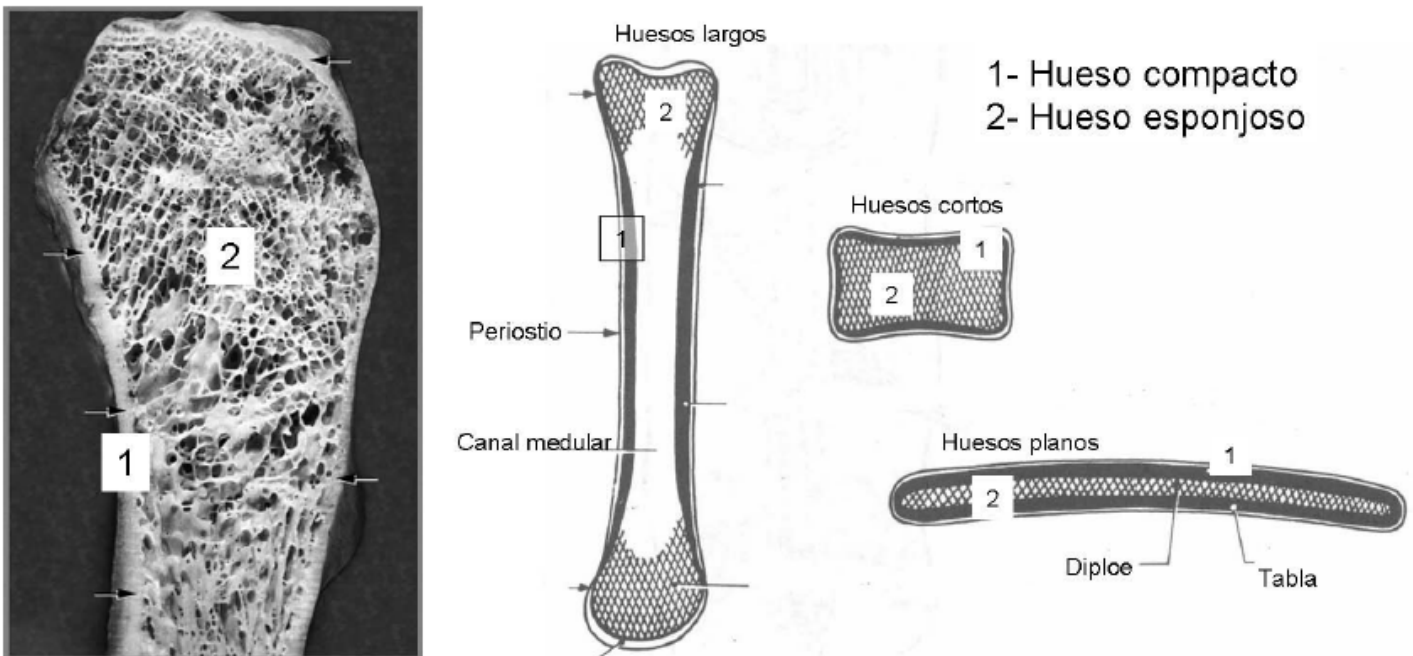
- Resistente a las fuerza de tracción y compresión.
- Ligeramente elástico y ligero de peso, pero muy duro y muy rígido.
- Está renovándose continuamente. Es una estructura dinámica, gracias a los procesos de modelación y remodelación ósea.

12.4. CLASIFICACIÓN

DESDE EL PUNTO DE VISTA MACROSCÓPICO:

- **Compacto** o **cortical**: forma una masa ósea compacta, que se sitúa en las superficies y sin apenas cavidades.
- **Hueso esponjoso, trabecular** o **reticular**: se caracteriza porque las trabéculas de hueso forman un reticulado tridimensional dejando cavidades amplias. Esas cavidades estarán rellenas de médula ósea hematopoyética.

En los huesos largos, a nivel de la diáfisis, hay una gruesa capa de hueso compacto. Rodeando esta capa hay una capa fina de tejido esponjoso y en el centro se describe una cavidad medular. A nivel de las epífisis, en la zona de articulación, se encuentra el cartílago articular. El resto de la epífisis se reviste por una fina lámina de hueso compacto y toda su porción central es hueso trabecular o esponjoso. Hay una capa externa que rodea todo el hueso, el **periostio**, desde donde los vasos sanguíneos entran al interior del hueso para nutrirlo. Las cavidades del hueso, ya sean de las trabéculas o la cavidad medular, se recubren con el **endostio**.



ANOTACIONES CLÍNICAS

- El hueso puede sufrir tanto desgaste (atrofia) por falta de movimientos, como hipertrofia, por exceso de utilización.
- El hueso tolera muy bien las prótesis gracias a que responde a estímulos mecánicos.

DESDE EL PUNTO DE VISTA ANATÓMICO:

- **Huesos largos:** miembros superiores e inferiores: tibia, peroné...
- **Huesos cortos:** tarso y carpo. Los forman una fina banda periférica de hueso compacto y porción central de hueso esponjoso.
- **Huesos planos:** los de la bóveda craneal. Estos huesos están constituidos por una tabla externa de hueso compacto y otra interna, y entre medias, una banda intermedia de hueso esponjoso llamada **diploe**.
- **Huesos irregulares:** vértebras, costillas... En este grupo se engloban aquellos huesos que no podemos incluir en los 3 grupos óseos anteriores.

DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA OSIFICACIÓN:

- **Huesos endoconectivos:** osificación endoconectiva.
- **Huesos endocondrales:** osificación endocondral.

DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA ORDENACIÓN DE LAS FIBRAS DE COLÁGENA:

- **Hueso laminar:** tiene las fibras de colágena muy ordenadas.
- **Hueso no laminar:** presenta las fibras de colágena en disposición irregular.

12.5. CÉLULAS

CÉLULAS OSTEOPROGENITORAS:

Derivan de las células mesenquimales indiferenciadas. Son células poco activas con una morfología fusiforme (parecida a la de los fibroblastos) y presentan finas prolongaciones citoplasmáticas.

Tienen un núcleo alargado de cromatina laxa, el citoplasma ligeramente eosinófilo (pálido) y pobre en orgánulos.

Pese a ser células indiferenciadas ya tienen capacidad para formar el hueso; pese a ello, no lo forman y son transformadas en otras células que si lo formará.

Las localizamos en la época de crecimiento activo y periodo fetal:

- Cara interna del periostio, endostio y rodeando los conductos de Havers.
- A nivel de las metafisis, rodeando las cavidades que deja el cartílago cuando degenera.

En el adulto sólo se activarán en casos de fractura.

OSTEOBLASTOS:

Cuando se agrupan las células osteoprogenitoras forman núcleos de osificación, se redondean y dan origen a los osteoblastos, que son las células formadoras de hueso, mejor dicho, de **osteoides**.

Constituyen una única capa con una disposición epiteloidea cuando van a formar hueso. Se unen mediante pequeñas prolongaciones unidas por nexos.

Tienen morfología cúbica, de citoplasma basófilo intenso y núcleo de cromatina laxa (señal de que la célula está activa), dispuesto en el lado más alejado de donde se está formando el hueso.

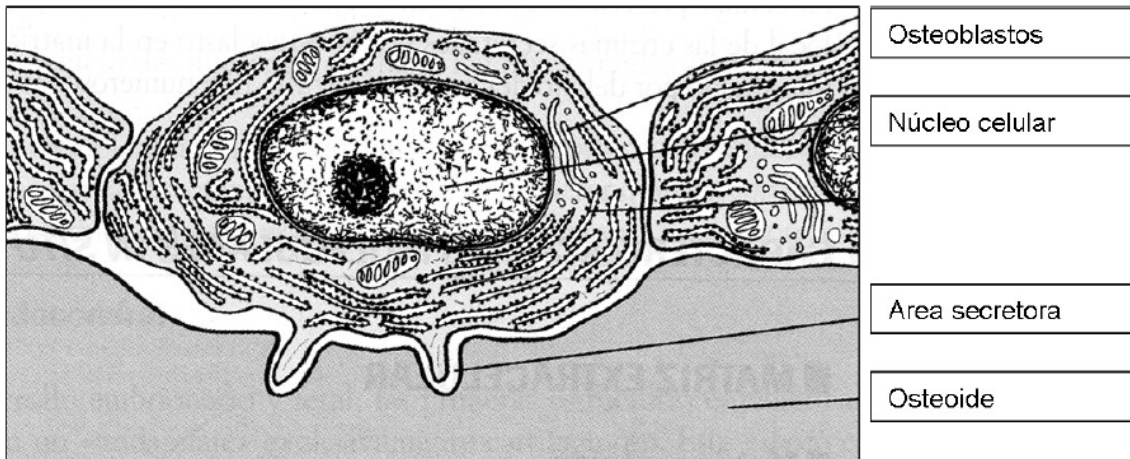
Respecto a los orgánulos, el aparato de Golgi bien desarrollado y abundante retículo endoplásmico. Estas células tienen pequeñas vesículas o vacuolas rodeadas de membrana, las llamadas vesículas matriciales, relacionadas con la formación del **osteoides**, y contienen fosfatasas alcalinas. Por tanto, estas células son fosfatasas alcalinas positivas y PAS positivas. Secretan:

- Colágeno tipo I, para la formación de fibras.
- Proteoglicanos, glucosaminoglicanos...: perlecan, por ejemplo.
- Glucoproteínas de adhesión: osteocalcina, osteonectina y osteopontina.
- Factores de crecimiento y citocinas: interleucinas (I-1, I-6 y I-11): favorecen la formación de hueso (estimulan al osteoblasto) y favorecen la reabsorción de hueso (estimulan los osteoclastos).

Además, en su superficie presenta receptores para la paratohormona (PTH) y para la vitamina D que estimulan a los osteoblastos. La PTH estimula el osteoblasto, que además de formar hueso, produce la liberación del factor de estimulación de los osteoclastos, por lo que el osteoblasto también puede favorecer la reabsorción de hueso, pero de forma indirecta.

Mecanismos de reabsorción del hueso:

- *PTH.*
- *Secreción de enzimas.* Para que los osteoclastos puedan reabsorber el hueso, necesitan ponerse en contacto directo con la matriz mineralizada, pero dicha matriz nada más formarse no está mineralizada. El osteoblasto sintetiza colagenasa entre otras enzimas, que es capaz de reabsorber el osteoides, que normalmente recubre al hueso, dejando actuar al osteoclasto por encontrarse en contacto con el hueso.



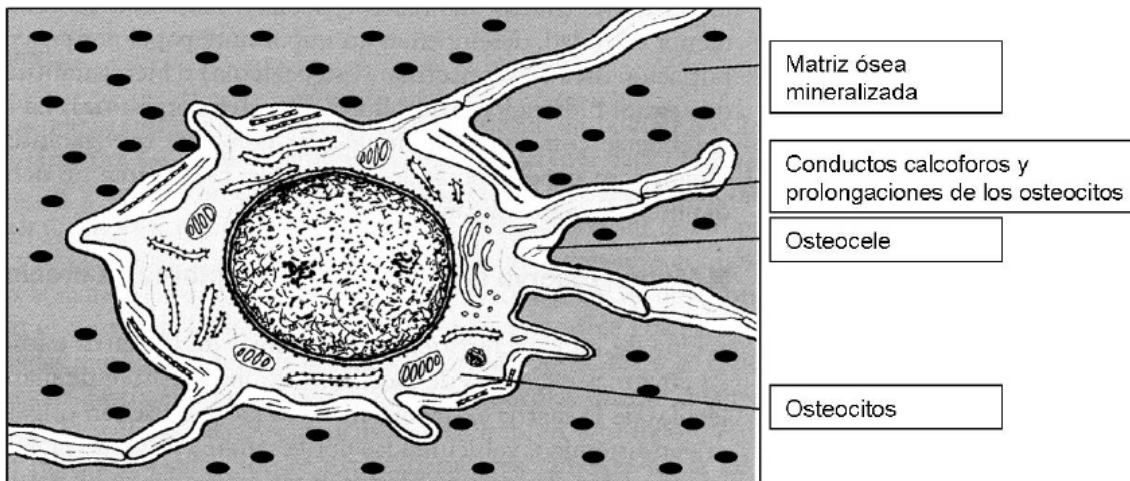
OSTEOCITO:

Un osteoblasto rodeado totalmente de matriz intercelular se denomina **osteocito**. Sobre esta matriz se va depositando el componente mineral y se calcifica. Son las células principales del hueso completamente formado.

La célula está incluida en las lagunas (**osteocela**) desde donde forma **canalículos (conductos calcóforos)**, que van a comunicar con otras lagunas. El osteocito adapta una morfología lenticular adaptándose a la forma del osteocela y emite prolongaciones que discurren a través de otros conductos calcóforos y que se ponen en contacto con prolongaciones de células vecinas a través de uniones de tipo nexo. En la periferia se ponen en contacto con el periostio, por lo que todas se conectan con el periostio indirectamente, que es por donde va a ir la nutrición (desde el periostio hacia el interior del hueso). Todos los osteocitos unidos entre si mantienen la estructura del hueso, pero no sintetizan más hueso.

MICROSCOPIA ÓPTICA

- Morfología lenticular, ovoidea.
- Pequeños núcleos centrales de cromatina más condensada y citoplasma ligeramente eosinófilo.
- Presenta contactos tipo nexo.

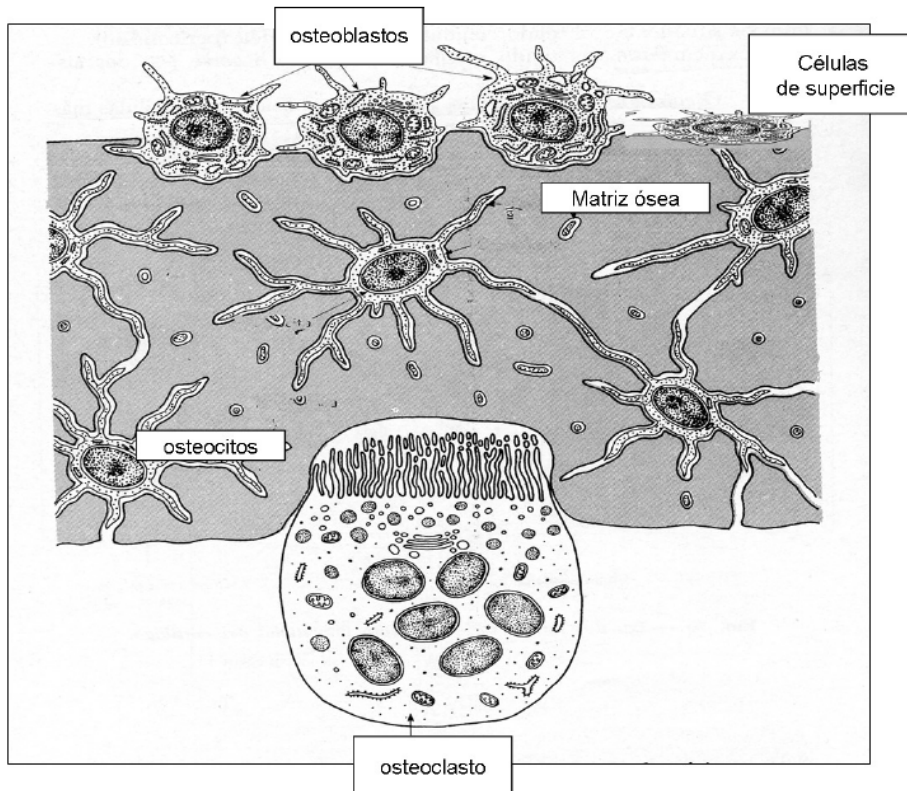


CÉLULAS DE LA SUPERFICIE ÓSEA:

Si el hueso libera un osteocito (por eliminación de la matriz ósea), el osteocito puede retroceder a **osteoblasto** (si se necesita de nuevo la síntesis de matriz), pero si no se necesita más hueso, se transforma en célula de la superficie ósea. Lo mismo le pasa al osteoblasto. Por tanto, concluimos que las células de la superficie ósea son células inactivas que se originan a partir de los osteoblastos u osteocitos que han finalizado de formación de hueso.

Son células aplanadas o fusiformes que revisten todas las superficies óseas internas y externas que no están en actividad.

Si de nuevo se necesita hueso, se transforman en osteoblasto para formar más hueso.



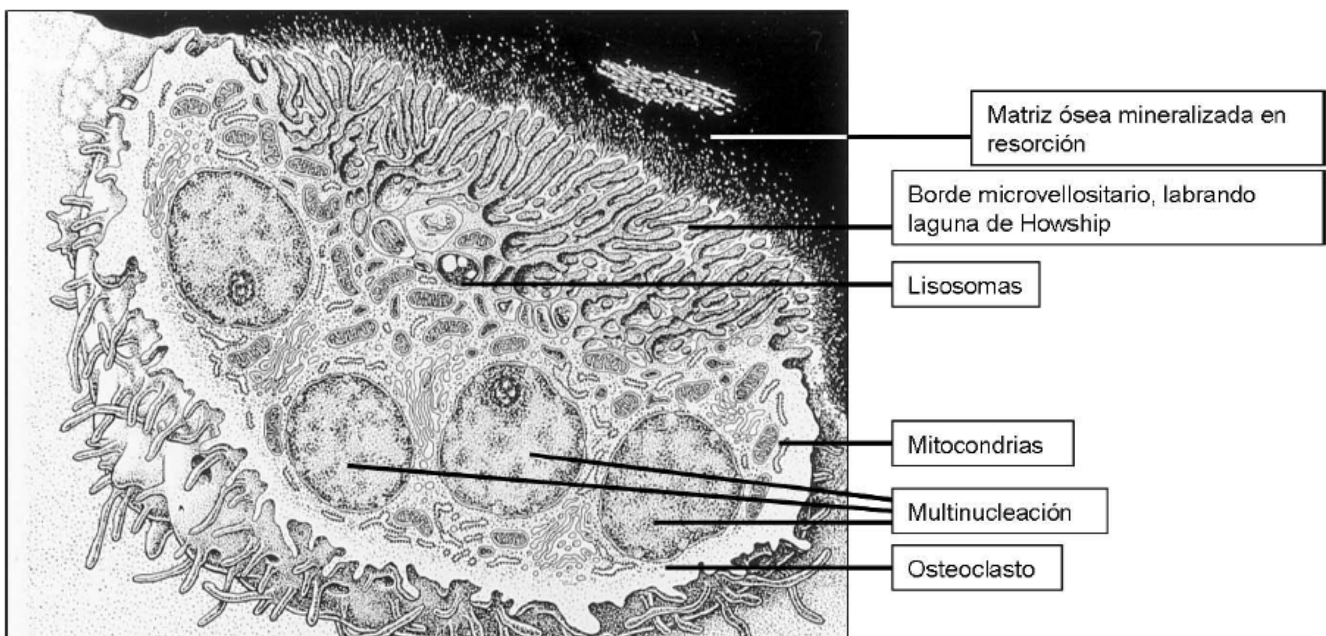
OSTEOCLASTOS:

No proceden de la célula mesenquimal indiferenciada. Procede del sistema monocito-macrófago, es decir, que de una célula madre hematopoyética, se formó una célula sanguínea (monocito), que pasó al tejido conjuntivo (macrófago especializado → osteoclasto).

Su función es la de reabsorber el tejido óseo. Son células multinucleadas gigantes, ya que pueden llegar a medir hasta 100-150 micras de diámetro, presentando entre 5 – 10 núcleos, pero puede llegar a tener 50. Son células polarizadas:

- Núcleos: se sitúan en el lado de la célula más alejado del punto donde se reabsorbe hueso.
- Múltiples prolongaciones digitiformes de la membrana plasmática en el lado donde se reabsorbe el hueso. A este lado se le denomina borde fruncido o canto plegado.

Son células intensamente eosinófilas. Se sitúan en una cavidad labrada por ellos mismos que se denomina **laguna de Howship**.



MICROSCOPIA ELECTRONICA:

- Presenta profundos pliegues de la membrana con un borde plegado.
- Orgánulos: presenta un aparato de golgi y pareja de centriolos por cada núcleo, así como un retículo endoplásmico escaso y abundantes mitocondrias, ya que es una célula que requiere mucha energía.
- Debido a su actividad macrofágica, presenta abundantes lisosomas y vacuolas que contienen enzimas lisosomiales (fosfatasas ácidas, hidrolasas, colagenasas...), que se sitúan cerca del borde plegado.
- En la cara citoplasmática del borde plegado presenta unas espículas que refuerzan la membrana.
- Aparece el *compartimento subosteoclástico*, entre el hueso que se va a reabsorber y el borde plegado. Los bordes de la célula se pegan al hueso a través de moléculas de adhesión, produciendo una *zona de sellado*, de forma que el espacio subosteoclástico queda completamente cerrado, hecho necesario debido a la naturaleza de las enzimas vertidas en dicho compartimento.
- No tiene receptores para la PTH.
- Presenta receptores para la calcitona, que inhibe la acción de los osteoclastos.

En la superficie del borde plegado se sitúa ATP que actúa como bomba de protones, de forma que pasan hidrogeniones hacia el espacio subosteoclástico, ayudados por la enzima anhidrasa carbónica. Esos hidrogeniones acidifican el espacio subosteoclástico. Se reabsorbe la matriz ósea inorgánica favorecido por el medio ácido. Favorecido por esta circunstancia, los lisosomas liberan los enzimas a la cavidad subosteoclástica, lo que hace que se reabsorba la matriz orgánica. También se han observado pequeñas vesículas de endocitosis, lo que hace pensar que también tengan lugar procesos de fagocitosis, pero fundamentalmente la reabsorción ósea la llevan a cabo los osteoclastos por mecanismos químicos.

Cuando estas células dejan de actuar, se trasladan a otros lugares (migración celular) o mueren por apoptosis.

12.6. MATRIZ ÓSEA

La matriz ósea está constituida por fibras y sustancia fundamental. Primero se sintetiza la parte orgánica, por parte de los osteoblastos. Esta matriz se denomina osteoide, y presenta dos tipos de componentes:

- Orgánicos: el 90% son fibras de colágeno tipo I (colágeno nativo). El otro 10% son proteoglicanos y glicoproteínas:
 - *Proteoglicanos*: son proteínas más pequeñas que el resto de proteoglicanos. La proteína core es más pequeña de lo normal, y los mucopolisacáridos son más cortos de lo normal y menos numerosos. Presentan ácido hialurónico, condroitín sulfato y keratán sulfato. Esta composición hace que la matriz ósea sea PAS positivo, pero menos intensa que la cartilaginosa, y también sea metacromática, y también más débil que la cartilaginosa.
 - *Glicoproteínas*: osteocalcina, Osteonectina, proteína siálica ósea, y diferentes glicoproteínas. Estas proteínas glicosiladas se encargan de unir el componente orgánico al inorgánico.
- Inorgánicos: aparecen trifosfatos cálcicos, formando cristales de hidroxiapatita. Estos cristales tienen forma de bastón, forma de paralelepípedo de unos 60 nm de longitud, y se encuentran embebiendo las moléculas de colágeno. También presenta carbonatos cálcicos, nitratos cálcicos, e iones de magnesio, sodio y flúor. Estos últimos elementos se tienen que incorporar al organismo para que haya buena mineralización.