

OSIFICACIÓN

- Osificación: formación del tejido óseo
 - síntesis de una matriz osteoide
 - mineralización, calcificación
 - depósito de minerales (Ca²⁺)
 - puede ser en tejidos diferentes al hueso.

TIPOS

Primaria

- Se produce sobre un tejido conjuntivo más o menos maduro
 - mesenquimático o cartilaginoso
- Hueso no laminar
 - generalmente, sustituido por hueso secundario
- Formación de los huesos y su crecimiento

Secundaria

- Se produce sobre otro tejido óseo, primario o secundario
- Procesos de modelación – remodelación de los huesos
- Origina siempre un hueso laminar

CÉLULAS PARTICIPANTES Y FASES

Células osteoprogenitoras

- Proceden de células madre mesenquimáticas (fusiformes, pocos orgánulos, citoplasma eosinófilo)
- Aparecen en el mesénquima fetal
- Cerca de los centros de osificación
- Originan osteoblastos

Células osteoformadoras

Osteoblastos

- Formación del osteoide
- Morfología poligonal – cúbica
- Disposición en empalizada (epitelioide)
- Elevada fosfatasa alcalina

Osteoblastos → Osteocitos

- Depósito de fosfato cálcico
- Osteoblastos recluidos en matriz mineralizada

Osteoclastos

- Destrucción de la matriz mineralizada
- Paso previo para la transformación en un hueso secundario, laminar.

FASES DEL PROCESO

Síntesis del osteoide

- Iniciada en los centros de osificación
- Osteoblastos

Mineralización

- Depósito de sales de calcio en el osteoide
 - matriz más eosinófila
- Osteoblastos “atrapados” transformados en osteocitos.

OSIFICACIÓN PRIMARIA ENDOCONNECTIVA

Osificación endoconectiva, intramembranosa, directa

- Transcurre en el mesénquima
- Formación de huesos de membrana “planos”
 - frontal, occipital, temporal, clavícula
- Varias fases sucesivas:
 - formación de hueso primario esponjoso
 - transformación en hueso compacto (tablas)

Formación de hueso primario esponjoso

- Mesénquima denso, muy vascularizado
- Diferenciación a osteoblastos
 - asociados, borde pseudoepitelioideo
- Síntesis del osteoide.
- Núcleo de osificación primario
 - hueso no laminar, con organización trabecular

FORMACIÓN DEL HUESO PRIMARIO ESPONJOSO

- Mineralización, osteoblastos → osteocitos
- Más células osteoprogenitoras → osteoblastos
- Trabéculas, más o menos equidistantes a vasos sanguíneos
- Crecen hasta confluir
 - tejido conectivo muy vascularizado entre ellas
- Esponjosa primaria.

FORMACIÓN DEL HUESO PRIMARIO COMPACTO

- En el interior, hueso esponjoso
- Superficies externa e interna
 - engrosamiento de las trabéculas
- Compacta primitiva
- Aparecen estructuras similares a sistemas de Havers
 - falsas osteonas
- Alrededor, conjuntivo fibroso → periostio
- Internamente:
 - conjuntivo → endostio
 - médula ósea

OSIFICACIÓN ENDOCONDRA

Osificación endocondral indirecta

- Modelo preformado
- Cartílago preexistente → tejido óseo

Proceso

Cambios en los núcleos de osificación endocondrales primarios

1. Alta actividad condrocítica
2. Mineralización irregular
3. Muerte del condrocito (condroceles acelulares)
4. Destrucción parcial tabiques calcificados
5. Acceso de osteoblastos; síntesis del osteoide
6. Formación de hueso (esponjosa primaria)
 - sobre una matriz condral mineralizada
7. Maduración

TOPOGRAFÍA Y FASES

Se originan:

- los huesos de las extremidades
- las palas ilíacas, columna vertebral, huesos de la base del cráneo

Formación de un molde cartilaginoso

- Células del mesénquima diferenciadas
- Síntesis de matriz condral
 - pieza cartilaginosa primitiva
- En la periferia, conjuntivo fibroso
 - pericondrio
- Crecimiento del cartílago

Formación del núcleo de osificación primario o diafisario

- Hipertrofia de los condrocitos de la mesodiáfisis
- Elevado glucógeno
- Liberación de factores angiogénicos
- Liberación de vesículas matriciales
 - inicio de la mineralización de la matriz
- Impermeabilidad de la matriz → degeneración y muerte

Formación del manguito diafisario (osificación endoconectiva)

- Alrededor de la porción central de la diáfisis
- Aparición de células osteoprogenitoras
 - a partir del pericondrio
- Diferenciación a osteoblastos (“empalizada”)
- Síntesis de osteoide (osificación directa, endoconectiva)
- Vaina diafisaria (manguito diafisario o subperióstico)

Formación del canal medular primitivo

- Penetración de vasos desde el periostio al interior
 - yema vascular: vasos + conjuntivo perivascular
 - aporte de células osteoformadoras y osteoclasticas
- Destrucción de parte de la matriz condral calcificada
- Formación de hueso sobre la matriz
 - molde cartilaginoso
 - trabéculas mixtas

Formación del canal medular primitivo

- Reabsorción del hueso formado <ul style="list-style-type: none"> - se origina el canal medular 	- En el canal, médula ósea hematopoyética
- Ampliación del canal <ul style="list-style-type: none"> - los vasos se aproximan a la epífisis 	- Crece el manguito perióstico <ul style="list-style-type: none"> - hacia los extremos - en grosor

Formación de los núcleos de osificación secundarios, epifisarios

- Proceso similar a la osificación diafisaria
- Núcleos de osificación secundarios
 - hipertrofia de los condrocitos
 - mineralización de la matriz
 - degeneración

- Penetran vasos y células osteoformadoras

- Se originan las cavidades epifisarias

- Expansión radial del hueso

- Permanece cartilago:

- por encima de la cavidad epifisaria
- entre el canal diafisario y la cavidad epifisaria

Crecimiento en longitud (osificación metafisaria)

- Complejo epifisio – metafisario (cartílago – placa de crecimiento)
 - franja transversal de cartílago hialino
 - en la zona límite epifisaria – diafisaria
- Dos funciones:
 - promover el crecimiento en longitud
 - osificación endocondral
 - soporte para generar hueso esponjoso

ZONAS DE CARTÍLAGO METAFISARIO

En el sentido epífisis – diáfisis:

- Zona de reposo	- Zona de cartílago mineralizado
- condrocitos poco activos	- mineralización de la matriz
- Zona de cartílago proliferativo o seriado	- Zona de eliminación del cartílago y de depósito óseo
- condrocitos en división, aplanados	- los condrocitos mueren (condroceles vacíos)
- apilados (“pila de monedas”)	- lagunas invadidas por osteoblastos
- base del crecimiento longitudinal	
- Zona de cartílago hipertrófico	
- gran tamaño	
- fosfatasa alcalina; vesículas matriciales	
- paredes transversales muy finas	

TRABÉCULAS DIRECTRICES

- Vasos diafisarios → células osteoformadoras y osteoclastos
- Osteoclastos destruyen la matriz condral
 - mineralizada, transversal
- Cavidades tubulares, trabéculas directrices
- Sobre las paredes, osteoblastos → osteoide
- Hueso trabecular primario

CONSECUENCIA

- Se produce:
 - resorción de los extremos diafisarios de las trabéculas
 - prolongación de las trabéculas desde la epífisis
 - La placa de crecimiento no modifica su longitud
- FORMACIÓN DE LOS HUESOS CORTOS**
- Osificación desde la zona central del cartílago
 - radial
 - similar a osificación de la epífisis de los huesos largos
 - Hueso subperióstico compacto delgado
 - Persiste cartílago en las superficies articulares