

## LE TISSU OSSEUX

### **-Périchondre:**

- mb entourant tout pièce cart sf cart articulaire
- 2 couches: ext riche en fibrob (*et de en fibres de collaG*), int riche en CSM (*suivie couche cart*)

### **-Croissance des c cart: les groupes isogéniques**

-GI axial/sérié: allongement longit' suivant axe diaph => dvt ds sens de la Lr = croiss interstitielle. À chaque fois que progéniteur se divise, précurseur qui en résulte pousse c d'en-dessous. (*si échelle: progénit' = haut de l'échelle, barreaux = c résultant de la division*)

-GI coronaire: donne le V au niv épiph (*par apposition de cart*). Chondrob se divisent ds chondroplastés entourés de la matrice. Chondroplastés augm de diamètre, poussent la matrice augmentant V épiph.

### **-Cart de croissance**

- situé entre épiph et diaph ( => *métaphyse*)
- constitué du cart hyalin (*le + ht de l'échelle: z de réserve des progéniteurs*) + cart sérié (*barreaux de l'échelle = z de prolif*) + cart hypertrophique (*bas de l'échelle: c st ici différenciées, chondroC s'hypertrophie, meurt, laisse place à l chondroplaste vide*) => *sous cart hypertrophique, au centre de la pièce, se trouve la MO, z d'invasion conjonctivo-vasc*
- fait grandir os ds sens de la Lr

### **-Formation des os plats:**

- uniquement ossif endoconj/mbeuse => pas besoin de cart

### **-Formation des os longs:**

-nécessite ossif endoconj (*croiss en épaisseur*) + endoch (*croiss en Lr*): ces 2 méca se font simultanément, // mt, indépendamment et de façon coordonnée.

## Ossification Ir

-embryon: pièce cart (*homogène*) d'abord uniquement composée de cart hyalin, puis un nodule de cart' hypertrophié calcifié apparaît au centre de la pièce (*dès cart sérié, chondrocyte sécrète PASE alcaline qui déclenche calcif de la MEC, puis dégénère: cytopl devient vacuolaire + n entre en caryolyse*)

-ossif endoconj apparaît dans la partie centrale de la diaphyse: nodule de cart' hypertrophié a atteint le périch, qui se transfo alors en périoste. CSM se transfo en ostéob sur face int périoste. Sur leur face int, ostéob fabrique la 1ere couche d'os. Puis périoste s'agrandit. Arrivée de nvx ostéob sur face int périoste. Sur leur face int, nvx ostéob fabriquent la 2e couche d'os sur face ext de la 1ere, etc... l'ossif endoconj se fait selon 1 mode CENTRIFUGE (*mais matrice osseuse pas encore minéralisée = substance ostéoïde, phase orga seulement*) /ostéob, enfermés ds matrice organique qu'il produit, va devenir ostéocyte/

-pièce cart continue de se dvper ac GIA et GIC: cart sérié fait « monter » les épiph, au centre le cart hypertrophié se dv pant de + en + va accueillir les vx

-qd pièce cart a atteint 1 certaine taille: arrivée des vx = invasion conjonctivo-vasc provenant du périoste (*nécessaires à ossif endoch qui a 2 pt d'ossif: diaph + épiph*). Dans périoste, //mt à la pièce cart on a des vx constitués de c endoth. Entre les c endoth se trouvent des CS. CS se divisent en précurseurs c endoth qui vt prolif et donner ramific qui pénètre « l'écorce » (*couches ostéob + lamelles osseuses encore non minéralisées*) et arrive au coeur du cart hypertrophique. Vx amènent éléments nutritifs + monocytes (*qui ft sauter les cloisons transversales cart séparant les chondrop en hauteur => constitution de tunnels, monoC élimineront aussi les débris*) + CS (*fournissent progéniteurs des ostéob + progénit' des c hématopo*) + GR (*apport en oxyG*). Vx vont passer dans les tunnels, alors alimentés en CS: CS vt donner ostéob qui vt tapisser le tunnel de lamelles osseuses = trabécules osseux (*sur face int chondrop = support endoch calcifié: reliquats cart' st éliminés par monoC*) => au fur et à mesure que pt d'ossif s'éloigne du centre il faut amener CS par nouveaux vx (*grâce à précurseur endoth*) => ossif endoch se fait selon un mode CENTRIPÈTE

-pt d'ossif diaphysaire (*arrivée de CS ds chondrop*) => formation os spgx trabéculaire

-puis bcp + tard pt d'ossif épiphysaire (*arrivée de CS ds chondrop*) => formation os spgx alvéolaire

-//mt, ossif endoconj se dv p en épaisseur + Lr

-centres ossif diaph + épiph évoluent ++ (*z de croiss lors ado*), autour il y a os cortical dense

-partie centrale se transfo en canal méd: trabécules osseuses st éliminées par ostéoclastes au centre de la diaphyse => place faite pr dvt hématopo (*d'abord au niv diaph, puis au niv épiph*)

-cart de croiss dim juqu'au moment où h° de croiss ne stim + le cart de conjugaison

-fronts d'ossific diaph + épiph se rejoignent, se soudent => disparition cart de croiss

-canal méd se termine, cart disparaît tot sf au niv du cart articulaire (*aux 2 extrém*) = reliquats de périch, non transfo en périoste, ayant perdu sa composante fibrob

#### **-Cart hyalin du dbt:**

-va accumuler du Ca = minéralisation (= *dépôt de minéraux dans 1 T, qlq que soit le minéral*) = dépôt de Ca = calcification, qui cfèrent 1 « dureté »

-ossific (=> *≠ calcification*) = transfo des briques calciq en cristaux d'hydroxiapatite = base de la str du TO

-cart hyalin sert d'éponge pr stocker Ca

-ostéob forment T ostéoïde (*uniquement constitué de fibres de collaG I*) => ostéob vt trouver sur place produits nécessaires à la formation de cristaux d'hydroxiapatite

-dc en 1) => cart pur, en 2) cart va se minéraliser = se calcifier

**-Ostéogénèse** = dépôt phase organique par ostéob sur:

-T mésenchym => ossific endoconj/enodomb (*os cortical*)

-travée cart => ossific endoch (*os spongieux trabéculaire/alvéolaire*)

-os => remaniement

**-Os cortical:** 2 str osseuses différentes

-os cortical Ir lamellaire => ap ossific endoconj

-os cortical IIR => remaniement os Ir = remaniement haversien (*transfo lammelles osseuses os Ir en s/u d'os lamellaire: les ostéones*)

**-Os médullaire** va être uniquement lamellaire: pas d'organisation en ostéones

#### **Ossification IIR = remaniement haversien**

-ostéoclaste va Wer os cortical Ir et former des cavités de résorption

-ostéoclaste part du canal méd, attaque d'abord perpendic la corticale de l'os puis remonte longit à la corticale selon lignes de force (*//mt au canal méd*)

-ostéoclaste permet formation du canal de Havers

-chaque ostéoclaste est suivit d'1 bourgeon conjonctivo-vasc (*provenant MO par prolif c endoth*)

-CS amenées par vx se transfo en ostéob

-ostéob sur leur face int déposent des lamelles osseuses selon un mode CENTRIPÈTE, fermant le canal de Havers

- « mm syst », mais str ostéonique + solide que syst cortical Ir

-vx vt arriver depuis diaphyse + épiphyses et pénètrent corticale

-ostéon = canal longit de Havers + lamelles osseuses + ostéocytes aux jonctions lamellaires (*ramific st orientées vers l'int = vers le canal de Havers: st reliés entre eux par exp cytopl = canalicules, qui leur permettent d'avoir des GAP junction et tous les ostéoC vt être en comm; à l'ext c'est la z d'adhésion des c*) + vx sguins (*art + veines*) + nf amyélinique

-formation de milliers/millions d'ostéones, renouvelés en permanence = os cortical IIR/haversien

-limite ext os haversien = périoste + str vascul qui entoure l'os

-ostéons communiquent grâce aux canaux de Volkman (*perpendic aux canaux de Havers*)

-**La matrice extra-cellulaire** est constituée:

-par périoste au niv os compact (*3 couches: int' ac précurseurs ostéob, ext ac fibrob qui forment matrice conj, et entre les 2 les CSM*)

-par l'endoste au niv du canal médullaire (*= fine couche de c osseuses + CS recouvrant toutes lamelles osseuses => frontière entre lamelles osseuses et T hématopo*)

-Os lamellaire (*= alvéolaire + trabéculaire*) n'a pas de str ostéonique => ostéon est uniquement retrouvé ds lignes de forces de la corticale

### La matrice extracellulaire de la lamelle osseuse

-**La phase organique** (35%): constituée de prot

-90% de fibres de collagène de type 1 (*maj*) + 5 produites par ostéob (*fibres de collaG 1 adhèrent sur face int du canal de Havers, ostéob s'accrochent dessus et dypent autour de ces fibres des cristaux d'hydroxiapatite*), + ostéopondine (*relie cristaux d'hydroxiapatite aux c osseuses*) + ostéonectine (*affinité pr collaG 1 + Ca => rôle dans minéralisation*) + ostéocalcine (*rôle ds minéralisation*) + sialoprot + thrombospondine (*permet attache c osseuses à la matrice via Rc mbr de la famille des intégrines*)

-10% de la subst fond (*contenant surtout acide hyaluronique + glycosaminoglycanes (en maj) + protéoglycanes, teneur très faible en eau: 25%*)

-**La phase minérale** (65%): est constituée de Ca

-fraction amorphe: constituée de str phosphocalcique, Ca est accroché à des prot + phosphates

-phase cristalline: la + imp, constituée de cristaux d'hydroxiapatite: phosphates + Ca + prot s'assemblent de manière cristalline: ap perte de certains composants prot, Ca prd str cristalline => formation de cristaux d'hydroxiapatite

### Calcification de la MEC

-ostéob/ostéocyte récupère le Ca

-Ca est métab par ostéob/ostéocyte qui accroche 1 prot porteuse

-prot-Ca st exocytés

-prot se détache du Ca

-Ca diffuse et précipite sous forme de sels insolubles ac les ions phosphates => accrochage du phosphate = str phosphocalcique constituant la phase amorphe (*très instable*)

-str phosphocalcique est utilisée par les Z du milieu int' (*dt Pases alcalines*) pr associer str phosphocalcique ds 1 str de forme cristalline

=> phase de préparation du Ca = nucléation, phase de synth des cristaux d'hydroxiapatite = accrétion, phase de cristallisation

### Élaboration d'1 lamelle osseuse

-1ere étape: ostéob appliqués contre 1 support produisent la matrice organique ou substance ostéoïde et deviennent des ostéocytes

-2e étape: la matrice se charge de sels minéraux = calcification. Sels calciques st d'abord déposés sous une forme amorphe, qui devient progressivement cristalline: la cristallisation commence par la nucléation (*dépôt des 1eres mailles*), suivie de l'accrétion (*chaque maille déposée induit la formation des autres*)

### Les cristaux d'hydroxiapatite

-unité fonctionnelle pr les échanges ioniques (*ont 1 surf considérable*)

-st adhérents aux ostéob car pt de liaison entre mb ostéoC/ostéob + MEC + cristal d'hydroxiapatite

-cristal d'hydroxiapatite a 6 faces

-str de base du cristal d'hydroxiapatite a aussi 6 faces: Ca st associés de façon hexagonale autour d'1 Ca

-le grand axe des cristaux d'hydroxiapatite est // à celui des fibrilles de collagène

-au niv du cristal on décrit (*distinction fonctionnelle car ont la mm str*):

-une couche profonde: couche de réserve pr le lg terme (*pas mobilisable rapidement*)

-une couche superficielle: permettant rég homéostasie calcique (*lib ou accrochage de Ca selon*)

-une coque d'hydratation où les échanges st rapides

## Les cellules impliquées dans l'os

**-les c bordantes:** ess retrouvées au niv endoste (*c probablement associées à des progéniteurs ostéob ou des CSM*)

**-les ostéoblastes:** c de l'os en formation. Une fois os formé, ostéob se transfo en ostéocyte pr rég homéostasie calcique. Fct° de l'ostéob:

- prod la phase organique de la lamelle osseuse (= *substance ostéoïde*) + éléments qui vt permettre sa calcification. Ostéob sécrète la Pase alcaline = Z qui hydrolyse la gaine de polyphosphates, gaine qui entoure fibres de collaG + inhibe calcific. Pase alcaline empêche dépôt anarchique de Ca (= *calcific*) + permet formation str cristalline
- rég de la calcification: sécrétion des 1ers éléments minéraux sous la forme d'ions solubles qui précipitent en phase amorphe (*voir calcific de la MEC*) => fabric maille initiale, accrochages de nouveaux atomes de Ca = nucléation
- rég de l'ostéolyse: frein act des ostéoclastes par sécrétions prostaglandines, renfort act ostéoclaste en sécrétant fr qui augm mobilité ostéoclastes, + sécrétion collagénase permettant à ostéoclaste de s'accrocher sur matrice osseuse

**-les ostéocytes:**

- c qui suit l'ostéob = c différenciée = c de l'os formé = ostéob entièrement entourés par matrice osseuse minéralisée
- chaque ostéocyte est logé dans 1 ostéoplaste (*lacunes à bords lisses => ostéoC jeunes, lacunes à bords irréguliers => ostéoC âgés*)
- ostéocyte est entouré de fibres de collagène, elles-mm entourées par des cristaux d'hydroxiapatite.
- prlgmt cytopl ostéocytes s'enfoncent ds canalicules qui unissent les lacunes: tous les ostéocytes comm par ces filaments cytopl qui créent des GAP junction ds les canalicules (*si fracture: il faut refabriquer os => captation de Ca => os se déminéralise => cristaux d'hydroxiapatite fondent => os fond*)
- ostéocyte intervient ds rég ionique (*grâce à face superficielle des cristaux d'hydroxiapatite*)
- ostéocyte jeune => termine synth entamée par ostéob, ostéocyte âgé => act ostéolytique imp (*de part son syst lysosomal*). Cette double fct° est sous le contrôle hormonale de la parath° et de la calcitonine

**-les ostéoclastes:**

- détruisent l'os
- os est rongé à sa surf par ostéoclaste, pr permettre reformation os par ostéob = remaniement osseux
- c de très grandes tailles, contenant 30 à 50 noyaux (*ostéoclaste avale toutes les c qui se trouvent devant lui, + dissout tout ce qui est minéral*), présentant 1 mb en brosse sur pôle situé du côté de l'os
- contiennent bcp de vacuoles de phagocytose + lysosomes (*tous et toutes regroupés sous la bb*) + effectue trafic d'endocytose et exocytose (*certain éléments vt être recyclés pr être refournit à l'ostéob*)
- ostéoclaste ne s'accroche que sur matrice osseuse minéralisée (*et pas sur mb conj*) => monoC aura dissout par collagénases les fibres de collagène autour de l'os
- ostéoclaste descend sous mb conj, va venir s'accrocher à matrice osseuse par prot de liaison => mb ostéoclasique et MEC vt se souder, créant une z étanche entre ostéoclaste en haut et matrice en bas = lacune de Howship
- femt ostéoclaste:
  - anhydrase carbonique permet transfo  $CO_2 + H_2O = H^+ + HCO_3^-$  ds l'ostéoclaste
  - H<sup>+</sup> st exocytés ds la chambre = lacune de Howship
  - pH de la lacune dim ac arrivée H<sup>+</sup>: à pH 5, dissolution des cristaux d'hydroxiapatite par H<sup>+</sup> + dissociation fibres de collaG ensuite détruites par les hydrolases (*décrochant les c*) => dissociation collaG-prot de liaison-cristaux d'hydroxiapatite
  - tout ce qui est dissout va être absorbé par l'ostéoclaste par vésic de phagocytose
  - ions st remis en circulation => ostéoclaste participe au maintien du taux normal de Ca et de phosphates ds le plasma (*fct° contrôlée par parath° et calcitonine*)
  - qd ostéoclaste relibère os, comme celui-ci contient fr croiss des ostéob => stim des ostéob
  - ostéoclaste: chimère entre ostéogénèse et résorption

### Formation d'1 ostéon

- CSM amenées par vx deviennent ostéob qui se rangent contre la paroi de la cavité de résorption
- synth d'1 1ere lamelle osseuse d'abord non calcifiée
- d'autres CSM se transforment en ostéob déposant 1 nouvelle lamelle osseuse non calcifiée en dd de la 1ere (à chaque fois le canal se réduit: qd canal vraiment très étroit => canal vasc de Havers de l'ostéone définitif)
- ostéone débutant: possède qlq lamelles, limite externe = ligne cimentante = trace de l'ancienne cavité de résorption, lum large, vx bien visibles, canal se réduit au fur et à mesure dépôt lamelles osseuses
- ostéone avancé: plusieurs lamelles, canal encore large, lamelles périphériques st blanches (=> calcifiées), lamelle interne est bleue (encore non calcifiée = substance ostéoïde). Zone limite entre liseré pré-osseux et 1ere lamelle calcifiée = ligne frontière => nouveau liseré pré-osseux est produit alors que l'actuel se calcifie
- ostéone achevé: a plus de liseré pré-osseux, est séparé du T voisin par la ligne cimentante, le canal central = canal central de Havers est étroit. Chaque lamelle est creusée de logettes contenant les ostéocytes. À travers toute l'épaisseur de l'ostéone: striation radiaire = canalicules reliant les logettes des ostéocytes

### Le remaniement de l'os

- remaniement Ir = os cortical en os haversien
- remaniement IIr = remaniement os haversien en permanence

#### **-le remaniement IIr**

- 1 c progénitrice va sortir des vx du canal de Havers
- c devient ostéoclaste et sort du cpt sguin pr passer ds cpt Tr
- ostéoclaste attaque la paroi perpendiculairement au canal de Havers, puis remonte longit' la paroi du canal de Havers selon les lignes de force
- vx amènent CS, et on va avoir des c bordantes
- CS donnent ostéob qui bordent face int du canal creusé par ostéoclaste
- prod de lamelles osseuses de manière CENTRIPÈTE
  
- ostéoclaste creusant perpendiculairement le canal => canal de Volkman
- ostéoclaste creusant longit' le canal => canal de Havers