

fondamentales externes. A la surface interne de l'os on trouve quelquefois des lamelles ayant la même disposition ; ce sont les *lamelles fondamentales internes*. Les lamelles fondamentales contiennent encore une autre variété de canaux vasculaires ; ceux-ci, en nombre variable, se distinguent des canaux de Havers en ce qu'ils ne sont pas entourés d'un système de lamelles concentriques. Ces canaux portent le nom de *canaux de Volkmann*, et les vaisseaux qui y sont contenus, celui de « *vaisseaux perfo-*

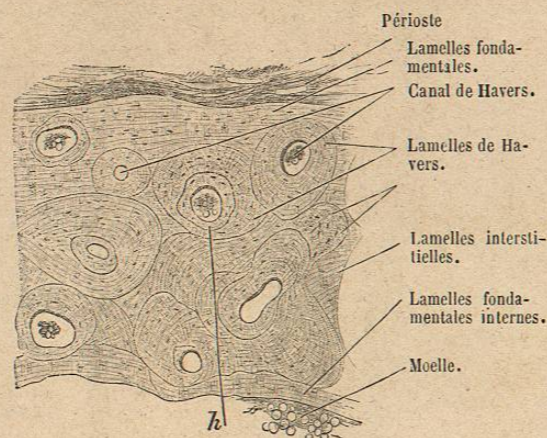


FIG. 50. — Fragment d'une coupe transversale d'un métacarpien de l'homme. (Gross. 50). Dans certains canaux de Havers on trouve encore de la graisse. h. Lumière du canal de Havers. (Technique n° 23).

rants » ; ces vaisseaux présentent des connexions multiples avec les vaisseaux des canaux de Havers ; c'est par une transition insensible que les canaux de Volkmann passent à l'état de canaux de Havers.

Les cavités osseuses occupent dans la substance compacte des positions parfaitement déterminées. Dans les systèmes de lamelles de Havers, l'axe longitudinal de ces cavités est parallèle à l'axe longitudinal des canaux de Havers ; elles sont incurvées dans le sens de la paroi de ces canaux, de sorte que, sur des coupes transversales, elles paraissent rangées concentriquement autour d'eux. Dans les lamelles interstitielles les cavités osseuses sont irrégulières ; dans les lamelles fondamentales elles sont parallèles à la surface de ces lamelles.

3. — La *moelle osseuse* occupe le canal central des os longs, les mailles de la substance spongieuse et aussi les gros canaux de Havers. Au point de vue de la coloration on distingue une moelle osseuse *rouge*, et une moelle osseuse *jaune*. Les éléments constitutifs de ces deux espèces de moelle sont absolument les mêmes ; la différence n'est due qu'à une plus ou moins grande quantité de graisse ; la moelle rouge se trouve dans le tissu spongieux des os courts et plats, de même que dans les épiphyses des

os longs, et même dans la diaphyse chez les jeunes animaux. La moelle jaune remplit le canal médullaire des os longs. Chez les vieillards et les personnes malades la moelle devient muqueuse, jaune rougeâtre, elle porte alors le nom de moelle *gélatineuse* ; elle est surtout caractérisée alors par sa pauvreté en matières grasses.

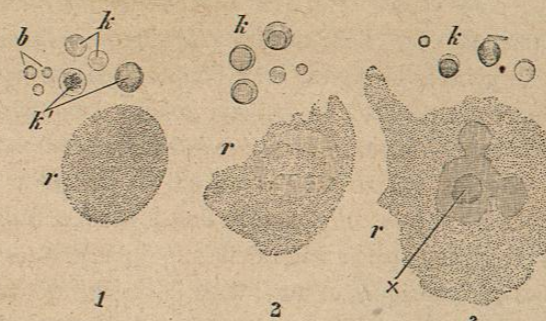


FIG. 51. — Éléments de la moelle osseuse à l'état frais. Corps vertébral de veau. (Gross. 560). — 1. Dissociation dans l'eau salée. — 2. Coloration au picro-carmin. — 3. Préparation après addition de glycérine acidulée. k, Cellules de la moelle osseuse. k' Deux cellules de la moelle osseuse contenant des amas de pigment, la cellule située à gauche est vue de face, celle qui est située à droite est vue de profil. b, globule rouge du sang non nucléé. r, Cellules géantes. La cellule placée à droite montre deux noyaux qui se détachent de ses parties latérales, et un autre en X qui se détache de sa surface. (Technique n° 24).

Les éléments de la moelle osseuse sont assez nombreux. Il y a d'abord une petite quantité de tissu conjonctif fibrillaire, des cellules adipeuses, des leucocytes, portant ici le nom de cellules médullaires, et des cellules géantes (*myéloplaxes*). Ces dernières sont des éléments volumineux, irréguliers, constitués par du protoplasma et un ou plusieurs noyaux.

Il y a des cellules géantes à noyau transparent, et des cellules géantes à noyau brillant, se colorant fortement. La forme des noyaux est très variable. Ils sont tantôt arrondis, tantôt lobulés ; ils peuvent en outre se présenter sous une forme rubanée ou annulaire et constituer même des réseaux. (fig. 51, 2, r) Les cellules à noyaux multiples proviennent de la segmentation partielle du noyau d'une cellule à un seul noyau (fig. 51, 3, r). Quelquefois le protoplasma cellulaire prend part à la division du noyau (bourgeoisement v. page 39) et il en résulte des cellules à un seul noyau (1). Il y a enfin dans la moelle rouge des cellules à noyau, dont le protoplasma coloré en jaune rappelle le protoplasma des globules rouges. Elles sont considérées comme des cellules-mères des globules rouges (hématoblastes). Les granulations pigmentaires jaunâtres qu'on trouve dans différentes cel-

(1) Quelques auteurs ont voulu voir dans les cellules à noyaux multiples le fait d'une fusion de plusieurs cellules entre elles. Cette opinion n'est plus admissible depuis qu'on a pu voir la segmentation nucléaire sur des cellules vivantes.

lules sont considérées comme le résidu d'une destruction sur place des globules rouges.

4. — Le *périoste* est une membrane constituée par un tissu fibreux dense; on peut lui distinguer deux couches: 1° une couche *externe* remarquable par sa richesse vasculaire; cette couche est intimement unie aux tissus voisins (tendons, aponévroses, etc.); 2° une couche *interne* pauvre en vaisseaux sanguins, mais très riche en fibres élastiques; celle-ci est tapissée par places de cellules cubiques, dont l'importance est considérable dans le développement de l'os. Le périoste adhère d'une façon plus ou moins intime à la couche osseuse sous-jacente. Cette adhérence est due aux vaisseaux sanguins qui vont à l'os ou qui en partent et en partie aussi aux fibres de Sharpey. On donne ce nom à des faisceaux conjonctifs particuliers, en grande partie non calcifiés, qui pénètrent dans le système des lamelles périphériques et aussi dans le système des lamelles intermédiaires immédiatement adjacentes, pour se diriger en divers sens. Les fibres de Sharpey existent dans tous les os, qu'ils soient développés aux dépens du cartilage ou aux dépens du tissu conjonctif. Leur nombre est variable; elles contiennent souvent des fibres élastiques. Ces dernières fibres restent parfois isolées dans les lamelles fondamentales périphériques.

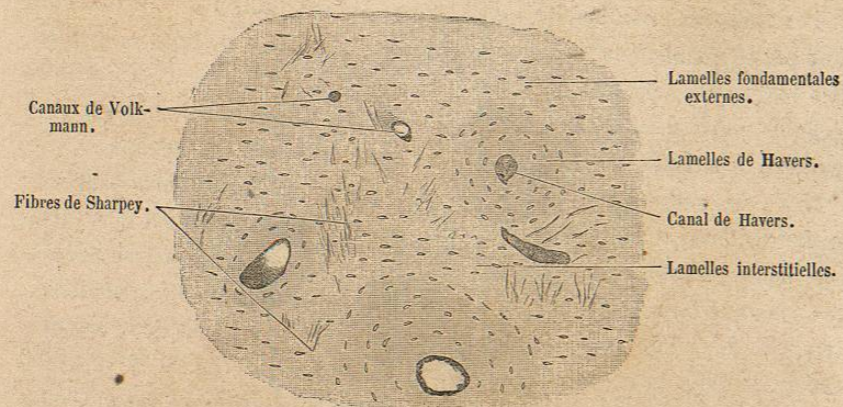


FIG. 52. — Coupe transversale du fémur d'un homme adulte. (Gross. 80). Préparation polie à la pierre ponce. (Technique n° 22).

Les *vaisseaux sanguins* du périoste, de l'os et de la moelle osseuse s'anastomosent largement entre eux, et aussi avec les vaisseaux avoisinants. De petites branches artérielles et veineuses partent des nombreuses artères et veines du périoste, pour pénétrer de tous les côtés dans les canaux de Havers et de Volkmann, et aller s'anastomoser avec les vaisseaux de la moelle. Celle-ci reçoit le sang par l'artère nourricière de l'os, qui, avant de se terminer dans la moelle en un riche réseau vasculaire, abandonne

au tissu osseux compacte quelques branches plus ou moins importantes. Les veines qui font suite aux capillaires de la moelle sont dépourvues de valvules. Il est très probable que les vaisseaux sanguins manquent de parois propres sur certains points de leur parcours intra-médullaire.

Les *nerfs* sont situés en partie dans le périoste, où ils se terminent en partie dans certains renflements qui portent le nom de corpuscules de Vater et en partie dans les canaux de Havers et dans la moelle osseuse. Ces nerfs sont tantôt à myéline, tantôt sans myéline.

b). MOYENS D'UNION DES OS.

Les os peuvent être unis sans articulation, par *synarthrose* ou avec articulation par *diarthrose*.

I. — *Synarthroses*. Cette union est réalisée tantôt par des ligaments, *Syndesmoses*, tantôt par du cartilage, *Synchondroses*.

a) *Syndesmoses*. Les ligaments qui constituent cette sorte d'union osseuse sont en partie *fibreux*, avec une structure analogue à celle des tendons, et en partie *élastiques*. Les ligaments élastiques sont formés par des fibres très élastiques et nombreuses, qui ne sont disposées ni en faisceaux, ni en lamelles, mais restent séparées les unes des autres par un tissu conjonctif lâche (voy. fig. 31). A cette classe appartiennent: le ligament cervical postérieur, le ligament stylohyoïdien, et les ligaments jaunes des vertèbres.

Les sutures osseuses appartiennent, elles aussi, aux syndesmoses; les dents de chaque rebord osseux s'envoient réciproquement de petits rubans fibreux.

b) *Synchondroses*. Le cartilage des synchondroses est rarement hyalin pur, ordinairement il est mélangé de fibro-cartilage, surtout au voisinage de l'os. Les cellules du cartilage hyalin sont souvent calcifiées.

Les ligaments intervertébraux, qui appartiennent aux synchondroses, présentent vers leur partie centrale une masse gélatineuse molle, contenant de nombreux groupes de cellules cartilagineuses. Cette masse centrale répond aux restes de la corde dorsale, ébauche embryonnaire de la colonne vertébrale.

II. — *Diarthroses*. Nous avons à considérer ici les extrémités articulaires des os, leur pourtour cartilagineux, le cartilage inter-articulaire ou ménisque, et enfin les capsules articulaires.

Les *extrémités articulaires des os* sont revêtues d'une mince couche de cartilage de 0,2 à 5 mm. d'épaisseur, qui va en diminuant du centre à la périphérie. Les cellules cartilagineuses, superficielles, sont disposées parallèlement à la surface du cartilage articulaire, elles sont aplaties;

dans les couches moyennes les cellules sont arrondies et souvent réunies en groupes ; enfin, dans les couches les plus profondes, les cellules cartilagineuses sont souvent disposées en séries longitudinales, perpendiculaires à la surface articulaire. A cette dernière couche se trouve annexée une couche mince de cartilage calcifié qui établit la jonction entre le cartilage hyalin et l'extrémité osseuse (fig. 53).

Tous les cartilages articulaires ne présentent pas la même structure ; c'est ainsi que les articulations costales, l'articulation sterno-claviculaire, l'articulation acromio-claviculaire et la tête du cubitus, ne sont pas pourvues de cartilage hyalin, mais d'un fibro-cartilage. L'articulation temporo-

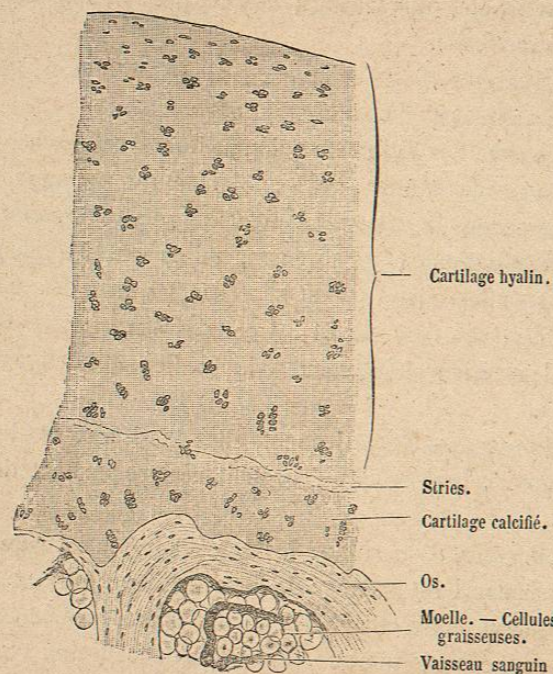


FIG. 53. — Coupe perpendiculaire de la tête d'un métacarpien d'un homme adulte. (Technique n° 25).

maxillaire, de même que la cavité glénoïde du radius, sont revêtues d'un tissu conjonctif résistant.

Les *bourrelets glénoïdiens* et les *ménisques* sont constitués par du fibro-cartilage.

Le cartilage articulaire des adultes est dépourvu de vaisseaux et de nerfs, il en est de même des ménisques et des bourrelets glénoïdiens.

Les *capsules articulaires* se composent d'une tunique externe fibreuse, *capsule articulaire fibreuse*, d'épaisseur variable et d'une structure identique à celle des ligaments décrits plus haut ; au-dessous on trouve une

couche interne, brillante, *la membrane synoviale*. Celle-ci est constituée, au niveau des points où elle touche immédiatement la capsule fibreuse, par un tissu conjonctif lâche contenant des fibres élastiques et par place des cellules graisseuses. En dedans de cette couche on trouve une seconde couche mince à faisceaux conjonctifs parallèles et tapissée sur sa face articulaire par un épithélium disposé sur une seule couche (endothélium). Les cellules épithéliales sont petites (11 à 17 μ), arrondies ou polygonales et possèdent un gros noyau.

La synoviale forme souvent des replis remplis de graisse. A l'extrémité de ces replis sont les franges synoviales, prolongements de formes très variées, la plupart du temps visibles seulement au microscope. Ces franges siègent de préférence à la périphérie des surfaces articulaires et donnent à la synoviale un aspect rougeâtre velouté. Leur structure est simple : une gangue conjonctive recouverte d'une ou de deux couches épithéliales.

C'est dans la couche de tissu conjonctif lâche que siègent les *principaux vaisseaux* de la synoviale. De ces vaisseaux partent des capillaires qui pénètrent dans la mince couche conjonctive interne et dans les franges synoviales. Toutes ces franges ne sont pas vasculaires. Les lymphatiques sont immédiatement sous-jacents à l'épithélium.

Les *nerfs* se trouvent dans la couche de tissu conjonctif lâche et se terminent le plus souvent dans des corpuscules de Vater.

La *synovie* ou liquide articulaire ne contient pas d'éléments figurés. Elle est constituée en plus grande partie par de l'eau, tenant en dissolution 6 0/0 de matières solides (Albumine, mucus, sels).



FIG. 54. — Franges synoviales vasculaires du genou de l'homme. (Gross. 50). A l'extrémité de la frange gauche l'épithélium est tombé de sorte que le tissu conjonctif apparaît. (Techn. n° 26).

c). DÉVELOPPEMENT DES OS.

Le tissu osseux est un tissu qui apparaît relativement tard. Pendant la période embryonnaire, les muscles, les nerfs, les vaisseaux, la moelle, etc., se trouvent déjà formés, alors qu'il n'existe encore aucune trace de tissu osseux. A cette période le squelette embryonnaire est formé par du cartilage hyalin. A l'exception de quelques parties du crâne et de presque toutes les parties de la face, les portions du squelette qui s'ossi-

feront plus tard, ne sont constituées que par du cartilage. C'est ainsi que, par exemple, l'extrémité supérieure de l'humérus, le radius, le cubitus, le carpe et d'autres parties du squelette de la main ne sont représentées que par du cartilage plein, et non pas creusé d'un canal central comme le seront plus tard les os qui en proviennent. Le squelette cartilagineux n'est que progressivement remplacé par le squelette osseux ; tous ces os, qui à la période embryonnaire n'étaient que du cartilage, sont décrits sous le nom d'os *primaires*. Les autres os, qui ne passent pas par l'état cartilagineux, portent le nom d'os *secondaires* ou d'os *conjonctifs*.

Au tissu osseux primaire appartiennent : tous les os du tronc, des extrémités, la plus grande partie de la base du crâne, à savoir : l'occipital à l'exception de la partie supérieure de l'écaïlle, le sphénoïde, le rocher, les osselets de l'oreille interne, l'ethmoïde, et le canal nasal inférieur.

Aux os secondaires appartiennent : les parties latérales du crâne, la voûte crânienne, et presque tous les os de la face.

a) Développement du tissu osseux primaire, ou de l'os cartilagineux.

Dans l'histoire du développement de l'os cartilagineux, deux processus sont à considérer : 1° la substance osseuse naît à l'intérieur du cartilage préexistant, c'est l'ossification *enchondrale* ; 2° la substance osseuse naît dans le voisinage immédiat du cartilage, à la surface de celui-ci, c'est l'ossification *périchondrale*. Ces deux processus commencent presque en même temps (le processus périchondral un peu plus tôt), mais ils doivent être décrits séparément.

1° *Ossification enchondrale*. Sur un point déterminé du cartilage, on voit les cellules augmenter de volume, se diviser, de sorte que dans une même capsule il y a plusieurs cellules. La substance fondamentale se trouble et l'on y remarque de fines granulations calcaires. C'est là le premier processus qui est si évident qu'on le voit à l'œil nu. En anatomie descriptive on appelle ces points des *points d'ossification* (ou mieux de *calcification*, fig. 55). Les parties cartilagineuses éloignées des points d'ossifications poursuivent leur accroissement en longueur et largeur ; au niveau du point de calcification lui-même, elles restent stationnaires, de sorte qu'il se forme à ce niveau un étranglement de la pièce squelettique (fig. 55). Pendant ce temps apparaît à la surface du point de calcification un tissu riche en vaisseaux et en jeunes cellules, le *tissu ostéogénétique*. Ce tissu pénètre dans le cartilage et détruit la substance fondamentale calcifiée ; les cellules cartilagineuses sont ainsi mises en liberté, et se mêlent aux cellules du tissu ostéogénétique ; le point de calcification se trouve, par le fait de cette destruction, creusé d'une petite cavité ; c'est l'espace médullaire primordial.

Autour de cet espace, la gangue cartilagineuse subit de nouveau le processus de calcification et de multiplication cellulaire que nous avons dé-

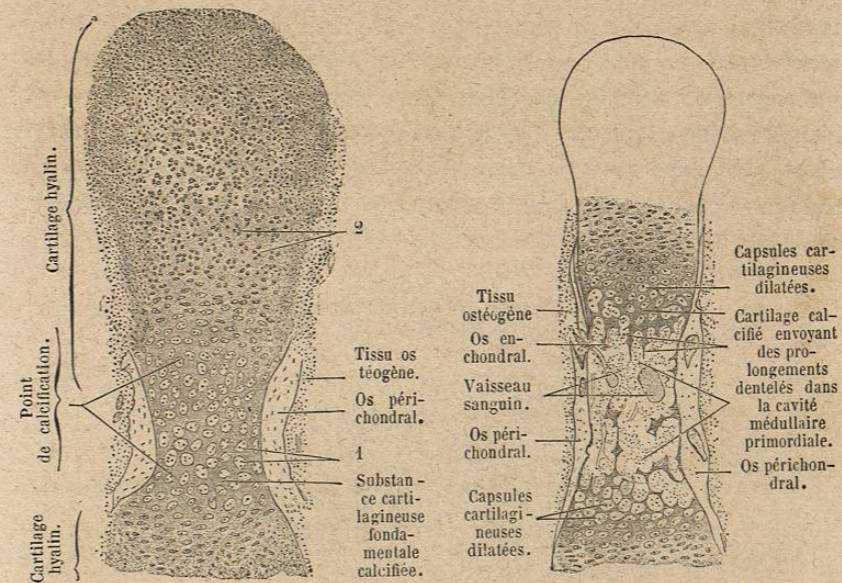


FIG. 55. — Coupe longitudinale du gros orteil d'un embryon humain de 4 mois. La coupe représente les deux tiers de la première phalange (Gross. 50). 1. Capsules cartilagineuses augmentées de volume contenant plusieurs cellules cartilagineuses.

Ce faible grossissement ne permet pas de reconnaître les cellules elles-mêmes, on ne voit que leur noyau punctiforme. 2. Cartilage en croissance. On voit les cellules cartilagineuses disposées en groupes de 3 à 4 cellules. Les cellules de chaque groupe sont elles-mêmes en multiplication. (Technique n° 27).

FIG. 56. — Coupe longitudinale du doigt d'un embryon humain de 4 mois. — La coupe représente les deux tiers de la seconde phalange (Gross. 50). — L'os enchondral n'est constitué que par de fines lamelles. Pour un grossissement plus fort, voy. fig. 57. (Technique n° 27).

crit. Peu à peu l'espace ou canal médullaire s'agrandit, la destruction du cartilage continuant toujours. Des groupes entiers de cellules cartilagineuses voient leur capsule éclater, pendant que la gangue calcifiée située entre ces groupes, se maintient encore sous la forme de prolongements dentelés faisant saillie dans l'espace médullaire (fig. 56). L'espace médullaire n'est à ce moment qu'une cavité anfractueuse, remplie de cellules et de vaisseaux sanguins. Ces cellules portent le nom de *cellules de la moelle cartilagineuse*. Elles auront plus tard des destinées diverses. Les unes, en conservant leur forme, deviennent soit des cellules de la moelle osseuse, soit des cellules graisseuses ; d'autres, fait important, deviennent *ostéoblastes*, c'est-à-dire qu'un certain nombre de ces cellules se déposent sur la paroi de l'espace médullaire, à la façon d'un épithélium à une seule couche, et y produisent de la substance fondamentale osseuse (fig. 57).

Tout à fait au début, les ostéoblastes siègent à la surface de la substance fondamentale osseuse, plus tard ils pénètrent dans cette substance même et deviennent cellules osseuses (fig. 57). L'activité de ces ostéoblastes ne tarde pas à recouvrir la paroi de l'espace médullaire d'une couche osseuse, mince au début, mais qui s'épaissit progressivement; les prolongements dentelés que nous avons décrits plus haut, se trouvent bientôt entourés de jeunes productions osseuses. De cette manière, le cartilage, plein auparavant, se trouve transformé en un os spongieux dont les trabécules contiennent encore des restes de la gangue cartilagineuse calcifiée (fig. 58, E, g.)

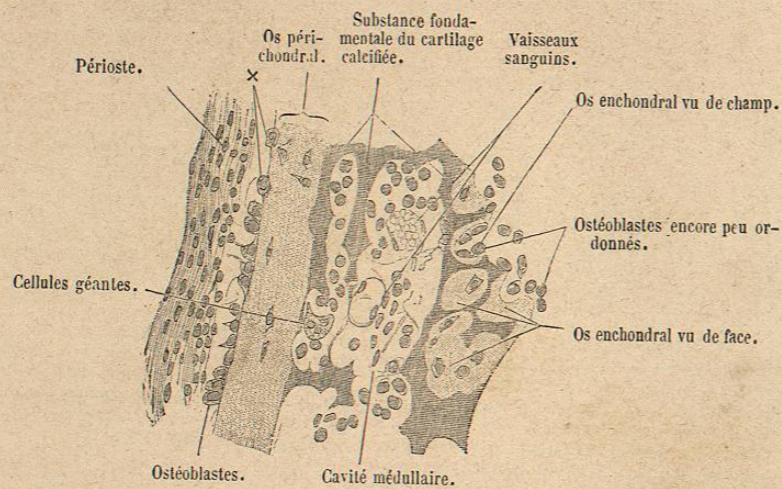


FIG. 57. — Coupe longitudinale de la première phalange d'un doigt d'embryon humain de 4 mois. (Gross. 240). Dans l'os enchondral, on voit déjà des cavités osseuses avec des cellules osseuses. Les deux ostéoblastes en X sont déjà à moitié entourés de substance osseuse. (Technique n° 27).

2° De l'ossification périchondrale. Cette ossification se fait par les ostéoblastes que nous avons déjà vu naître du tissu ostéogénétique, dont le siège était la surface du point de calcification (fig. 55). Grâce à l'activité de ces ostéoblastes, des couches de substance osseuse se déposent à la surface du cartilage (fig. 55); mais ces masses osseuses se distinguent de celles produites par le processus enchondral par le fait qu'elles ne contiennent pas de restes de gangue cartilagineuse calcifiée; cela se comprend aisément, l'ossification ici se fait non pas dans le cartilage, mais bien autour du cartilage. C'est sur l'os péri-chondral que l'on peut suivre la formation des premiers canalicules de Havers (fig. 58). L'écorce périchondrale ne se développe pas à la manière d'une couche uniforme et d'une épaisseur partout égale; on observe sur un grand nombre de points des enfoncements (fig. 58, h h) qui logent des vaisseaux entourés d'ostéoblastes;

au début, ces enfoncements ne sont que des gouttières ouvertes du côté de la périphérie; l'épaississement progressif des couches périchondrales amène l'occlusion de ces gouttières (h), qui représentent alors des canaux à contenu vasculaire; ce sont les canaux de Havers. Les os-

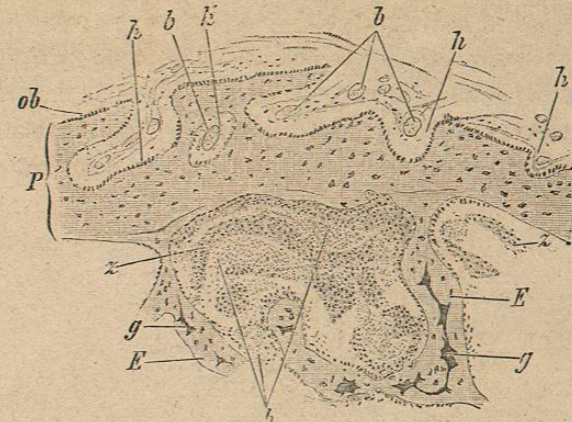


FIG. 58. — Coupe transversale de la diaphyse humérale d'un embryon humain de 4 mo is. (Gross. 80) P, couche osseuse périostale bordée d'ostéoblastes ob-hhh. Canaux de Havers en formation. h, Canal de Havers formé. — E, couche osseuse enchondrale bordée d'ostéoblastes, et contenant encore g. des restes de substance cartilagineuse calcifiée. — z, Cellules médullaires; b, Vaisseaux sanguins. Les parois de ces vaisseaux ne sont visibles qu'en partie. (Technique, n° 27).

téoblastes, enfermés dans les canaux de Havers, donnent naissance à des couches osseuses qui représenteront les lamelles de Havers.

La destruction du cartilage d'une part, auquel se substitue du tissu osseux par l'ossification enchondrale, l'adjonction d'autre part, à la pé-

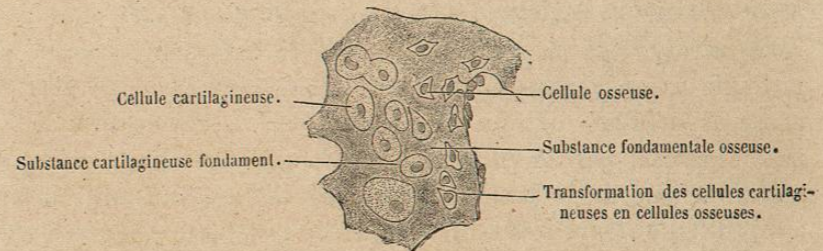


FIG. 59. — Coupe transversale du maxillaire inf. d'un jeune chien. (Gross. 240). Type métaplastique. (Technique n° 27).

phérie de nouvelle substance osseuse par le processus périchondral, transforment en os une pièce primitivement cartilagineuse.

Le squelette primordial se détruit donc; le squelette ultérieur ou définitif est une néoformation due à un développement progressif du tissu osseux. Ce mode d'ostéogénèse porte le nom de *type néoplastique*, en op-