

ȚESUTUL OSOS

Țesutul osos este o varietate de țesut conjunctiv adaptat în cel mai înalt grad **funcției de rezistență mecanică**. El conține preponderent substanță fundamentală bogată în glicozaminoglicani și proteoglicani **impregnată cu săruri minerale**, în special fosfat tricalcic, în care sunt incluse fascicule de fibre colagene.

Țesutul osos este un **țesut de susținere** deoarece alcătuiește cea mai mare parte a scheletului organismului. Unele componente osoase formează partea pasivă a aparatului locomotor, în timp ce altele (cutia craniană, toracele, pelvisul) adăpostesc organe de importanță vitală. În structura oaselor se găsește un alt organ de importanță vitală: **măduva hematogenă**.

În afară de aceste roluri, trebuie menționat că țesutul osos este un mare **rezervor de calciu, fosfor, magneziu și alți ioni**, care intervin în păstrarea echilibrului hidro-electrolitic al organismului, fără de care procesele metabolice nu ar fi posibile.

Similar țesutului cartilaginos, țesutul osos formează **piese osoase** individualizate, învelite la exterior de o membrană conjunctivo-vasculară cu rol de hrănire a osului și osteogenic, numită **periost**.

Structura țesutului osos

Țesutul osos, similar tuturor țesuturilor conjunctive, este alcătuit din:

- *celule osoase;*
- *matrice intercelulară*, formată din:
 - *fibre conjunctive;*
 - *substanță fundamentală.*

1. Celulele osoase sunt reprezentate de:

- osteoblaste,
- osteocite,
- osteoclaste.

1.1. Osteoblastele sunt celule osoase tinere rezultate din diferențierea celulelor mezenchimale sau a fibroblastelor. Sunt celule de formă poliedrică, cu prelungiri mici, care pleacă din corpul celulei în toate direcțiile. Prin aceste prelungiri celulele se jonctionează între ele.

Citoplasma celulei este intens bazofilă datorită unui conținut bogat în ribozomi, reticul endoplasmic rugos, mitocondrii și complex Golgi. În citoplasmă se găsesc numeroase granule PAS-pozitive, reprezentând glicozaminoglicanii sintetizați, destinați matricei extracelulare.

Studii de microscopie electronică au demonstrat că organitele citoplasmatică sunt foarte dezvoltate:

- RER (ergastoplasma) este format din numeroase cisterne neregulate și dilatate, pe suprafața cărora se dispun numeroși ribozomi și poliribozomi;

- aparatul reticular Golgi este dispus perinuclear și ocupă un volum mai mare decât al nucleului. El conține numeroase vacuole cu material PAS-pozitiv;

- mitocondriile sunt numeroase și răspândite în toată citoplasma;

- lizozomii sunt prezenți preponderent în ectoplasmă.

În afara de organele citoplasmice comune, s-au identificat numeroase filamente intermediare, mai abundente în citoplasma periferică.

Nucleul este rotund, normocrom, situat central și nucleolat.

Studii de histochimie au arătat că osteoblastele posedă un bogat echipament enzimatic: fosfataze, dehidrogenaze, glicogen-sintetaze, fosforilaze, esteraze, etc. Dintre acestea, **fosfataza alcalină** prezintă cea mai intensă reacție, ea intervenind în procesele de osificare.

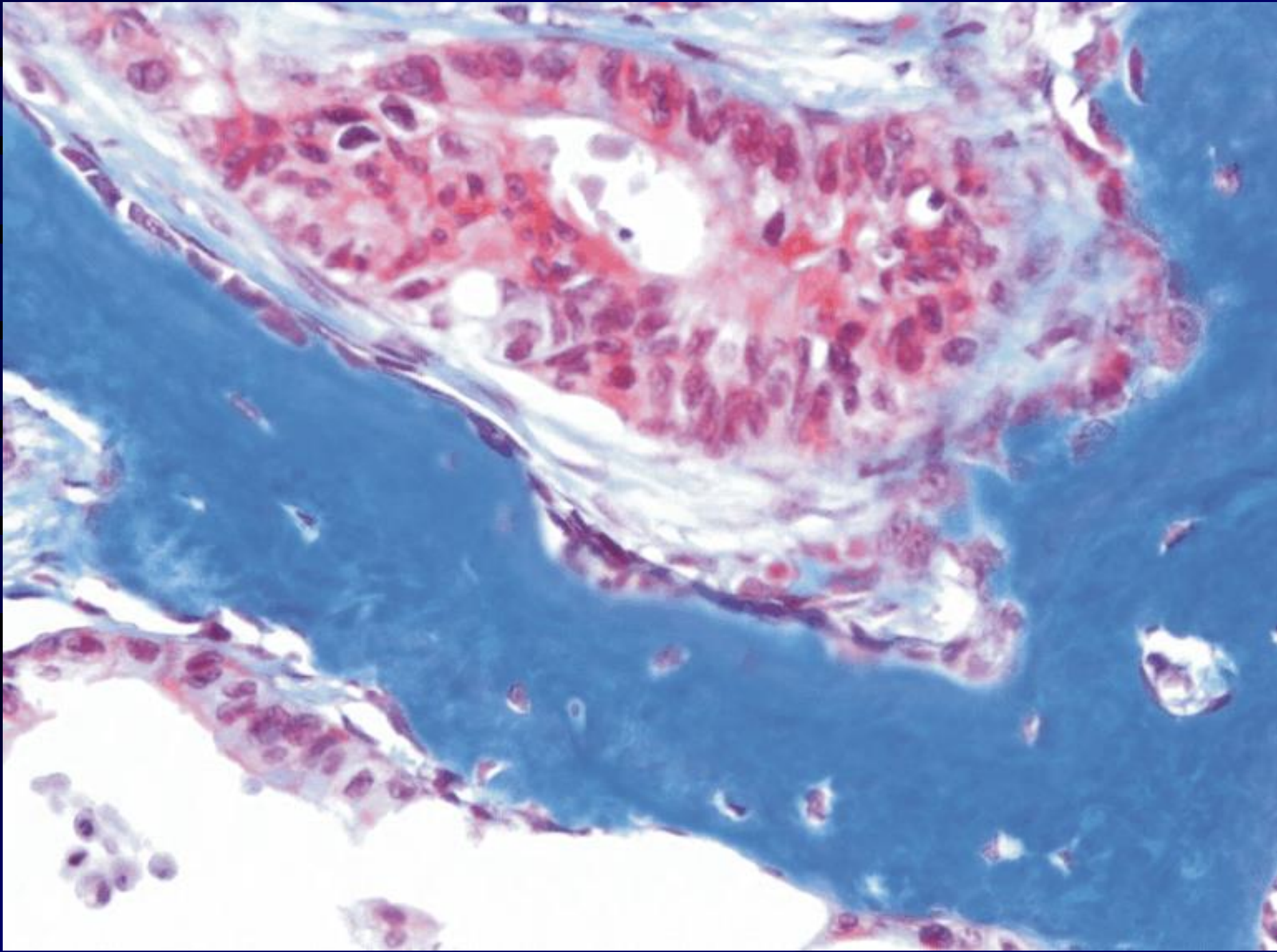
Osteoblastele sunt celulele care sintetizează toate componentele organice ale matricei extracelulare: **colagen tip I**, **proteoglicanii** și **glicozaminoglicanii** care alcătuiesc împreună substanța preosoasă sau **oseina**.

Datorită afinității oseinei pentru sărurile minerale și în mod deosebit pentru sărurile fosfocalcice, în matricea nou formată se vor depune diverse săruri minerale sub formă de cristale de **hidroxiapatită**. Aceste săruri minerale sunt reprezentate în principal de **fosfat de calciu**, **carbonat de calciu**, **fosfat de magneziu**, **clorură sodiu**, **citrați**, etc.

Depunerile de matrice osoasă se realizează atât în jurul celulei, cât și în jurul prelungerilor celulare, dar între membrana celulară și matrice va rămâne un spațiu ultrafin care va permite constituirea unor canalicule și a unor cavități în matricea osoasă.

Osteoblastele sunt celule polarizate. În embriogeneză ele se dispun la suprafața lamelelor osoase într-un singur rând și, prin polul bazal îndreptat spre lamela osoasă, secretă matricea osoasă. În momentul în care osteoblastul este înconjurat de matricea osoasă în care se depun săruri minerale, celula se transformă în osteocit.

O parte din osteoblastele situate la periferia țesutului osos, nu se vor transforma în osteocite, deoarece acestea se retrag permanent, iar la sfârșitul osteogenezei se vor transforma în **celule osteoprogenitoare**, care vor rămâne localizate în periost și endost. Aceste celule au o activitate metabolică și de sinteză mult mai redusă decât osteoblastele, dar se vor reactiva din nou în caz de fracturi osoase sau alte procese patologice.



1.2. Osteocitele sunt celulele osoase mature. Ele se formează prin diferențierea osteoblastelor. În țesutul osos matur osteocitele reprezintă doar 1% din volumul acestuia. Numărul lor scade pe măsură ce organismul înaintează în vârstă.

Osteocitele se găsesc dispuse în niște lacune săpate în matricea osoasă, numite **osteoplaste**. Spre deosebire de țesutul cartilaginos, unde un condroplast poate conține mai multe condrocite, în țesutul osos, un osteoplast conține întotdeauna numai un osteocit.

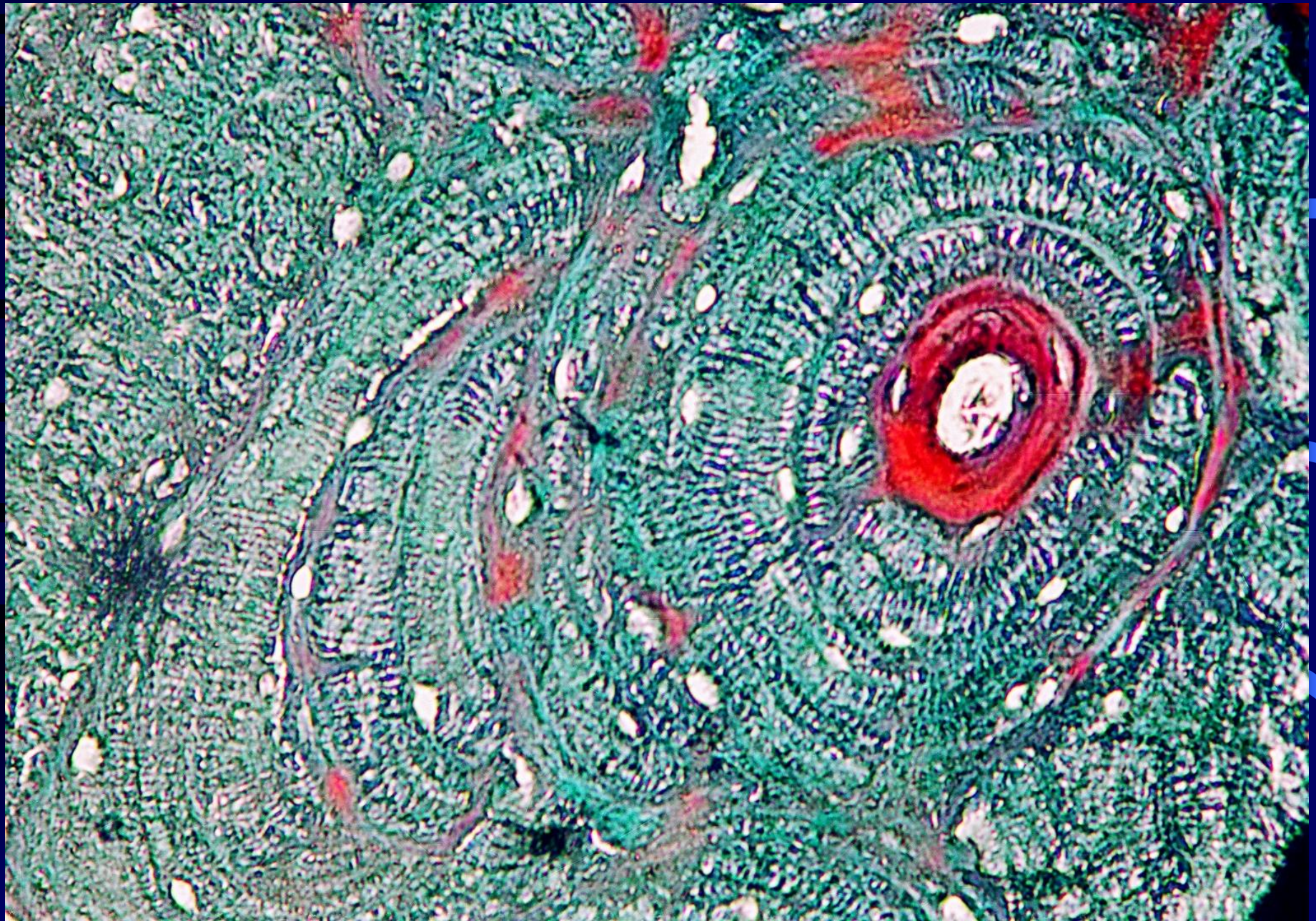
Numărul osteoplastelor pe mm^3 de țesut osos variază în funcție de sex, vârsta individului, efortul fizic, etc. La adult diafiza oaselor lungi conține aproximativ 26 000 de osteoplaste/ mm^3 .

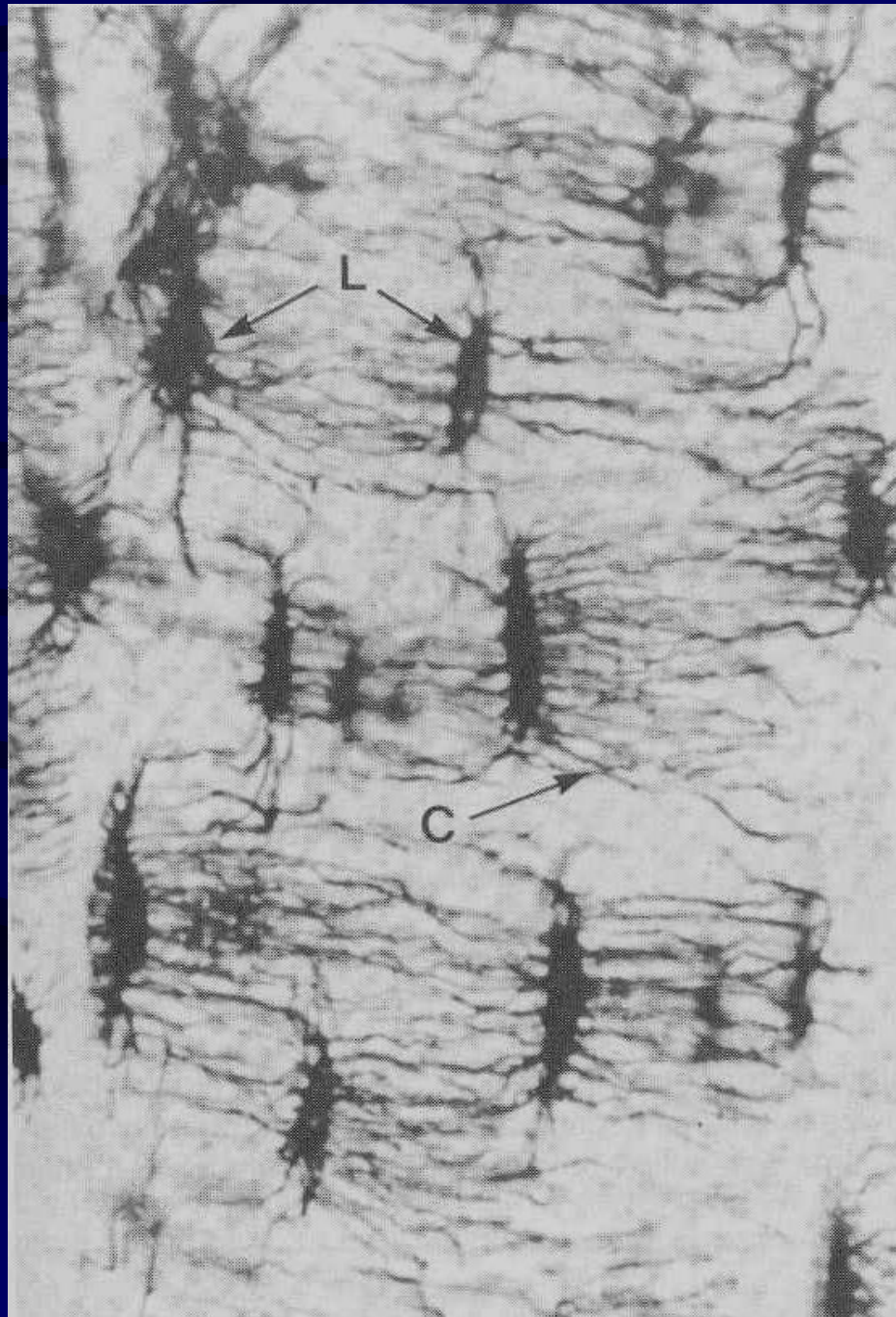
Osteoplastele sunt cavități de formă ovoidală cu diametrele de 20-40 μm / 10-15 μm care comunică între ele prin canalicule fine ce străbat matricea osoasă mineralizată. Această rețea de canalicule comunică cu spațiile conjunctivo-vasculare ale osului (canalul medular central, periost, canalele Havers), permițând circulația unui dializat plasmatic cu rol nutritiv pentru osteocite. Între osteocite și țesutul osos dur se interpune un strat de **osteoid**, mai puțin mineralizat.

Osteocitele sunt celule de formă ovalară cu diametrele de circa 30/10 μm , lipsite de activitate mitotică. Nucleul osteocitelor este ovoid, normocrom, situat central. Citoplasma este mai redusă cantitativ față de cea a osteoblastelor, slab bazofilă sau chiar acidofilă. Organitele citoplasmatică sunt mai puține, celula având cantități mai mari de mitocondrii, lizozomi și aparat reticular Golgi.

Din corpul osteocitelor pornesc prelungiri citoplasmatică fine cu diametrul de până la 2 μm , care pătrund în canaliculele matricei osoase. Acestea sunt lipsite de organite celulare, dar se cuplează prin joncțiuni de tip **gap** cu prelungirile osteocitelor adiacente. Studii de microscopie electronică și histochimie au demonstrat că pe această cale au loc schimburi de molecule și ioni între grupuri de până la 15 celule osoase. Circulația ionilor între osteocitele vecine joacă un rol important în menținerea homeostaziei fosfocalcice.

Osteocitele desfășoară o activitate de sinteză mai redusă. Ele sunt capabile totuși să sintetizeze toate componentele matricei intercelulare.



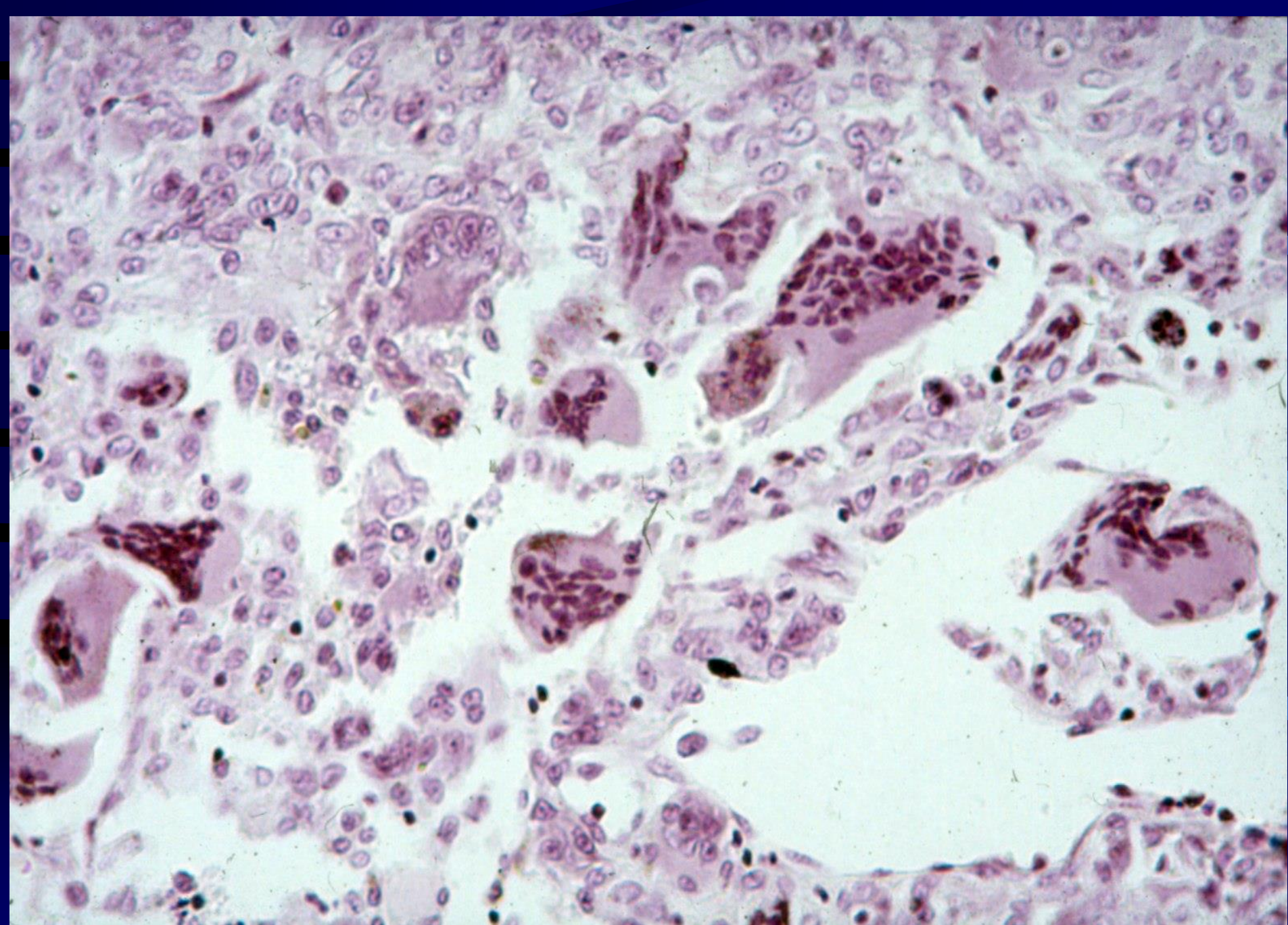


1.3. Osteoclastele sunt celule policariote (celule gigante multinucleate, formațiuni citoplasmatiche multinucleate) rezultate prin fuziunea monocitelor sanguine care, depășind peretele capilarului osos, s-au transformat în macrofage. Astfel, se poate afirma că osteoclastele nu aparțin liniei celulare osoase, ci se integrează în sistemul fagocitelor mononucleare (sistemul macrofagic).

Osteoclastele se găsesc în niște cavități denumite **lacunele Howship**. Aceste celule prezintă forme și dimensiuni variate. Cel mai adesea ele au dimensiuni mari și numeroase prelungiri neregulate. Citoplasma celulei este variabilă de la slab bazofilă la acidofilă intens. Osteoclastele cu citoplasmă bazofilă prezintă nucleu mari, hipocromi, nucleolați și se consideră a fi forme tinere, în timp ce osteoclastele cu citoplasma acidofilă prezintă nucleu mai mici și mai tahicromi. Acestea din urmă se consideră a fi osteoclaste mature funcționale.

Numărul nucleilor într-un osteoclast variază de la 10 la 50. Aceștia ocupă zona centrală a celulei.

În microscopia fotonică plasmalema celulei apare netedă, dar studii de microscopie electronică au demonstrat că suprafața externă a osteoclastului prezintă prelungiri microvilozitare.

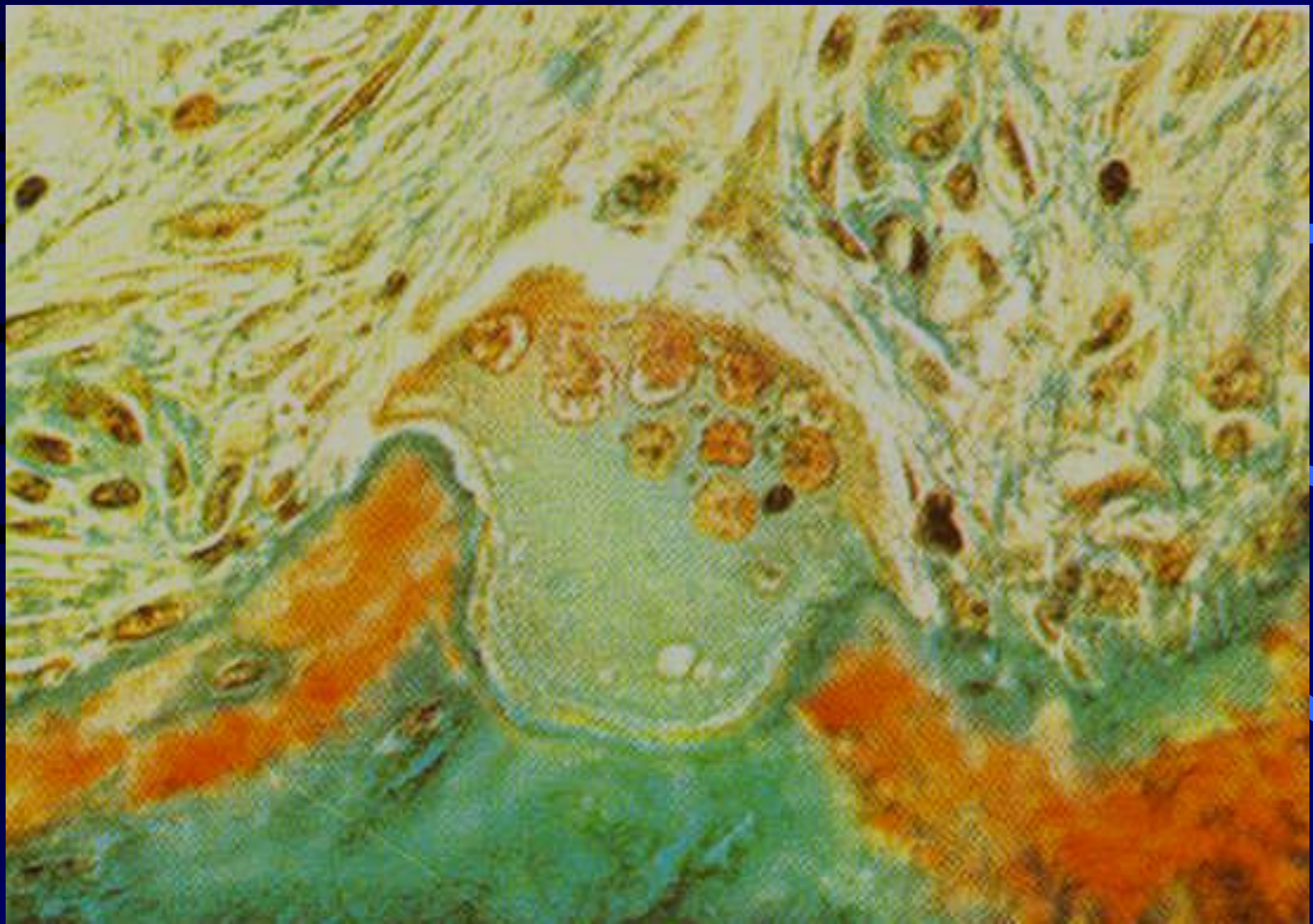


Repartiția organitelor citoplasmatiche indică o netă polaritate funcțională a celulei. Astfel, celula prezintă un pol activ îndreptat spre o zonă a țesutului osos, unde plasmalema este foarte plicaturată, motiv pentru care a primit numele de **margine convolută** sau **plisată**. În continuare se găsește o regiune citoplasmatică care nu conține organite ci numai microfilamente abundente, denumită **zona clară**, urmată de **regiunea veziculară**, în care se găsesc vezicule de diferite mărimi. Opus polului activ se găsește **regiunea bazală** a osteoclastului care conține nucleii și organitele citoplasmatiche.

Studii de histoenzimologie și microscopie electronică au demonstrat că osteoclastele conțin cantități mari de organite citoplasmatiche. Astfel, s-a remarcat că mitocondriile sunt abundente, alungite și conțin numeroase particule de calciu. Aparatul reticular Golgi se găsește dispus în jurul membranei nucleare sub formă de saci aplatizați. Reticulul endoplasmic este mai puțin reprezentat, observându-se câteva formațiuni poliribozomale diseminate neuniform în citoplasmă. Citoplasma este bogată în lizozomi și vacuole, de mărimi variabile, care conțin cristale de apatită.

Funcția principală a osteoclastului este aceea de **resorbție și remodelare a țesutului osos**. Acțiunea ei este maximă în perioadele de osteogeneză, când este nevoie de îndepărtarea surplusului de matrice osoasă.

Îndepărtarea matricei osoase este un proces complex care constă în decalcifierea locală a țesutului osos prin acizii organici excretați de osteoclaste prin marginea plisată, după care are loc digestia enzimatică extracelulară a materialelor proteice sub acțiunea hidrolazelor acide lizozomale, în special a fosfatazei acide și collagenazei.



2. Matricea osoasă

Este alcătuită din substanțe **organice** și substanțe **anorganice**.

2.1. Substanțele organice sunt reprezentate de: collagen, proteine necolagene și glicozaminoglicani.

Colagenul este componenta organică de bază a țesutului osos, reprezentând în osul matur aproximativ 95% din substanța organică.

Țesutul osos conține **colagen tip I**, organizat preponderent în fibre, dar și sub formă de molecule libere în substanța fundamentală. Fibrele de colagen sunt complet mascate de celelalte componente ale substanței fundamentale, astfel că, pe preparatele de os șlefuit acestea nu se pot evidenția la microscopul optic.

Studiul arhitecturii fibrelor de colagen se poate efectua pe preparate histologice de os decalcificat colorate adecvat (colorațiile tricromice dau cele mai bune rezultate). S-a putut astfel remarca faptul că fibrele de colagen au o așezare ordonată, fiind dispuse în lamele a căror orientare depinde de liniile de forță ce se exercită asupra osului. În cadrul unei lamele fibrele de colagen sunt paralele între ele, dar diferă ca orientare față de fibrele din lamelele învecinate.

Glicozaminoglicanii sunt reprezentați în special de condroitin-4-sulfati, condroitin-6-sulfati și keratan-sulfati.

Proteinele necolagene sunt reprezentate de sialoproteine și osteocalcină. Acestea conțin acid carboxil-glutamic care are o afinitate deosebită pentru sărurile de calciu.

Țesutul osos conține în matricea extracelulară cantități mici de lipide (colesterol, trigliceride, fosfolipide) și glicogen.

2.2. Substanțele anorganice sunt reprezentate de apă și săruri minerale.

Cantitatea de **apă** conținută de țesutul osos variază în funcție de vârsta osului, de la 15% până la 50%. Ea asigură mediul biochimic în care au loc în principal procesele metabolice de osteogeneză.

Substanțele minerale sunt reprezentate în principal de: **fosfatul tricalcic, carbonatul de calciu, clorura de calciu și fosfatul de magneziu**, dar în **cantități mai mici** în os se găsește și **citrat de sodiu și calciu, fluorură de calciu, clorură de sodiu**, etc. Țesutul osos conține în total aproximativ 1000 g de calciu și 500 g de fosfor. Tehnici diverse histologice, fizico-chimice și morfologice, dar mai ales tehnica de difracție a razelor X (Röntgen), au arătat că cea mai mare parte a ionilor de calciu și fosfor se dispun sub formă de cristale de **hidroxiapatită**, a cărei formulă chimică este: $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$.

Cristalele de hidroxiapatită au formă de prismă hexagonală cu lungimea de 40-50 nm, lățimea de 20-40 nm și grosimea de 2-5 nm. Fiecare cristal constituie o unitate funcțională pentru schimburile ionice care au loc între țesutul osos și mediul intern.

În jurul cristalelor de hidroxiapatită există un strat de apă și ioni, numit **stratul de hidratare**, care favorizează schimburile de ioni dintre țesutul osos și fluidele organismului.

Între componenta minerală și cea organică a țesutului osos se stabilesc relații morfofuncționale foarte strânse, care se edifică chiar din timpul procesului de osteogeneză. Astfel, cristalele de hidroxiapatită se dispun printre fibrele de collagen cu axul lung în lungul acestora, pe direcția principală de acțiune a forțelor mecanice ce se vor exercita asupra osului. Asocierea cristalelor de hidroxiapatită la fibrele de collagen conferă densitate și rezistență țesutului osos.

O patre din ionii de calciu și fosfor nu vor forma cristale de hidroxiapatită ci se vor dispune în substanța fundamentală sub formă de fosfat de calciu amorf. Fosfatul de calciu amorf se găsește în cantitate mai mare la oasele tinere, în cursul proceselor de osificare și în cursul procesului de vindecare al fracturilor.

Țesutul osos conține și alte substanțe minerale, care nu intră în structura cristalelor de hidroxiapatită, dar au roluri esențiale în fiziologia osului: **ionii de fluor** care reduc solubilitatea componentei minerale, **ionii de sodiu** care se mobilizează rapid în acidozele metabolice, **ionii de magneziu** care activează sistemele enzimaticе, etc.

Componenta minerală a osului este puternic influențată de unii **hormoni** (parathormonul, calcitonina, STH-ul, **hormonii corticosuprarenalieni**, **hormonii sexuali**, etc). Influențele concertate ale acestor hormoni permit reînnoirea permanentă a componentei minerale și menținerea homeostaziei mediului intern.

3. VARIETĂȚI ALE ȚESUTULUI OSOS

Țesutul osos prezintă aspecte histologice diferite în funcție de **vârsta lui** și de **forțele mecanice la care este supus**. Se pot descrie astfel două varietăți principale de țesut osos, și anume:

- țesut osos primar;
- țesut osos secundar.

3.1. Țesutul osos primar

Țesutul osos primar este prima varietate de țesut osos care apare în ontogenie. Este un țesut osos puțin diferențiat funcțional, cu caractere de tranziție între țesutul conjunctiv tânăr și țesutul osos.

Fibrele de collagen, ușor vizibile după decalcifiere, formează o rețea plexiformă. Ele sunt inegale ca diametru și lungime.

Substanța fundamentală este abundentă, intens PAS-pozitivă și metacromatică la colorațiile cu albastru de metilen sau albastru de toluidină, datorită bogăției în glicozaminoglicani.

Osteocitele sunt mai numeroase, de dimensiuni mai mari și fără nici o legătură cu spațiile conjunctivo-vasculare din jurul țesutului osos, cu citoplasma mai abundentă, bogată în organite de sinteză dispersate neuniform.

Datorită mineralizării mai reduse, acest tip de țesut osos este mai ușor penetrat de **razele X**.

Acest țesut apare pentru prima dată la fetus sub forma unei lame de țesut osos compact dispus în lungul diafizei osoase. Ulterior, el apare în cursul procesului de osificare ca un țesut osos spongios imatur cu diverse localizări în structura viitoarelor piese osoase. În viața extrauterină el este înlocuit progresiv de țesutul osos secundar. Deși este o formă tranzitorie, acest țesut poate apărea și în organismul adult, în focarele de fractură, în țesutul osos ectopic și în proliferările osoase patologice (osteosarcoame).

3.2. Țesutul osos secundar

Apare din viața intrauterină, iar în organismul adult formează în totalitate structura oaselor scheletului.

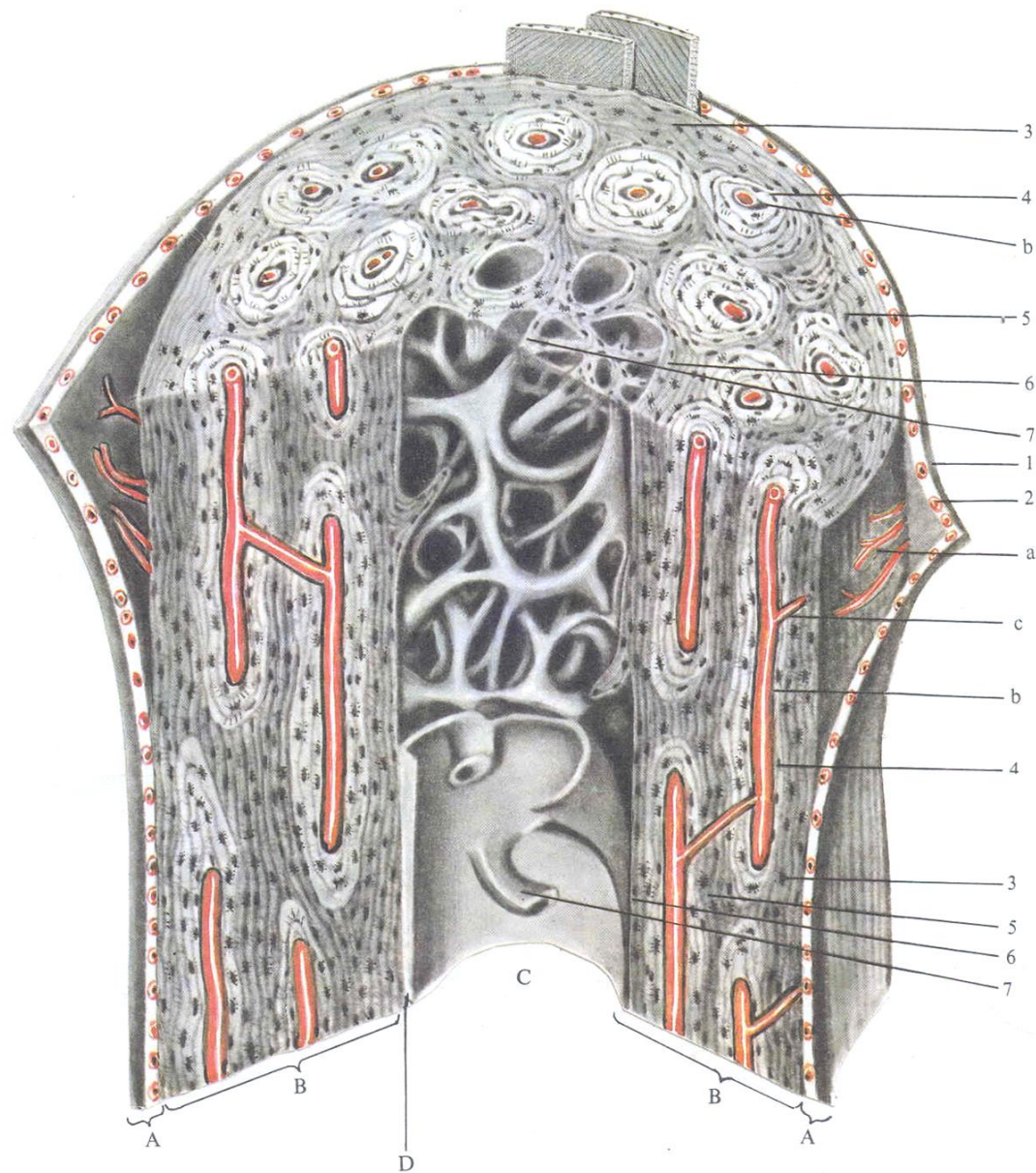
După aspectul morfologic prezintă următoarele varietăți:

- țesut osos fibros;
- țesut osos lamelar.

3.2.1. Țesutul osos fibros, denumit și țesut **osos periostic**, este format dintr-o lamă de țesut osos dispusă sub periost. În structura sa se găsește puțină substanță fundamentală, rare osteocite de dimensiuni mici și fibre de collagen abundente.

Fibrele de collagen se dispun în toate sensurile, dar predomină fibrele cu orientare paralelă cu axul lung al osului. Uneori, aceste fibre realizează fascicule grosiere. Ele se continuă spre suprafața osului fără nici o delimitare cu fibrele colagene ale periostului, iar în profunzimea osului se jonctionează cu fibrele colagene ale lamelelor osoase. Printre aceste fibre există și fibre colagene orientate perpendicular pe axul osului. Acestea se numesc **fibrele Sharpey** și reprezintă o prelungire la nivelul osului a fibrelor colagene din structura ligamentelor, tendoanelor, capsulelor articulare sau periostului.

Țesutul osos fibros se găsește la suprafața diafizelor osoase între periost și sistemul fundamental extern, la periferia oaselor scurte sau în tăblia externă și internă a oaselor late.



150. Esquema de la estructura del hueso tubular.

- | | | |
|--|--|--|
| A - periostio; | hueso; b - canal del osteón con vasos san- | cavidad medular; |
| 1 - estrato fibroso; | guíneos; c - canal perforador; | 7 - trabécula ósea del tejido esponjoso; D - en- |
| 2 - estrato de células poco diferenciadas; a - | 5 - sistema de láminas intercalares; | dostio (según V.G. Eliséiev, Yu. I. Afanásiev |
| vaso sanguíneo; B - sustancia compacta del | 6 - estrato de láminas comunes internas; C - | y E. F. Kotovski). |

Țesutul osos lamelar este varietatea de țesut osos ce predomină în structura osoasă a scheletului. Este constituit din unități structurale numite **lamelle osoase**. Lamellele osoase au o grosime de 12-15 μm . Ele sunt formate din osteocite, fibre de collagen și substanță fundamentală.

Osteocitele, cu caracterele histologice descrise mai sus, sunt adăpostite în osteoplaste. Osteoplastele unei lamelle osoase comunică atât între ele, cât și cu osteoplastele lamelelor adiacente printr-o vastă rețea de canalicule.

Substanța fundamentală este abundentă și pietroasă datorită impregnării cu săruri de calciu și fosfor. Ea maschează componenta fibrilară a lamellei.

Fibrele de collagen din structura unei lamelle sunt așezate ordonat într-un singur sens, paralele între ele, dar diferă ca orientare de la o lamelă la alta. Această dispoziție a fibrelor de collagen este responsabilă de aspectul caracteristic al osului lamelar în lumină polarizată. Astfel, la microscopul cu lumină polarizată, osul lamelar apare format dintr-o alternanță de benzi clare și benzi întunecate.

După modalitatea de aranjare a lamelelor osoase, țesutul osos lamelar se prezintă două aspecte:

- țesutul osos compact;
- țesutul osos spongios.

Țesutul osos compact.

Numit și țesut osos haversian, țesutul osos compact este variatatea cea mai răspândită din organism. Se găsește în diafiza oaselor lungi și în corticala oaselor scurte. Este varietatea cea mai bine adaptată la acțiunea forțelor mecanice. Dur și casant, cu o elasticitate limitată, el este capabil să reziste la presiuni de 10 kg/cm^3 .

Țesutul osos compact este format din unități morfofuncționale numite **osteoane** sau **sisteme haversiene**.

Osteonul are o formă cilindrică fiind dispus cu axul lung paralel cu axul osului. Diametrul osteoanelor variază de la zeci până la sute de microni, iar lungimea este de ordinul milimetrilor.

Pe o secțiune transversală, fiecare osteon este alcătuit dintr-un canal central, **canalul Havers**, cu diametrul de 20-100 μm . Canalul Havers conține un țesut conjunctiv lax în care se identifică fibre de reticulină, fine fibre colagene, rare celule conjunctive, capilare de sânge de tip fenestrat și terminații nervoase libere amielinice. În canalele Havers mai largi apar în plus și arteriole și venule. (Încă nu s-a confirmat prezența unor **vase limfatice** menționate de unii autori).

Osteoanele sunt delimitate la periferie de o "**linie de cement periosteonică**" care, pe preparatele histologice de os decalcificat, apare mai intens colorată. La acest nivel fibrele de collagen sunt mai reduse cantitativ, în timp ce substanța fundamentală este mai bogată și mai puternic mineralizată.

În jurul fiecărui canal se dispun concentric 5-15 lamele osoase. În grosimea lamelelor, dar și între lamele, se găsesc numeroase cavități osteoplastice care se anastomozează prin multiple canalicule orientate în toate direcțiile, astfel că pe preparatele histologice apar fine striatii transversale, perpendiculare pe lamele.

Canaliculele conțin prelungirile osteocitelor și formează o rețea comunicantă ce traversează întregul osteon. Canaliculele osteoplastelor din lamela internă comunică cu canalul Havers, în timp ce canaliculele osteoplastelor din lamela externă nu traversează linia de cement ci se încurbează și se anastomozează cu canaliculele osteoplastelor din lamela subiacentă. Se formează astfel un sistem canicular prin care circulă substanțele nutritive și energetice necesare metabolismului osteocitelor, la distanță relativ mare de capilarul de sânge aflat în canalul Havers.

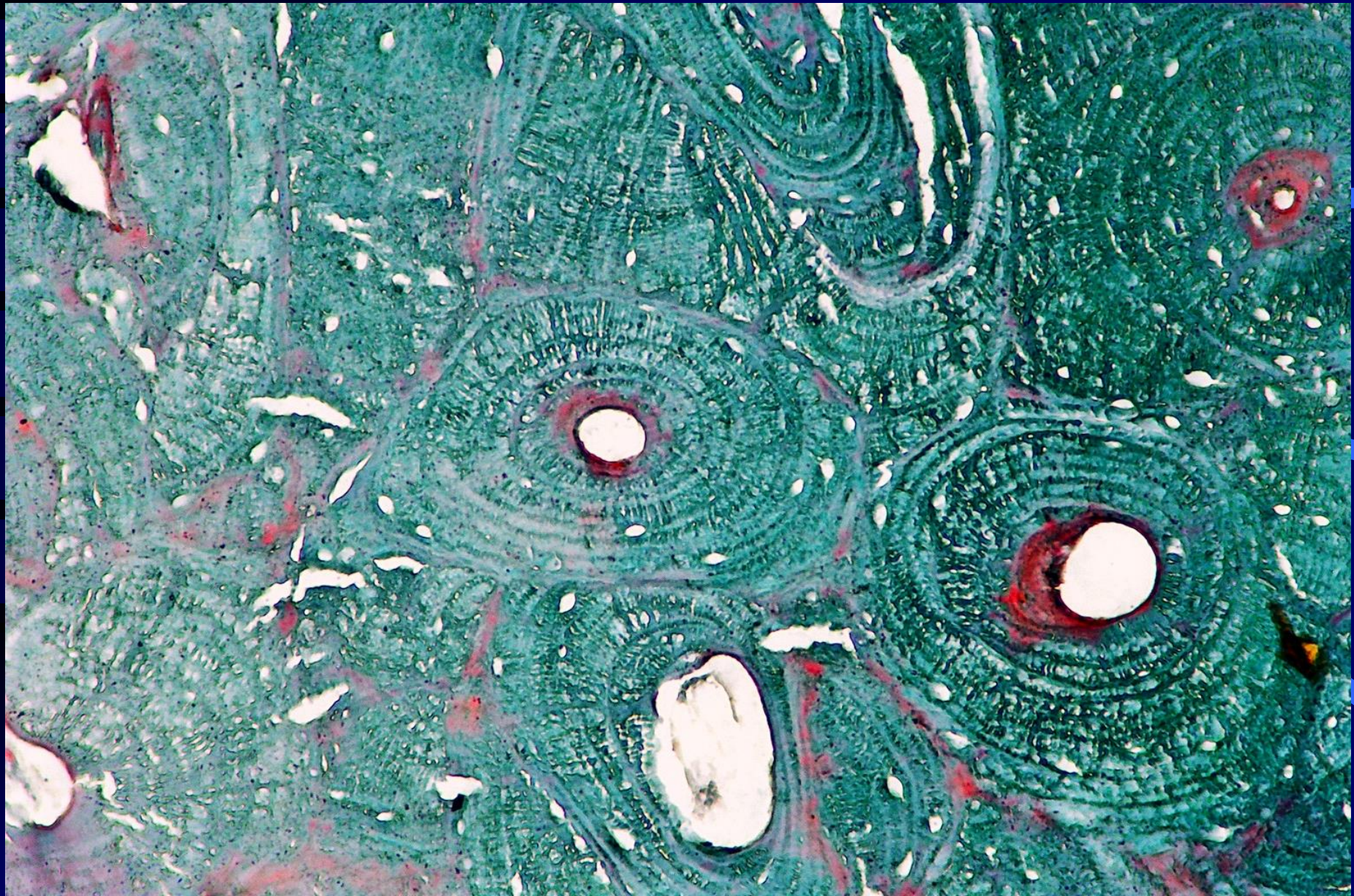
În lumină polarizată, osteoanele apar formate din cercuri concentrice, alternante de linii clare și întunecate. Liniile întunecate sunt determinate de fibrele de collagen secționare transversal, deci dispuse paralel cu canalul Havers, în timp ce liniile clare sunt date de fibrele de collagen dispuse perpendicular sau oblic pe canalul osteonului. Peste această imagine, datorită birefrinței fibrelor de collagen apare, în lumină polarizată, o imagine caracteristică osteonului de "**cruce de Malta**".

În secțiune longitudinală, lamelele osoase ale osteoanelor apar dispuse paralel de-o parte și de alta a canalului Havers.

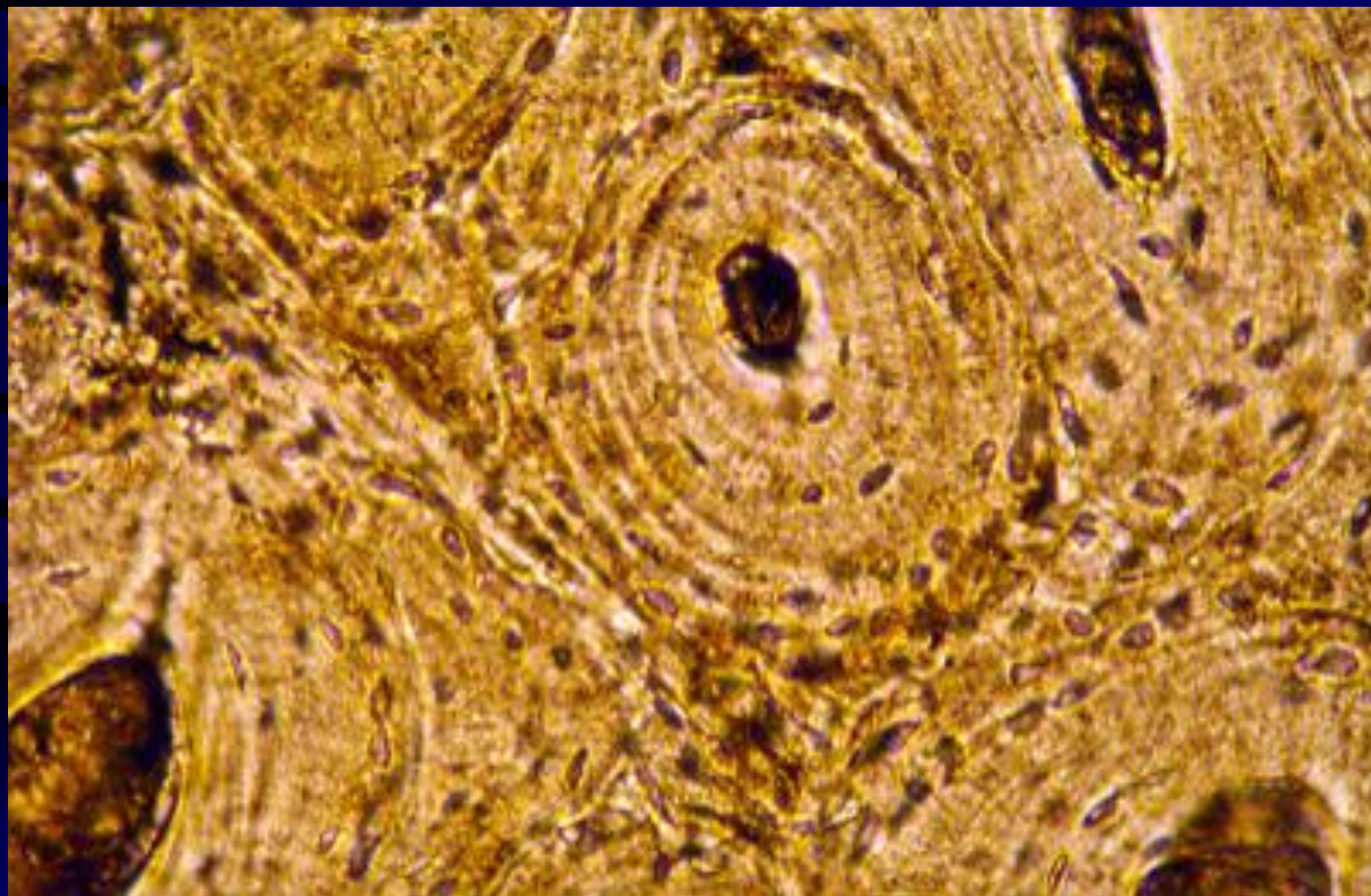
Canalele Havers se jonctionează între ele prin canale de legătură oblice numite **canalele Volkmann** care au aceeași structură histologică ca și canalele Havers.

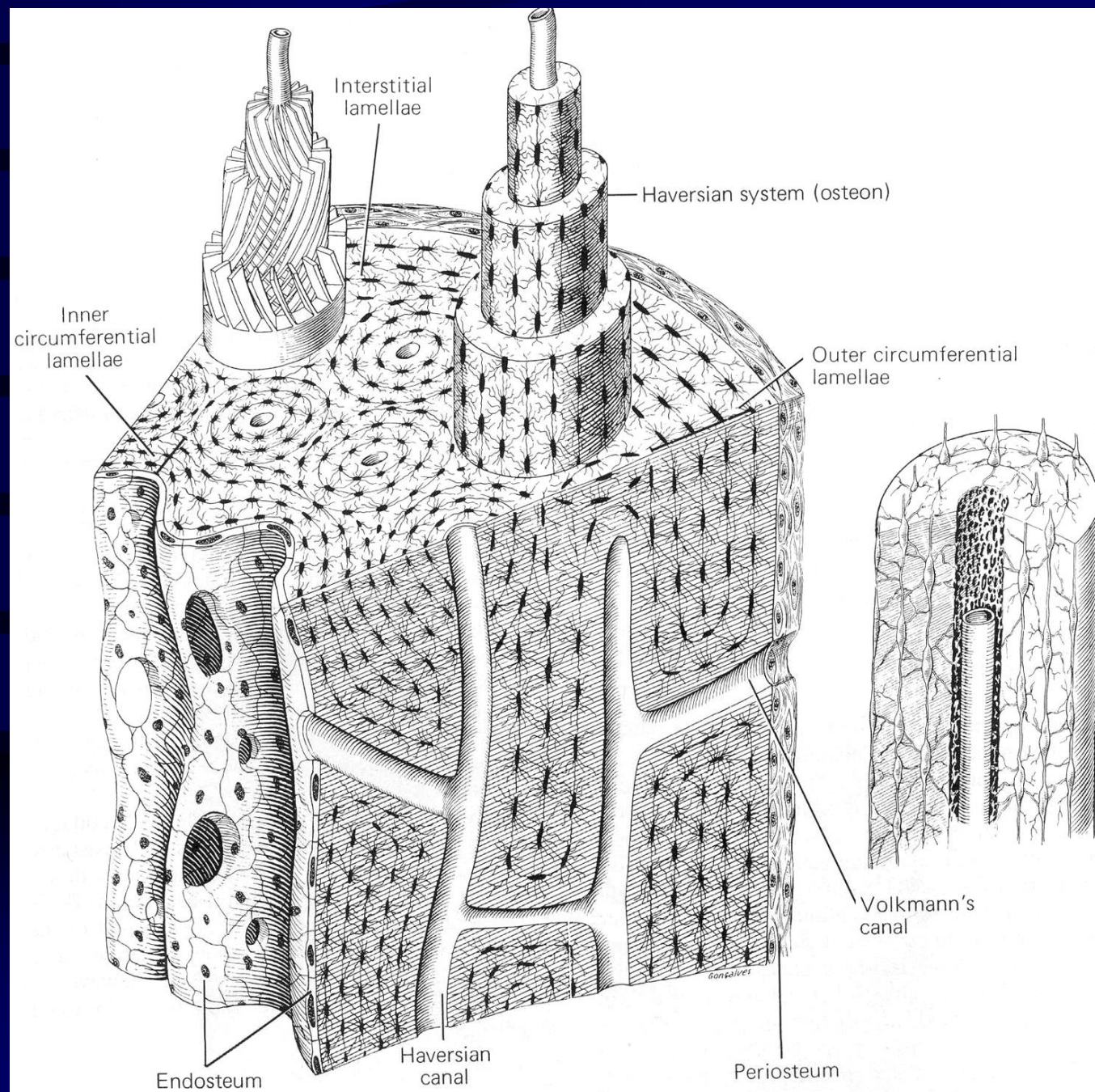
Ansamblul format de această rețea canaliculară este conectat la rețeaua vasculară a periostului și comunică cu vasele cavității medulare centrale.

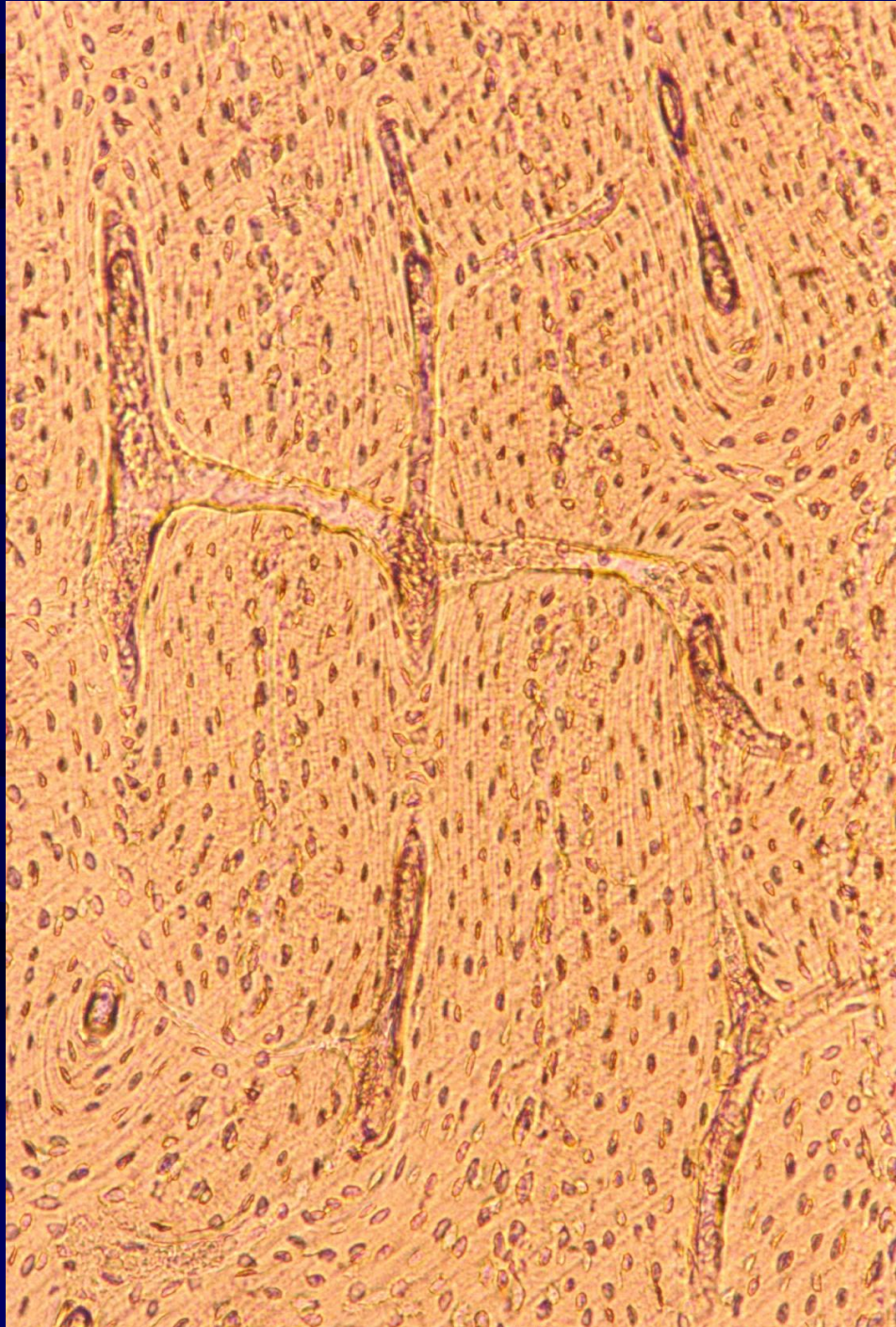
Printre osteoane se găsesc fragmente de osteoane incomplete, mai mari sau mai mici, formate din câteva lamele osoase arcuate, fără canal Havers. Ele rezultă din remanierea unor osteoane mai vechi. Acestea constituie **sistemele intermediare sau interstițiale**, numite **sisteme interhaversiene**. Ele conferă osului compact adult un plus de rezistență și flexibilitate.











Tesutul osos spongios este mai puțin abundent comparativ cu țesutul osos compact. Se găsește localizat în epifizele oaselor lungi, în diploea oaselor late și în zona centrală a oaselor scurte.

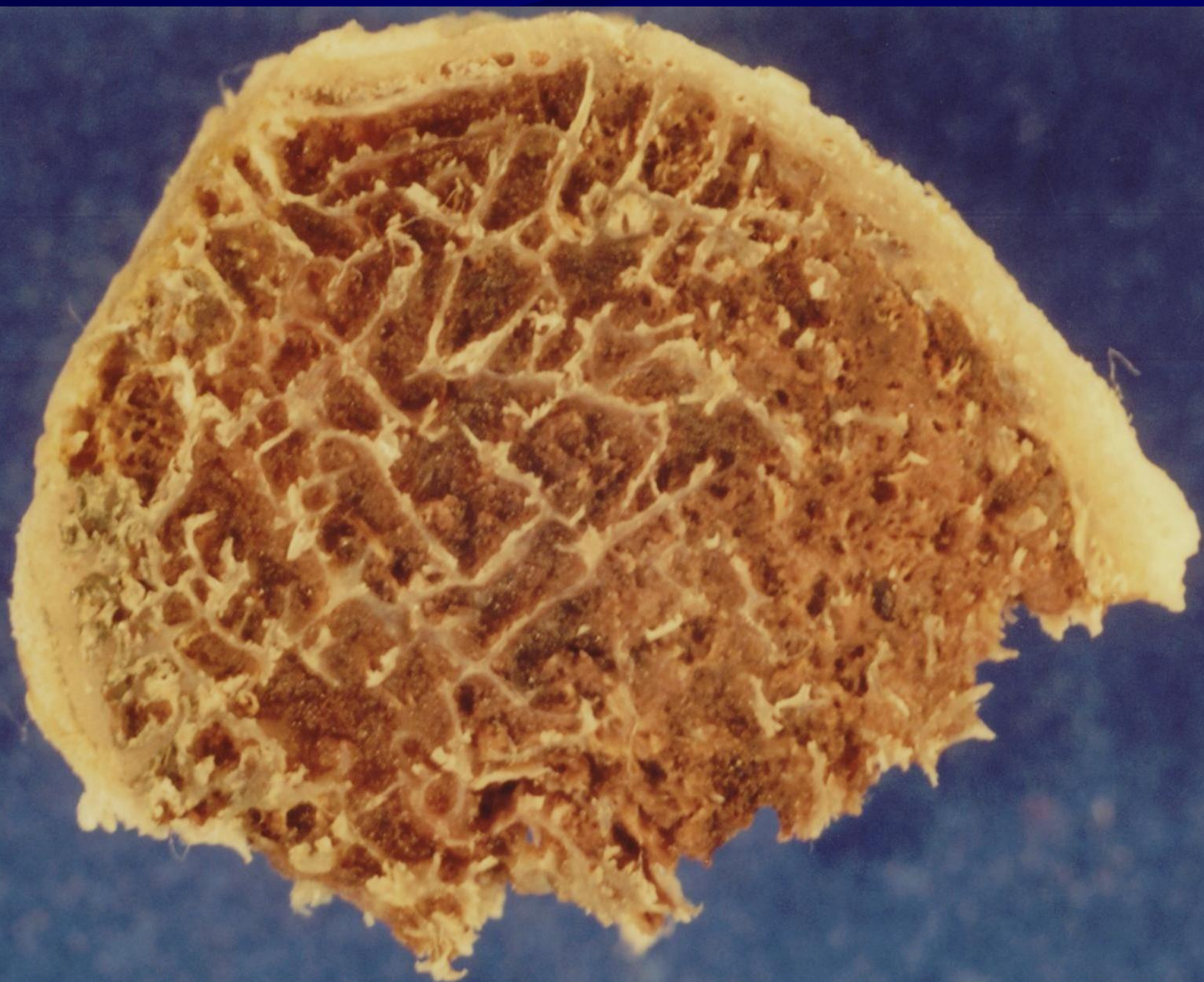
Țesutul osos spongios este format tot din lamele osoase, cu aceeași structură microscopică, dar acestea se asociază câte 3-5, generând **travee** sau **trabecule** osoase de lungimi și forme diferite, anastomozate între ele. Lamelele osoase nu mai sunt centrate de un canal haversian.

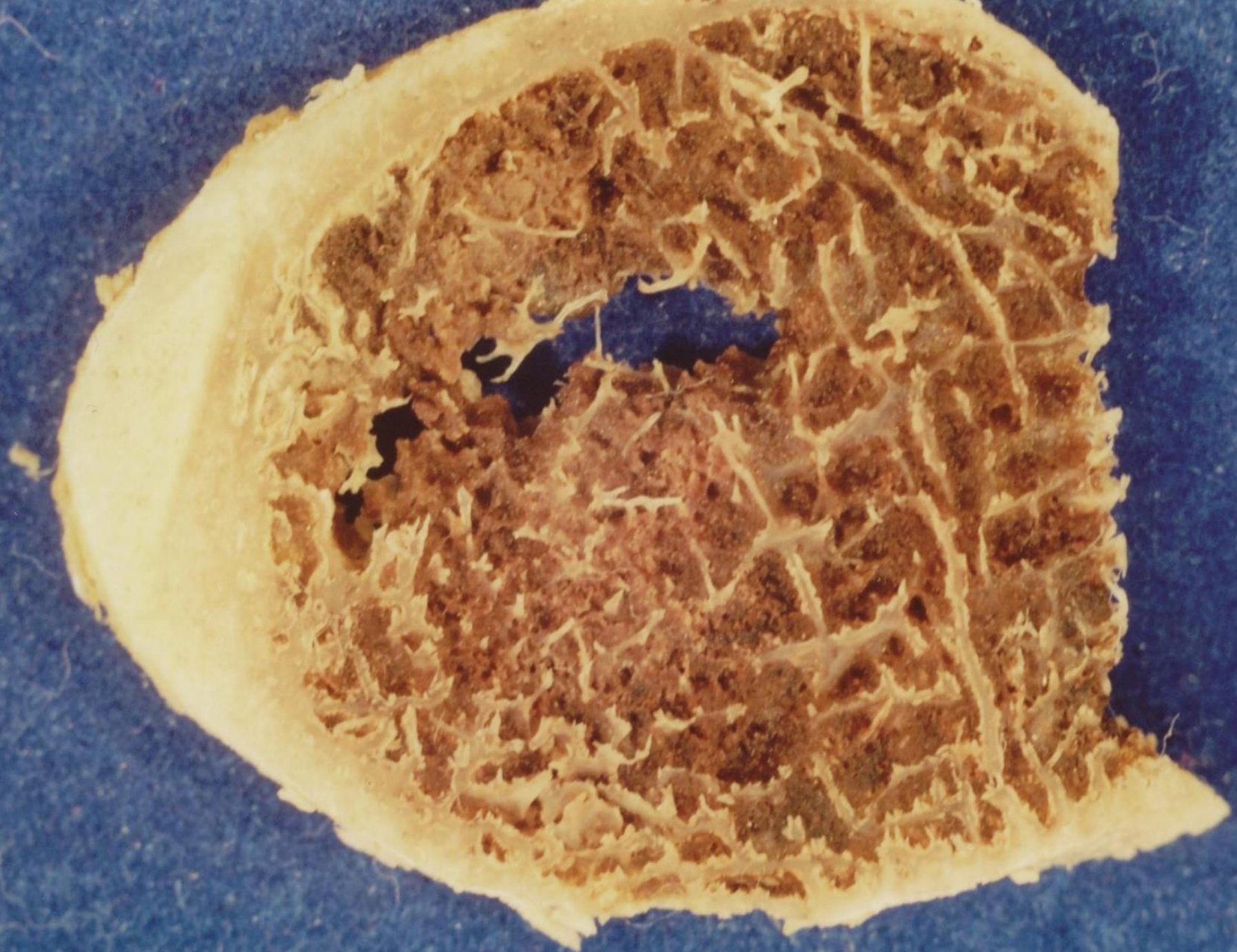
Traveele delimitează între ele spații largi, numite **lacune** sau **areole**, tapetate de **endost**. Areolele nu sunt cavități închise, ci comunică între ele prin deschideri largi. Ele conțin țesut conjunctiv, vase de sânge, măduvă osoasă roșie (hematogenă) sau galbenă.

În general, traveele osoase au dimensiuni variabile de la un os la altul și chiar în structura aceluiași os.

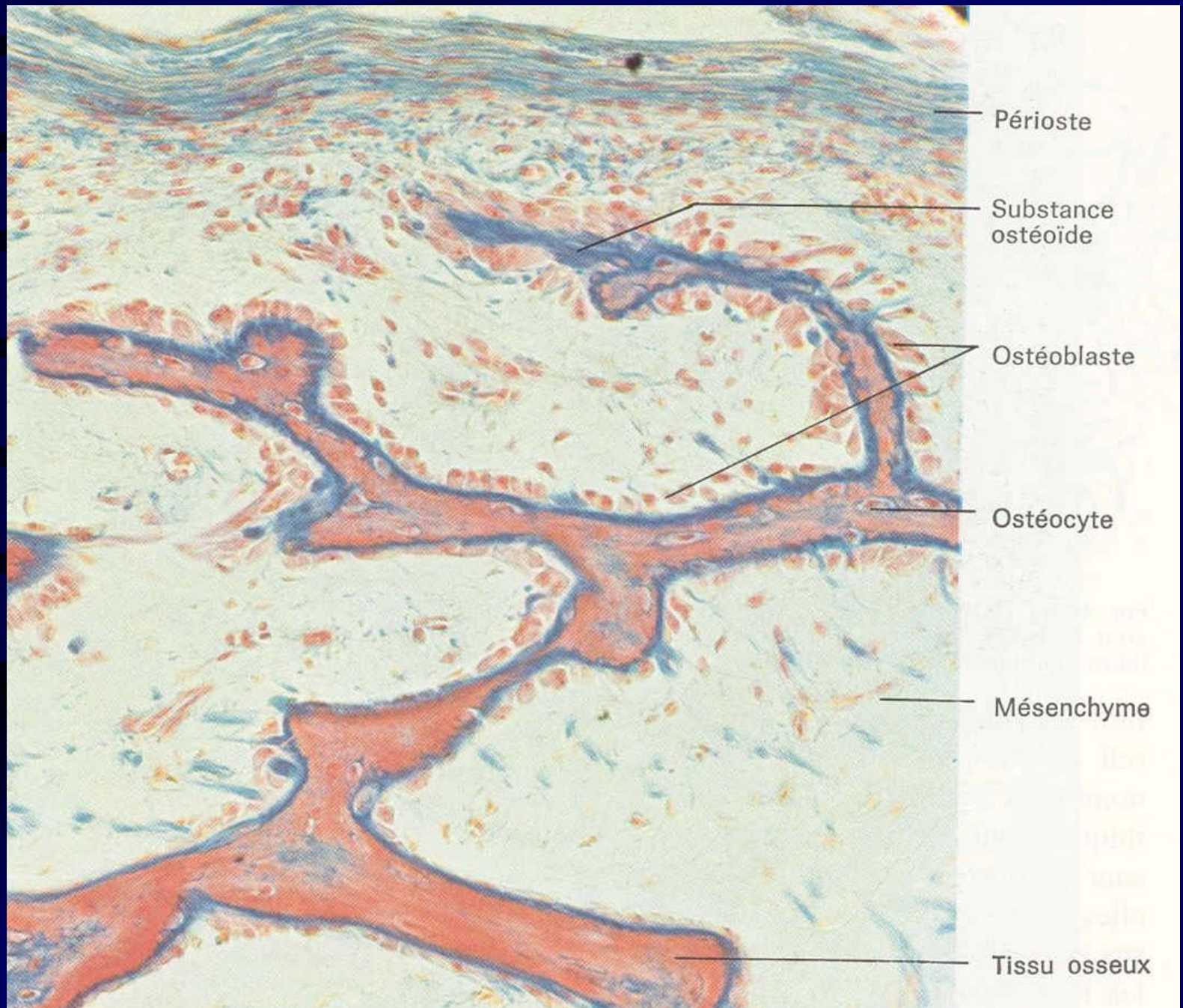
Orientarea generală a traveelor osoase este influențată de forțele mecanice ce acționează asupra osului.

Țesutul osos spongios are o rezistență mecanică mult mai mică decât țesutul osos compact. Pe măsură ce organismul înaintează în vârstă rezistența mecanică scade deoarece traveele osoase se rarefiază, spațiile areolare cresc în dimensiuni, iar lamelele osoase se reduc numeric. Aceste modificări histologice explică frecvența crescută a fracturilor la persoanele de vârstă a treia.









4. Periostul și endostul

4.1. **Periostul**. Oasele, cu excepția suprafețelor articulare, sunt învelite de o structură conjunctivă membranară, numită **periost**. După aspectul microscopic, periostul prezintă două zone sau păături suprapuse:

- periostul extern;
- periostul intern.

Cele două păături se continuă una cu alta fără nici o delimitare netă.

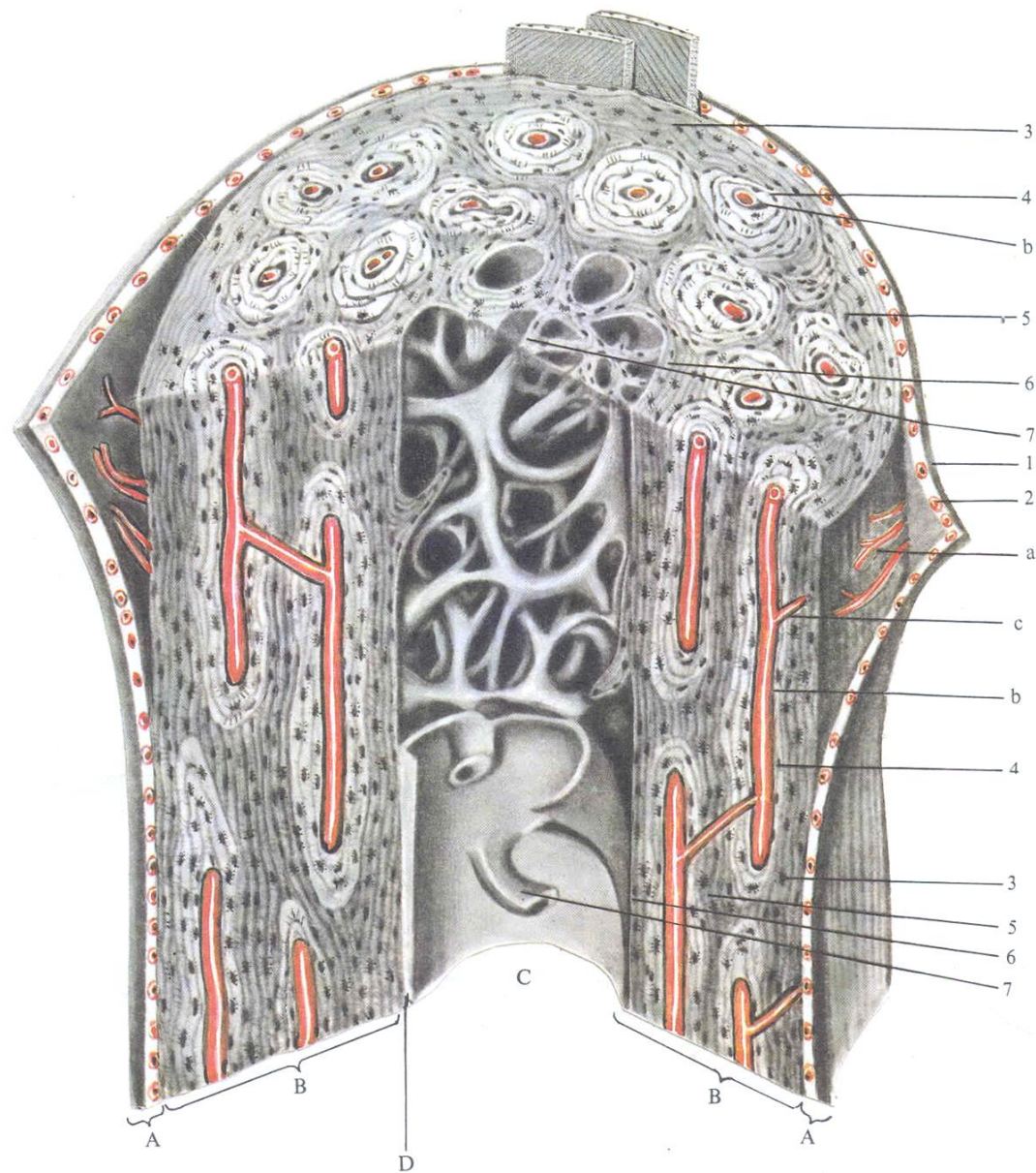
Periostul extern este format din țesut conjunctiv dens, bogat în fibre colagene, vase de sânge și celule conjunctive. Fibrele colagene au o orientare longitudinală, paralelă cu axul lung al osului. Printre fibrele de collagen se găsesc și **fibre elastice** mai ales la oasele tinere. Tot în periostul extern se găsesc și **filete nervoase senzitive** și chiar **corpusculi senzitivi**.

Periostul intern conține un număr mai mare de celule conjunctive denumite celule **osteogene** sau **osteoprogenitoare**. Aceste celule se multiplică activ și se transformă în osteoblaste în cursul procesului de osificare. În osul adult aceste celule au dimensiuni mai reduse și o activitate osteogenică mică, fiind în repaus funcțional, dar în caz de fracturi ele se reactivează și se transformă rapid în osteoblaste, participând astfel la procesele reparatorii locale. Din aceste motive periostul intern este numit și **zonă osteogenă** sau **cambială**.

Fibrele de collagen sunt mai groase și mai uniform distribuite. Ele prezintă aceeași orientare generală, dar se pot identifica și fibre Sharpey care pătrund perpendicular pe axul osului pentru a se insera în sistemul fundamental extern.

Periostul îndeplinește pentru os următoarele **funcții**:

- de protecție;
- de nutriție;
- osteogenică;
- mecanică, de ancorare a osului la țesuturile din jur.

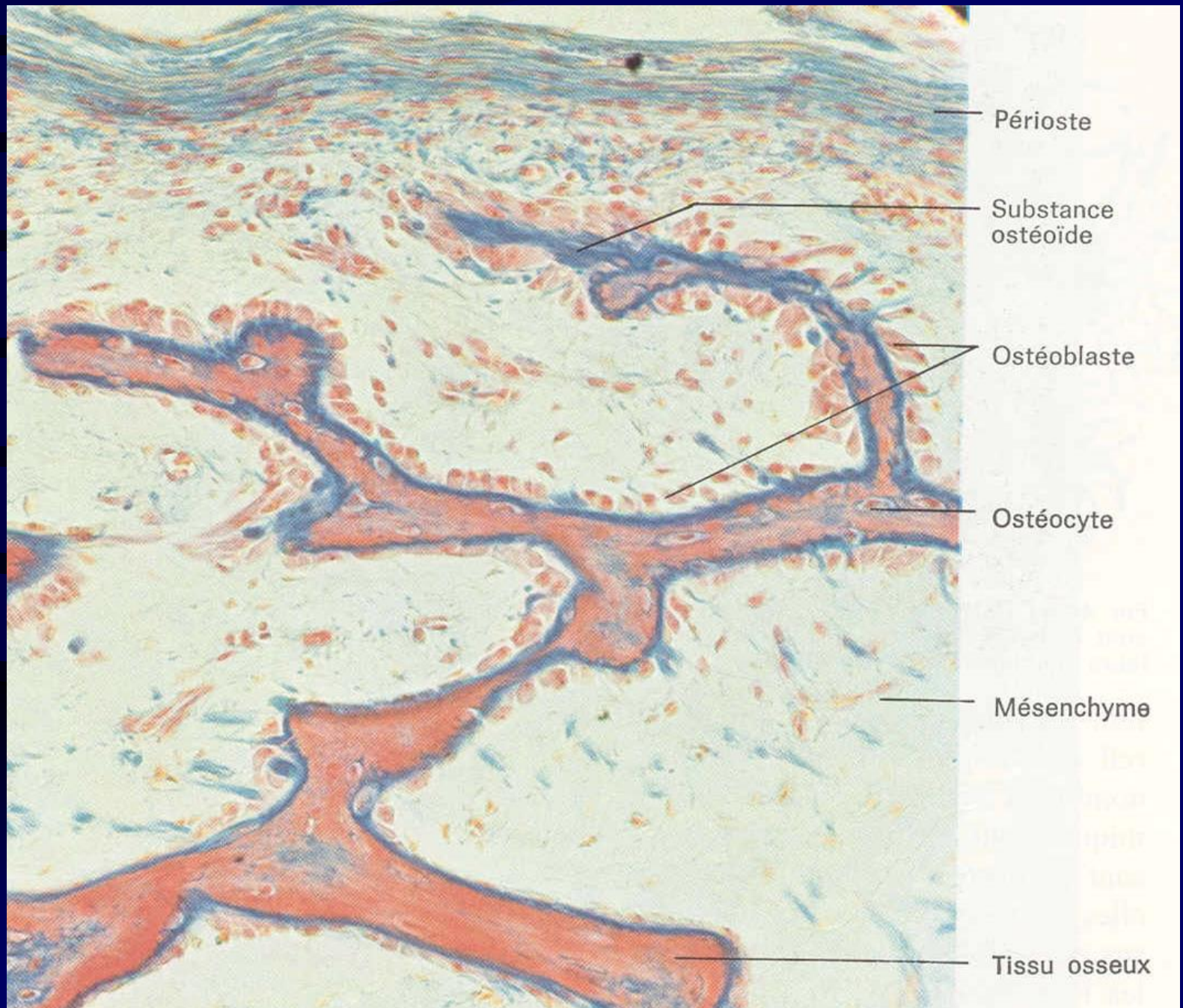


150. Esquema de la estructura del hueso tubular.

- | | | |
|--|--|--|
| A - periostio; | hueso; b - canal del osteón con vasos san- | cavidad medular; |
| 1 - estrato fibroso; | guíneos; c - canal perforador; | 7 - trabécula ósea del tejido esponjoso; D - en- |
| 2 - estrato de células poco diferenciadas; a - | 5 - sistema de láminas intercalares; | dostio (según V.G. Eliséiev, Yu. I. Afanásiev |
| vaso sanguíneo; B - sustancia compacta del | 6 - estrato de láminas comunes internas; C - | y E. F. Kotovski). |

4.2 Endostul este o structură conjunctivă membranoasă, subțire, ce căptușește cavitatea medulară a diafizei oaselor lungi și cavitățile areolare ale osului spongios epifizar. El apare mai evident în timpul proceselor de osteogeneză.

În structura endostului se găsesc puține fibre colagene, celule și substanță fundamentală. La osul adult celulele au o formă aplatizată și se dispun într-un singur rând. Ele sunt celule osteoprogenitoare în repaus funcțional. Activitatea lor se intensifică în procese patologice (fracturi, tumori, osteomielită).



5. Nutriția și inervația osului

Nutriția osului este asigurată de ramuri arteriale care provin din țesuturile înconjurătoare. Fiecare os primește separat vase sanguine pentru diafiză și epifize. Arterele străbat periostul și dau capilare pentru canalele Havers și Volkmann. Canalul medular central primește separat o arteră nutritivă care străbate osul și se capilarizează în canalul medular central.

Venele au un traiect similar arterelor.

Inervația osului este formată din fibre somatice și vegetative. Fibrele somatice sunt senzitive și au origine în ganglionii spinali sau în ganglionii nervilor senzitivi de pe traiectul unor nervi cranieni.

La nivelul periostului există numeroase fibre nervoase senzitive amielinice care formează o rețea foarte densă. Unele fibre senzitive pătrund chiar în canalele Havers și Volkmann. Tot aici s-au remarcat numeroase formațiuni senzitive încapsulate cum sunt corpusculii Rufini, Vater-Pacini sau Golgi-Mazzoni. Ei sunt receptori atât pentru sensibilitatea exteroceptivă, cât și pentru sensibilitatea proprioceptivă.

Fibrele nervoase vegetative sunt reprezentate de componenta efectorie simpatică care are acțiune vasomotorie.

6. Histoarhitectura oaselor

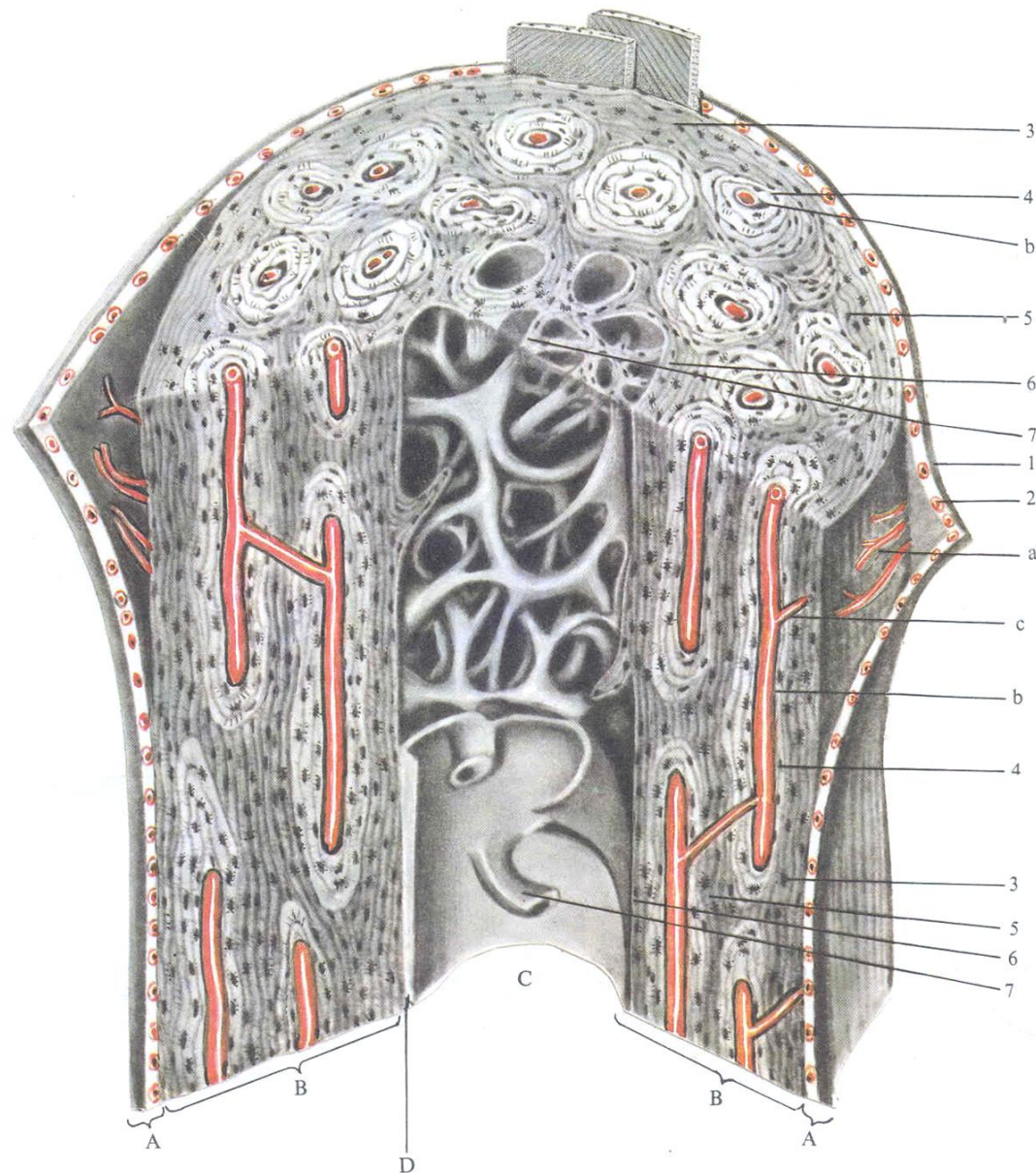
6.1. Histoarhitectura unui os lung

Un os lung este format dintr-o porțiune cilindrică, lungă, denumită diafiză și două capete osoase, mai proeminente, denumite epifize. Diafiza conține țesut osos de tip haversian, iar epifizele conțin țesut osos spongios.

Diafiza unui os lung prezintă, de la exterior spre interior, următoarele structuri histologice:

- periostul;
- țesutul osos fibros sau periostic;
- sistemul fundamental extern;
- zona mijlocie;
- sistemul fundamental intern;
- endostul;
- canalul medular.

Periostul, țesutul osos periostic și endostul prezintă caracterele histologice descrise anterior.



150. Esquema de la estructura del hueso tubular.

- | | | |
|---|---|--|
| A - periostio; | hueso; b - canal del osteón con vasos sanguíneos; c - canal perforador; | cavidad medular; |
| 1 - estrato fibroso; | 5 - sistema de láminas intercalares; | 7 - trabécula ósea del tejido esponjoso; D - endostio (según V.G. Eliséiev, Yu. I. Afanásiev y E.F. Kotovski). |
| 2 - estrato de células poco diferenciadas; a - vaso sanguíneo; B - sustancia compacta del | 6 - estrato de láminas comunes internas; C - | |

Sistemul fundamental extern continuă în profunzimea diafizei, fără nici o delimitare, țesutul osos fibros. Ca și acesta din urmă are o grosime redusă. Spre deosebire de țesutul osos periostic, sistemul fundamental extern este alcătuit din câteva lamele osoase individualizate, dispuse concentric în jurul diafizei osoase. Fibrele de collagen se dispun ordonat, fiind paralele între ele în interiorul unei lamele, dar au o dispoziție aproape perpendiculară față de fibrele de collagen din lamelele adiacente. În interiorul lamelelor și între lamele se găsesc osteoplaste cu osteocite și oseină mineralizată ca în orice țesut osos lamelar.

Sistemul fundamental extern este străbătut de canale conjunctivo-vasculare prin care vasele periostice se continuă cu vasele sanguine din canalele Havers, Volkmann și cu cele din canalul medular central.

Zona mijlocie formează cea mai mare parte din grosimea diafizei osoase, fiind principala structură de rezistență mecanică a osului. Este formată din multiple sisteme haversiene și interhaversiene.

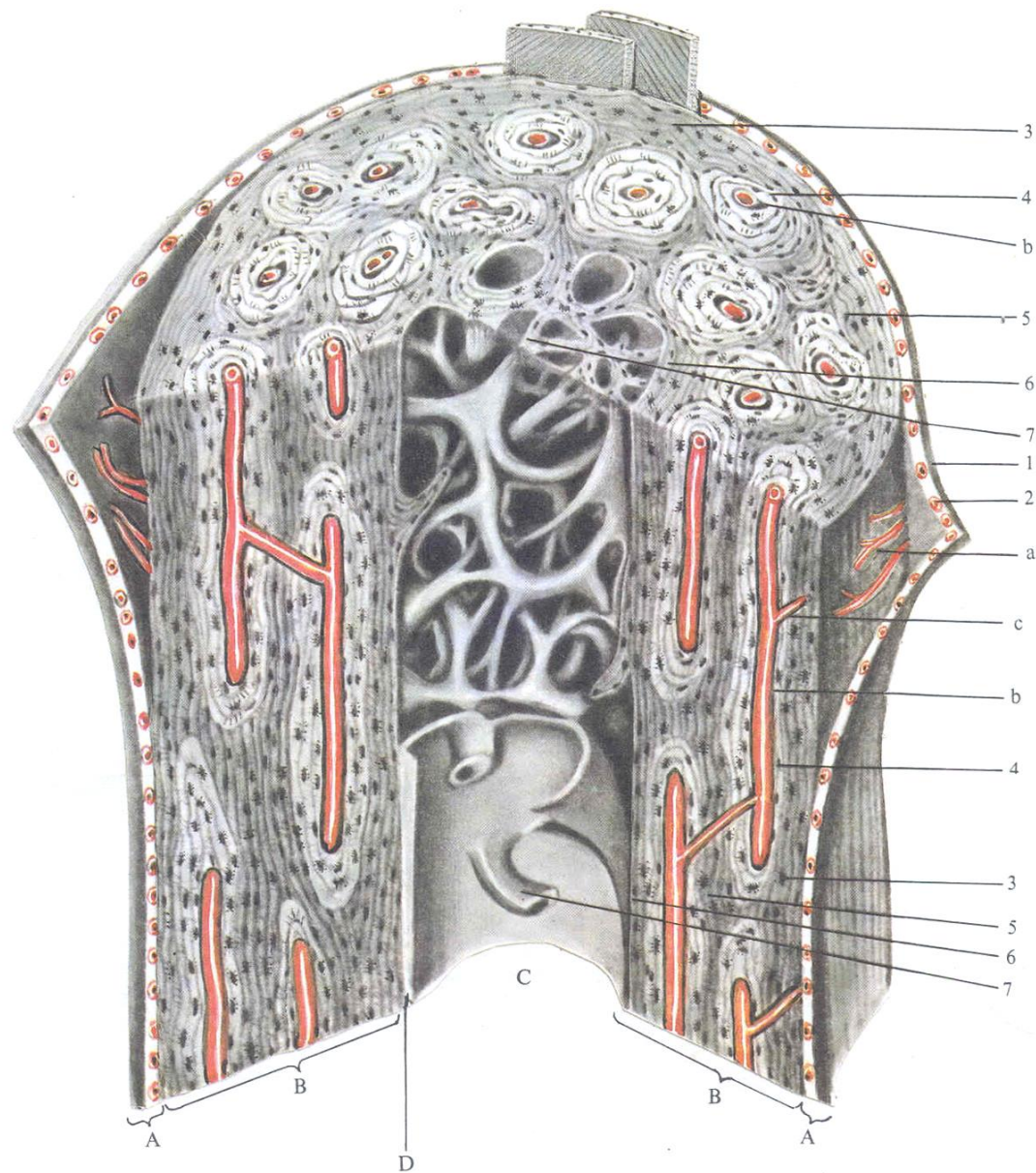
Sistemul fundamental intern are aceeași structură histologică ca și sistemul fundamental extern. Este alcătuit din câteva lamele osoase dispuse concentric față de canalul medular central. Pe fața internă este tapetat de endost.

Canalul medular central este o cavitate de formă cilindrică ale cărei dimensiuni cresc în raport cu vârsta. El conține un bogat țesut conjunctivo-vascular și măduvă osoasă. La nivelul epifizelor osoase el se continuă cu areolele țesutului osos spongios.

Măduva osoasă, în funcție de vârstă, poate fi:

- măduvă osoasă roșie hematogenă sau hematopoietică, prezentă la copii;
- măduvă galbenă, bogată în adipocite, prezentă la adulți;
- măduvă cenușie, fibroasă, prezentă în oasele bătrânilor;
- măduvă gelatinoasă, prezentă în cazuri patologice.

Pe măsură ce organismul înaintează în vârstă și țesutul osos suferă procese de senescență. Astfel, diafiza osoasă se subțiază prin reducerea zonei mijlocii și creșterea diametrului canalului medular, ceea ce predispune oasele lungi la fracturi.



150. Esquema de la estructura del hueso tubular.

- | | | |
|--|--|--|
| A - periostio; | hueso; b - canal del osteón con vasos san- | cavidad medular; |
| 1 - estrato fibroso; | guíneos; c - canal perforador; | 7 - trabécula ósea del tejido esponjoso; D - en- |
| 2 - estrato de células poco diferenciadas; a - | 5 - sistema de láminas intercalares; | dostio (según V.G. Eliséiev, Yu. I. Afanásiev |
| vaso sanguíneo; B - sustancia compacta del | 6 - estrato de láminas comunes internas; C - | y E. F. Kotovski). |

6.2. Histoarhitectura oaselor scurte și late

Oasele scurte, late și epifizele oaselor lungi prezintă următoarea structură histologică:

- periostul;
- zona compactă;
- zona spongioasă.

Periostul învelește toate suprafețele osoase cu excepția suprafețelor articulare. Structura histologică și funcțiile lui au fost deja expuse.

Zona compactă continuă în profunzime periostul. Ea este constituită dintr-o bandă de **țesut osos fibros** ce se continuă superficial cu periostul, iar în profunzime cu țesutul osos spongios.

Zona spongioasă formează partea cea mai voluminoasă a osului și ocupă partea centrală a piesei osoase. Este formată din țesut osos spongios.

7. PROCESUL DE OSTEOGENEZĂ (OSIFICARE)

Procesul de osteogeneză este un proces complex, de lungă durată, care debutează în săptămâna a VI-a de viață intrauterină. El se continuă și în viața extrauterină, osificarea completă a unor piese osoase terminându-se abia la vârsta de 20-24 de ani.

Osteogeneza nu se desfășoară în același timp și cu aceeași intensitate în toate piesele osoase. Prezența la naștere a unor **puncte de osificare primară** reprezintă un indicator al gradului de dezvoltare al nou-născutului.

În evoluția ontogenetică a pieselor osoase se succed două procese de osteogeneză, și anume:

- osteogeneză primară;
- osteogeneză secundară.

7.1. Osteogeneză primară este procesul prin care se edifică primele structuri osoase, pornind de la țesutul mezenchimatos sau țesutul cartilaginos. În urma acestui proces apare un țesut osos nelamelar, imatur, puțin adaptat funcțional. El va fi înlocuit rapid și progresiv după naștere de un țesut osos adaptat funcțional (țesut osos lamelar), format în urma procesului de osificare secundară. Cele două procese de osificare pot coexista mult timp împreună.

Procesul de osificare primară se desfășoară în două modalități complet diferite:

- **osificarea conjunctivă, desmală** (sau de membrană);
- **osificarea cartilaginoasă sau encondrală.**

Deosebirea dintre cele două tipuri de osificare primară este aceea că osificarea desmală reprezintă o metaplazie a țesutului conjunctiv, care se transformă direct în țesut osos, fibroblastele transformându-se în osteoblaste, în timp ce în procesul de osificare encondrală are loc o înlocuire progresivă a țesutului cartilaginos hialin din piesa cartilaginoasă, care a edificat în evoluția ontogenetică modelul viitorului os, cu țesut osos.

Din punct de vedere biologic cele două modalități de osificare sunt asemănătoare, deoarece ele presupun acțiunea concertată a următorilor factori:

- prezența unei bogate vascularizații care să asigure un aport deosebit de substanțe plastice, energetice și minerale, necesare osificării;
- prezența celulelor osteoprogenitoare care să se transforme în osteoblaste;
- formarea de către osteoblaste a matricei preosoase;
- prezența fosfatazei alcaline în matricea pericelulară care favorizează precipitarea sărurilor fosfo-calcice;
- prezența osteoclastelor pentru modelarea și remodelarea țesutului osos nou format.

7.1.1. Osificarea conjunctivă (desmală)

Acest tip de osificare apare la **oasele feței, claviculă și oasele cutiei craniene.**

Procesul de osificare conjunctivă a oaselor craniului începe în săptămâna a VII-a de viață intrauterină și continuă și după naștere. În primordiile acestor oase apare un țesut conjunctiv tânăr bogat în celule care se organizează rapid sub forma unor membrane fibro-celulare. Concomitent cu acest proces se produce la acest nivel o vascularizație sanguină deosebită, constând în apariția unui număr crescut de arteriole și capilare sanguine de mare calibru care, printr-un aport deosebit de material plastic și energetic și prin încetinirea vitezei de circulație, favorizează procesele de sinteză și diferențiere celulară.

Procesul de osificare primară începe prin apariția în aceste membrane conjunctive a unor **centre** sau **nuclee de osificare**.

Procesul debutează prin densificarea și gruparea fibrelor colagene, care constituie adevărate **travee de direcție**. În jurul lor se grupează celulele mezenchimatoase și fibroblastele care se vor transforma în osteoblaste sub influența unor factori hormonal și genetici. Aceste celule vor sintetiza și vor depune matrice preosoasă în centrul nucleului, care începe rapid să se mineralizeze prin depunerea cristalelor de hidroxiapatită. Pe măsură ce sintetizează matricea osoasă, osteoblastele se retrag spre periferie, astfel că matricea osoasă se depune în straturi concentrice. Unele osteoblaste rămân cantonate în interiorul nucleilor de osificare și se transformă în osteocite.

Dezvoltarea din aproape în aproape a acestor structuri osoase și confluarea lor determină apariția unor **travee osoase primitive** de formă dantelată. Confluarea traveelor osoase primitive are ca rezultat formarea unui os primitiv de aspect spongios, care se extinde radier în întregul primordiu osos.

Peste primele travee osoase se vor depune noi lamele osoase produse de către mezenchimul înconjurător, ale cărui celule, transformate în osteoblaste, vor forma în final și endostul și periostul osului primitiv.

În spațiile dintre traveele osoase vor pătrunde vase de sânge și celule mezenchimale care se vor diferenția în celule hematopoietice.

Procesul de osificare primară este continuat de osificarea secundară. Astfel, spre suprafața piesei osoase, depunerea de matrice osoasă pe traveele preexistente și apariția unor noi travee duce treptat la diminuarea spațiului intertrabecular, care va transforma țesutul osos primar de aspect spongios în țesut osos compact realizându-se astfel formarea tăbliilor interne și externe ale oaselor late. Partea centrală își va păstra aspectul spongios formând diploea. Creșterea în grosime a oaselor se va realiza de acum înainte pe seama periostului, în timp ce diploea va fi remaniată de către osteoclaste și reconstruită de către celulele osteoprogenitoare ale endostului.

Osificarea primară și secundară continuă mult timp după naștere. La naștere oasele craniului, de exemplu, nu sunt complet edificate, fiind unite între ele prin țesut conjunctiv încă neosificat, ce realizează în unele zone **fontanelele** craniului. Fontanelele se închid definitiv la copilul eutrofic în jurul vârstei de 1 an.

7.1.2. Osificarea encondrală

Este un proces mult mai complex și mult mai extins decât osificarea desmală, prin acest tip de osificare formându-se majoritatea oaselor scheletului. Este caracteristic **oaselor lungi**, dar se întâlnește și la oasele scurte și chiar la oasele late.

Osificarea encondrală este un proces morfologic de înlocuire progresivă a cartilajului hialin din piesele cartilaginoase scheletice, cu țesut osos de tip lamelar.

Acest proces prezintă două etape morfologice interconectate și distincte:

- remanierea și distrugerea cartilajului hialin;
- sinteza țesutului osos primar.

Osificarea primară începe întotdeauna la nivelul **diafizei**. Ea debutează în luna a II-a de viață intrauterină. La nivelul epifizelor, procesul de osificare debutează mult mai tardiv. De exemplu, osificarea primară a diafizei tibiale începe la 35-45 de zile de la fecundație, în timp ce osificarea epifizei tibiale superioare începe la naștere, iar a epifizei inferioare la 18 luni după naștere. La naștere un nou-născut la termen are doar 3-4 nuclee de osificare secundară la nivelul epifizelor.

În primele luni de viață intrauterină, din mezenchimul embrionar se formează piese de **cartilaj hialin** cu caractere embrionare, care iau forma viitoarelor piese osoase. Pe măsură ce embrionul se dezvoltă, aceste piese cartilaginoase cresc și ele în același ritm cu dezvoltarea întregului organism embriofetal prin creștere interstițială (mitoze ale condroblastelor) și apozițională (pe seama pericondrului).

Începând din luna a II-a, în paralel cu procesele menționate mai sus, începe formarea osului periostal în zona mijlocie a viitoarei diafize osoase, care reprezintă stadiul incipient al osteogenezei encondrale.

În această zonă a diafizei se dezvoltă o rețea vasculară puternică care aduce cantități crescute de oxigen și material plastic.

Din pătura profundă a pericondrului se diferențiază primele osteoblaste care sintetizează matrice osoasă ce se mineralizează rapid. Procesul se extinde progresiv și centrifug. Se formează astfel, printr-un proces de osificare desmală, un manșon de țesut osos diafizar.

Pericondrul supraiacent va deveni **periost**, iar lamelele de os nou formate vor constitui **osul periostal**.

Osul periostal apare ca un inel osos diafizar central ce se extinde din aproape în aproape spre epifize. Celulele cartilaginoase subiacente se hipertrofiază și apoi degenerază datorită faptului că lamelele osoase supraiacente împiedică difuzarea substanțelor nutritive și a oxigenului. Condroblastele se resorb și lasă **cavitățile condroplastice goale**, delimitate de matrice cartilaginoasă. Pe această matrice se vor depune săruri de calciu și fosfor, formând **cartilajul calcificat**, în contact direct cu osul periostic diafizar.

Din periost proliferează capilare sanguine care pătrund în cartilajul degenerat și calcificat. Odată cu mugurii vasculari pătrund și celulele mezenchimatoase nediferențiate și chiar osteoblaste din osul periostal. Se formează astfel muguri conjunctivo-vasculari care pătrund în cartilajul hipertrofiat și calcificat, antrenând distrugerea și remanierea sa, deoarece unele celule mezenchimale, analog osteoclastelor, reabsorb țesutul cartilagos calcificat.

Capilarele sanguine vor ocupa spațiile lacunare rezultate din distrugerea cartilajului hialin. La periferia lor, celulele osteoprogenitoare se vor multiplica rapid, se vor diferenția în osteoblaste și vor începe sinteza și depunerea de matrice osoasă care se va calcifica rapid.

Procese de construcție osoasă se dezvoltă simultan cu cele de distrugere a cartilajului hialin, astfel că, pe un preparat histologic colorat uzual, trabeculele osoase nou formate apar mai roșii, iar cartilajul osificat, albastru-violet.

Procesul de distrugere și remanierare a cartilajului hialin este mai intens în centrul diafizei, unde va apărea canalul medular central. Acesta va fi ocupat de un țesut conjunctivo-vascular abundent din care se va diferenția țesutul mieloid.

La sfârșitul lunii a II-a de viață intrauterină țesutul osos primar cuprinde toată grosimea diafizei osoase și progresează spre zonele epifizare. În acest timp diafiza continuă să crească prin creșterea interstițială a condroblastelor. Procesul de osteogeneză se extinde, astfel că la sfârșitul lunii a III-a el ajunge la nivelul metafizelor.

O secțiune longitudinală printr-un os lung după luna a III-a de viață intrauterină va evidenția prezența unor zone histologice care, în ansamblul lor, reproduc procesul de osificare endondrală care s-a desfășurat până în acel moment. Aceste zone, mergând de la epifiză spre porțiunea centrală a diafizei sunt:

- zona de cartilaj hialin;
- zona de cartilaj seriat;
- zona de cartilaj hipertrofiat;
- zona de cartilaj calcificat;
- zona de eroziune și vascularizație;
- zona osteoidă;
- zona osiformă;
- zona osificată.

Zona de cartilaj hialin, denumită și zona de repaus sau zona de rezervă, este constituită din cartilaj hialin normal. Condroblastele prezintă rare mitoze și nu contribuie efectiv la creșterea piesei osteo-cartilaginoase.

Zona de cartilaj seriat este zona de proliferare a cartilajului în care condroblastele se multiplică activ, celulele progene, așezându-se ca monedele într-un fișic, determină formarea unor serii izogene axiale, dispuse paralel cu axul lung al osului. Printre cordoanele condroblastice se organizează matricea intercelulară.

Zona de cartilaj hipertrofiat este zona în care condroblastele își încetează activitatea proliferativă și se hipertrofiază, crescând în volum prin acumularea de lipide, glicogen, glicozaminoglicani și apă. Hipertrofia condroblastelor determină lărgirea cavităților condroplastice și reducerea matricei cartilaginoase la septuri înguste care, într-o etapă ulterioară, vor servi drept travee de osificare.

Zona de cartilaj calcificat se caracterizează prin depunerea de săruri minerale insolubile pe septurile cartilaginoase dintre condroplaste. Aceste săruri minerale reduc cantitatea de principii nutritive care trebuie să ajungă de la pericondru la condroblaste ceea ce determină o hipoxie locală urmată de distrugerea și dispariția condroblastelor. Din cartilajul hialin rămân traveele de matrice intercelulară cu depozite de săruri minerale pe suprafața lor, intens bazofile în colorațiile uzuale și cavitățile condroplastice transformate în niște tunele, paralele între ele, așezate în lungul diafizei osoase.

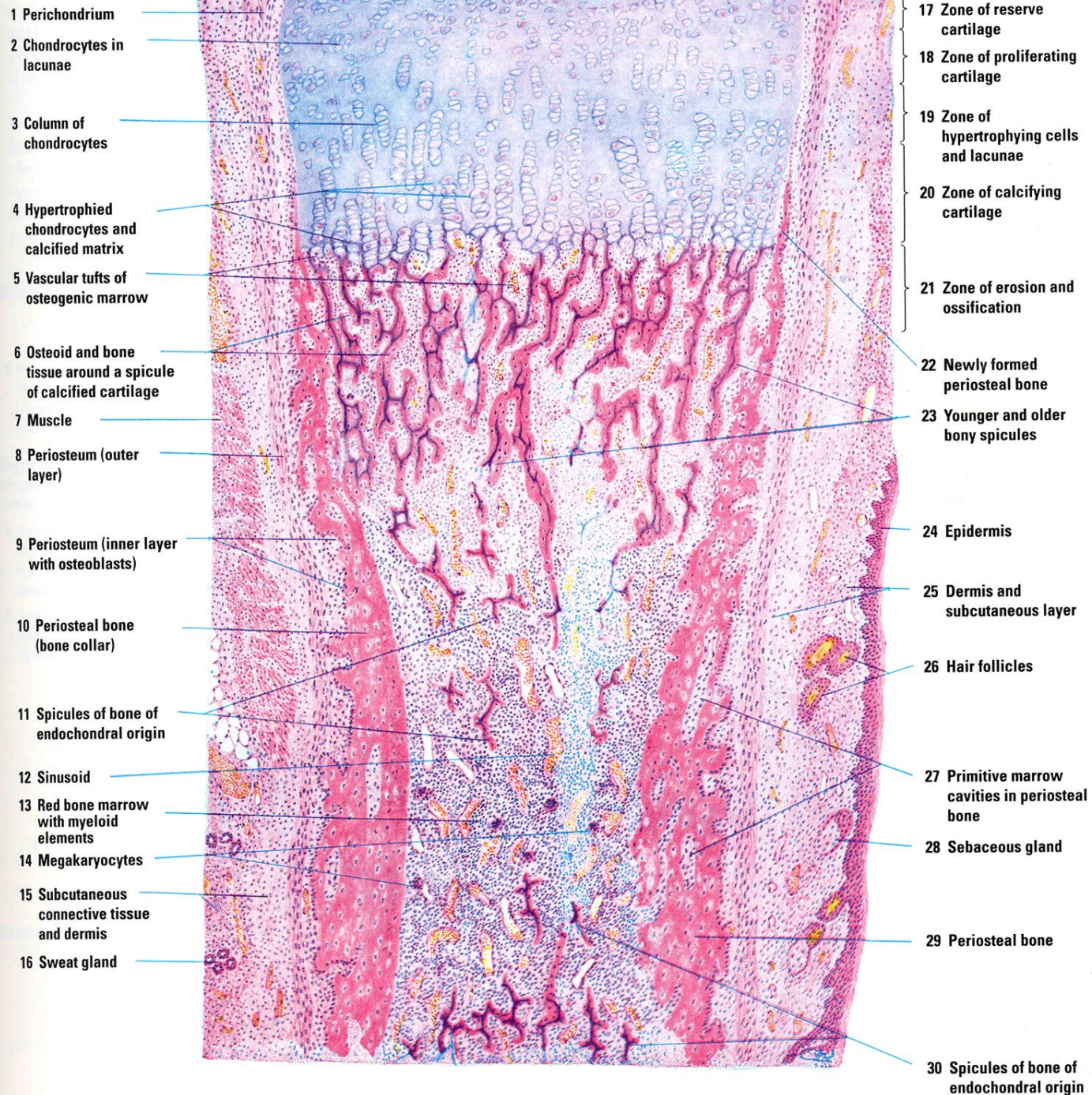
Studii de histochimie au demonstrat prezența în această zonă a unei substanțe proteice puternic calcifină, cu greutatea moleculară de 70 000 numită ***condrocalcină***, secretată chiar de condroblaste, care leagă cristalele de hidroxiapatită.

Zona de eroziune și vascularizație este zona în care din periost pornesc muguri conjunctivo-vasculari care invadează lacunele zonei de cartilaj calcificat. Capilarele sanguine au un calibru mare, endoteliul discontinuu și membrana bazală subțire. Prin adventicea lor pătrund celule osteoprogenitoare care se transformă în osteoblaste.

Zona osteoidă se caracterizează prin secreția de matrice osoasă de către osteoblaste, care inițial se va depune peste septurile de matrice cartilaginoasă. Matricea osoasă se mineralizează rapid transformând unele osteoblaste în osteocite. Se formează astfel lamele osoase peste care alte osteoblaste vor depune matrice osoasă între peretele capilarului și osul nou format.

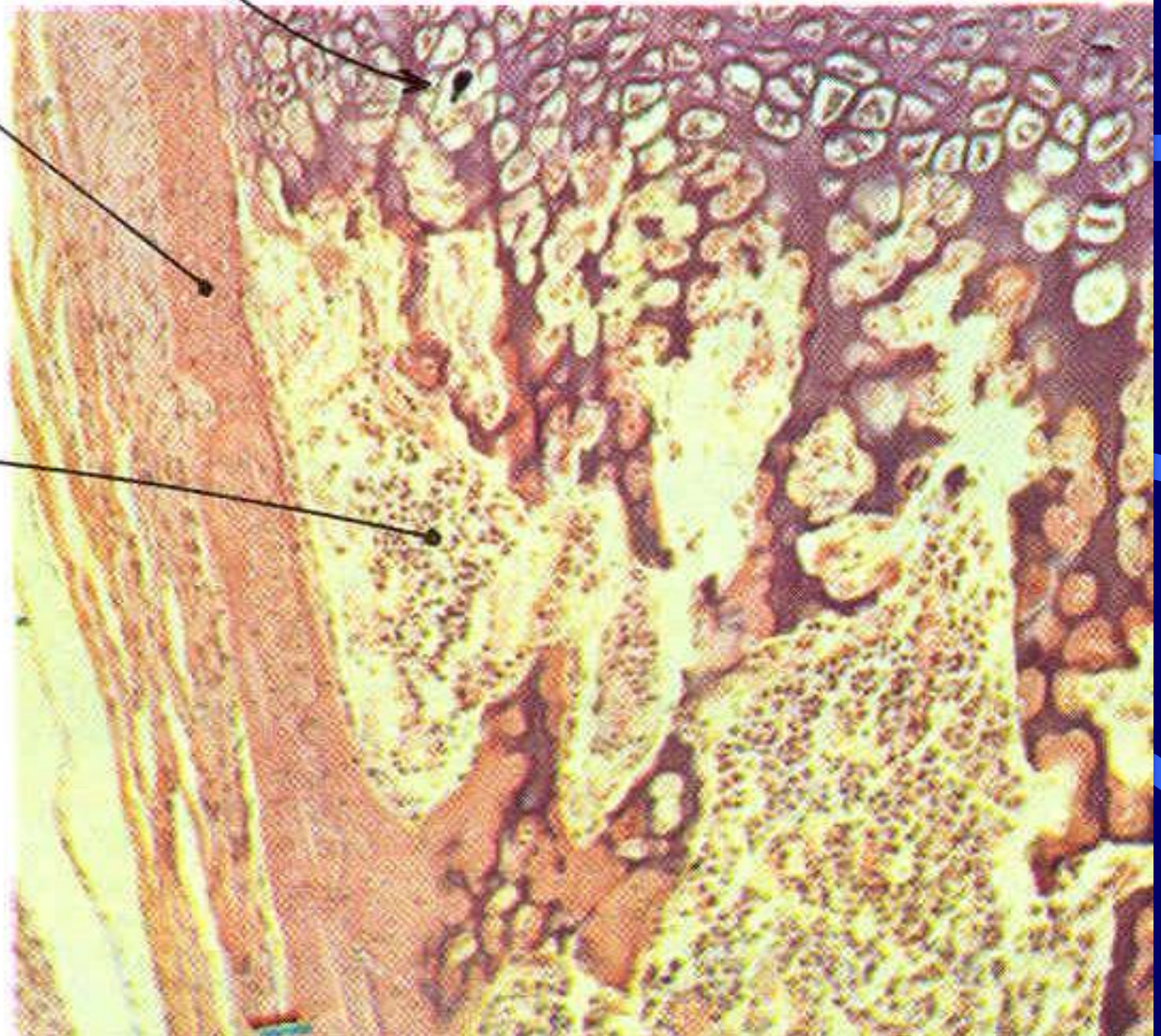
Zona osiformă este zona în care are loc înlăturarea septurilor de matrice cartilaginoasă care au servit drept travee de osificare, de către osteoclaste și apariția lamelelor osoase cu dispunere concentrică în jurul capilarelor de sânge. Matricea osoasă produsă de osteoblaste este încă incomplet mineralizată.

Zona osificată este zona în care țesutul cartilagos a fost complet înlocuit de țesutul osos bine mineralizat. În această zonă apar schițate viitoarele osteoane.



Os
périchondral
(Os périostique)

Cavité
médullaire

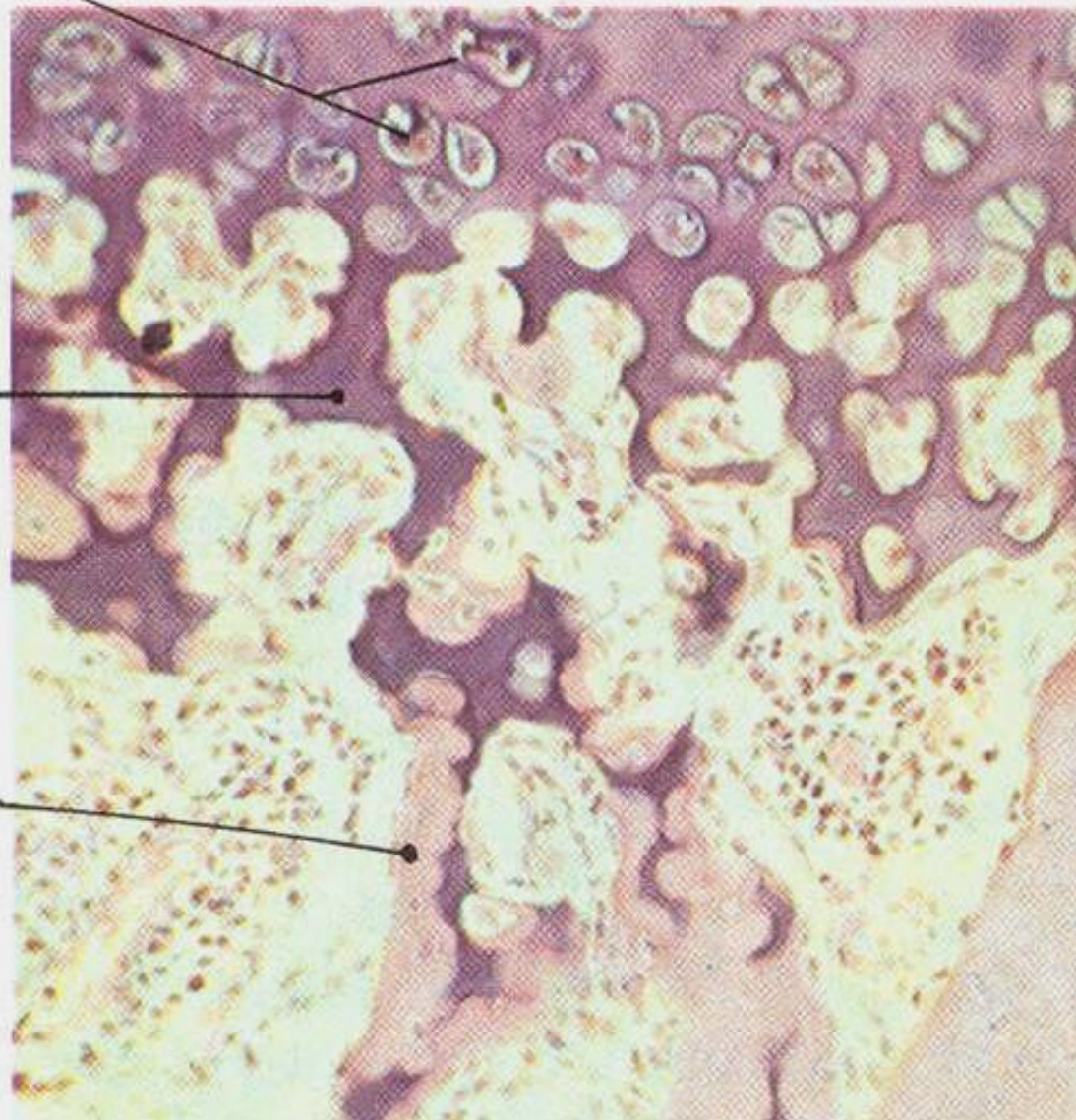


B

Chondrocytes
hypertrophiés

Cartilage
calcifié

Substance
ostéoïde



C

Osificarea primară a epifizelor

Osificarea primară a epifizelor este un proces care debutează mult mai târziu decât osificarea diafizei, astfel că la naștere există epifize în care osificarea încă nu a început.

În timpul vieții fetale vasele sanguine din pericondru (arteriole, venule, capilare) pătrund, alături de un manșon de țesut conjunctiv lax, în viitoarele epifize, dar procesul de osificare primară începe după luni sau chiar ani de zile după constituirea acestor tuneluri.

Spre deosebire de osificarea diafizei unde procesul începe de la suprafață, osificarea epifizelor începe din centrul acestora. La nivelul epifizelor, condrocitele se multiplică și se hipertrofiază, asigurând creșterea acestora proporțional cu dezvoltarea generală a organismului și a piesei osoase. Sub influența unor factori genetici, metabolici și locali, la o anumită vârstă a individului, la nivelul epifizelor au loc aceleași procese de osteogeneză ca la nivelul diafizei. Procesul de osificare se dezvoltă concentric spre suprafața epifizelor. El va determina apariția unor travee osoase cu spații areolare largi și neregulate, ocupate de țesut mieloid.

Între diafiză și epifize rămâne la nivelul metafizelor o zonă de câțiva milimetri grosime formată din cartilaj hialin denumit **cartilaj de creștere** sau de **conjugare**. El va asigura creșterea în lungime a diafizei.

7.2. Osificarea secundară

Imediat după formarea țesutului osos primar se declanșează procesul de remodelare a acestuia, prin care, la nivelul diafizei, țesutul osos periostic va fi înlocuit cu țesut osos de tip haversian, iar la nivelul epifizelor cu țesut osos spongios.

Remodelarea implică, printre alte mecanisme și intervenția osteoclastelor care dizolvă și resorb țesutul osos primar, permițând osteoblastelor sinteza unor osteoane de tip adult. Osteoclastele formează în peretele diafizei canale paralele cu axul lung al piesei osoase. Aceste canale vor fi ocupate de vase de sânge ale căror celule periferice se vor transforma în osteoblaste care vor sintetiza lame concentrice, succesive de țesut osos. Se formează astfel osteoane care vor fi și ele remodelate în timp, pe măsură ce osul se dezvoltă.

La nivelul epifizelor, procesul de osificare secundară este asemănător, dar înlocuirea țesutului osos primar va duce la apariția unor travee osoase a căror orientare și grosime depinde de forțele mecanice ce se exercită asupra epifizei respective (orientarea și diametrul traveelor osoase din epifiza superioară a humerusului diferă net de cele ale capului femural).

8. Factorii care intervin în procesul de osteogeneză

Studii clinice și experimentale au demonstrat că procesul de osteogeneză este influențat de mulți factori, dar în mod deosebit de factorii nutriționali, vitaminici și hormonal.

O alimentație săracă în proteine, glucide și minerale sau dezechilibrată, va conduce, în primii ani de viață, la apariția bolii distrofice care are repercursiuni și asupra oaselor.

Dintre vitamine trebuie menționate: vitaminele D, A și C.

Vitamina D acționează sinergic cu parathormonul la nivelul intestinului subțire crescând cantitatea de calciu absorbită. În lipsa ei apare boala numită **rahitism**, caracterizată printr-o creștere deficitară a oaselor, deformații și fracturi osoase la traumatisme mici, etc.

Vitamina A intensifică activitatea osteoblastelor în direcția producerii unei cantități sporite de matrice osoasă și previne osificarea prematură a cartilajelor de creștere.

Vitamina C este necesară osteoblastelor în procesul de fibrilogeneză colagenă. Hipovitaminoza C determină **scorbutul**, caracterizat prin formarea unor oase fragile, predispuse la fracturi.

În afara vitaminelor enumerate mai sus trebuie să menționăm și **vitaminele complexului B** care determină intensificarea proceselor anabolice celulare.

Principalii hormoni implicați în metabolismul osos sunt **parathormonul** și **calcitonina** care reglează concentrația plasmatică a calciului, dar un rol important îl au și hormonul somatotrop (STH-ul) și hormonii sexuali.

Parathormonul este principalul hormon hipercalcemiant. El determină creșterea calcemiei prin intensificarea absorbției ionilor de calciu la nivelul intestinului subțire, prin reabsorbția calciului din urina primară și prin stimularea funcției osteoclastelor de resorbție a calciului din os. Secretat în exces, acest hormon determină reducerea calciului în matricea osoasă și apariția osteitei fibroase chistice.

Calcitonina secretată de celulele C ale tiroidei determină depunerea sărurilor de calciu în matricea osoasă.

STH-ul secretat de adenohipofiză stimulează procesele anabolice celulare. El acționează asupra cartilajului de creștere stimulând proliferarea condrocitelor și intensificarea secreției de matrice cartilaginoasă.

Hormonii sexuali (androgeni și estrogeni) au efect stimulator asupra creșterii oaselor.

9. Repararea fracturilor

Fractura este o soluție de continuitate ce apare în structura unui os ca urmare a acțiunii unor forțe mecanice puternice.

Într-un focar de fractură se produc multiple modificări morfologice ce conduc în final la sudarea capetelor osoase prin formarea unui țesut osos nou numit **calus**. Pentru apariția unui calus rapid și de bună calitate, capetele osului fracturat trebuie să fie apropiate prin manevre ortopedice sau chirurgicale, axate și imobilizate pentru o perioadă de timp suficientă.

Imediat după fractură apare o hemoragie locală datorită ruperii vaselor de sânge din structura osului și periostului, urmată de realizarea unui coagul sanguin. În condiții de hipoxie, fibroblastele din periostul intact, vecin focarului de fractură, se multiplică activ antrenând și proliferarea celulelor endoteliale, formându-se la nivelul periostului un țesut de granulație tânăr care repară structura periostului distrus. Țesutul de granulație invadează cheagul de sânge dintre capetele osoase lezate și, prin macrofagele venite din sânge, îndepărtează resturile de celule și matricea osoasă distrusă. Se formează astfel un **calus temporar** care unește capetele osoase.

În acest timp, periostul și endostul se hipertrofiază, fibroblastele din stratul intern se transformă în osteoblaste și începe sinteza și excreția de matrice preosoasă. Depunerea de matrice osoasă și mineralizarea ei se va face de la periferia focarului de fractură spre centrul acestuia. În centrul focarului de fractură, datorită unei vascularizații reduse, celulele conjunctive tinere se vor diferenția în condroblaste. Acest cartilaj format temporar va fi înlocuit treptat de țesut osos.

Calusul osos definitiv format între capetele osului fracturat are o structură microscopică de os spongios. El va fi remaniat și transformat în țesut osos compact sau spongios de tip adult într-un interval de 9-12 luni.

Dacă într-un focar de fractură nu se formează calus va apare mai târziu o articulație anormală denumită *pseudartroză*.

Țesutul osos spongios sau compact poate fi transplantaat.

10. ARTICULAȚIILE OȘOASE

Articulațiile reprezintă elementele anatomice de legătură dintre două piese osoase. După gradul de mobilitate ele se clasifică în:

- **diartroze** sau articulații mobile;
- **sinartroze** sau articulații semimobile sau imobile.

10.1. Diartrozele prezintă din interior spre exterior următoarele elemente structurale:

- capetele osoase articulare;
- cartilajul articular;
- meniscurile articulare;
- capsula articulară;
- țesutul conjunctiv periarticular.

Capetele osoase articulare sunt reprezentate de epifizele pieselor osoase care participă la formarea articulației. Ele sunt formate din țesut osos spongios și conțin măduvă hematogenă. Pe măsură ce organismul îmbătrânește, traveele osoase se subțiază, se rarefiază, iar măduva osoasă roșie este înlocuită cu măduvă galbenă.

Cartilajul articular este format din cartilaj hialin, fără pericondru, de grosimi variabile de la o articulație la alta. Este lipsit de nervi și se hrănește prin difuziune din lichidul sinovial.

Rezistența mecanică a cartilajului articular este o caracteristică esențială a acestuia. Componenta matriceală a cartilajului, bogată în proteoglicani izolați sau aranjați în rețea, în glicozaminoglicani și apă funcționează ca un resort biomecanic. Când se exercită o presiune mecanică asupra cartilajului o cantitate de apă din structura acestuia este forțată să treacă în lichidul sinovial, iar când presiunea mecanică se reduce, apa este atrasă de matricea cartilaginoasă în structura lui. Această circulație a apei asigură pe de-o parte atenuarea unor forțe mecanice, iar pe de altă parte asigură schimburile nutritive ale cartilajului, deoarece facilitează schimburile de O_2 , CO_2 și alte molecule dintre lichidul sinovial și cartilajul articular.

Meniscul articular este prezent numai în unele articulații. El este format din țesut cartilaginos fibros, avascular. Ca și cartilajul articular se hrănește prin difuziune din lichidul sinovial. Poate fi regenerat de capsula articulară.

Capsula articulară este formată dintr-un manșon de țesut conjunctiv fibros ce se inseră pe capetele pieselor osoase, continuându-se cu unele din structurile acestuia. Ea delimitează o cavitate denumită **cavitatea articulară**, tapetată de membrana sinovială, în care se găsește **lichidul sinovial**.

Lichidul sinovial este un dializat plasmatic incolor, transparent și vâscos, bogat în acid hialuronic produs de celulele sinoviale.

Capsula articulară este formată din două straturi:

- **stratul extern** alcătuit din țesut conjunctiv dens, fibros, inextensibil, în care fibrele de collagen se dispun plexiform, în toate direcțiile. Totuși, grosimea acestui strat nu este uniformă, fibrele de collagen orientându-se preponderent pe liniile de forță care acționează asupra articulației. Unele fibre colagene se continuă cu fibrele colagene din structura periostului, în timp ce altele pătrund perpendicular pe axul osului în structura acestuia, formând fibrele Sharpey.

Printre fibrele de collagen se găsește o substanță fundamentală abundentă, bogată în glicozaminoglicani, celule de tip fibroblastic, rare adipocite, capilare sanguine și limfatice, terminații nervoase libere. În structura capsulei articulare, în afara ei sau chiar în cavitatea articulară se pot găsi fascicule de fibre colagene care formează **ligamentele articulare, periarticulare** și, respectiv, **intraarticulare**.

- **stratul intern** este format din **membrana sinovială**. Ea este structurată dintr-un țesut conjunctiv mai puțin dens, datorită prezenței fibrelor de collagen într-o cantitate mult mai mică decât la nivelul stratului extern și prezenței unei substanțe fundamentale abundente. Printre fibrele de collagen se găsesc cantități variabile de fibre elastice, fibroblaste și adipocite. Membrana sinovială poate trimite spre cavitatea articulară prelungiri conjunctivo-vasculare, numite **franjuri** sau **vili sinoviali**.

Membrana sinovială este tapetată spre cavitatea articulară de un epiteliu simplu cubico-turtit, **epiteliul sinovial**. Acest epiteliu are origine mezenchimală. Studii de histoenzimologie și microscopie electronică au arătat că există două tipuri diferite de celule sinoviale (**sinoviocite, sinoblaste**). Unele celule, denumite **celulele A** (sau **celulele M** după alți autori), sunt asemănătoare celulelor sistemului fagocitelor mononucleare, având în citoplasmă numeroși lizozomi și un aparat reticular Golgi bine dezvoltat, în timp ce reticulul endoplasmic rugos este mai puțin reprezentat. Alte celule, denumite **celulele B** (sau **celulele F**) se aseamănă cu fibroblastele având o citoplasmă mai întunecată, bogată în ribozomi, poliribozomi și reticul endoplasmic rugos. Ele sintetizează glicozaminoglicanii (în principal acidul hialuronic) și unele proteine prezente în lichidul sinovial.

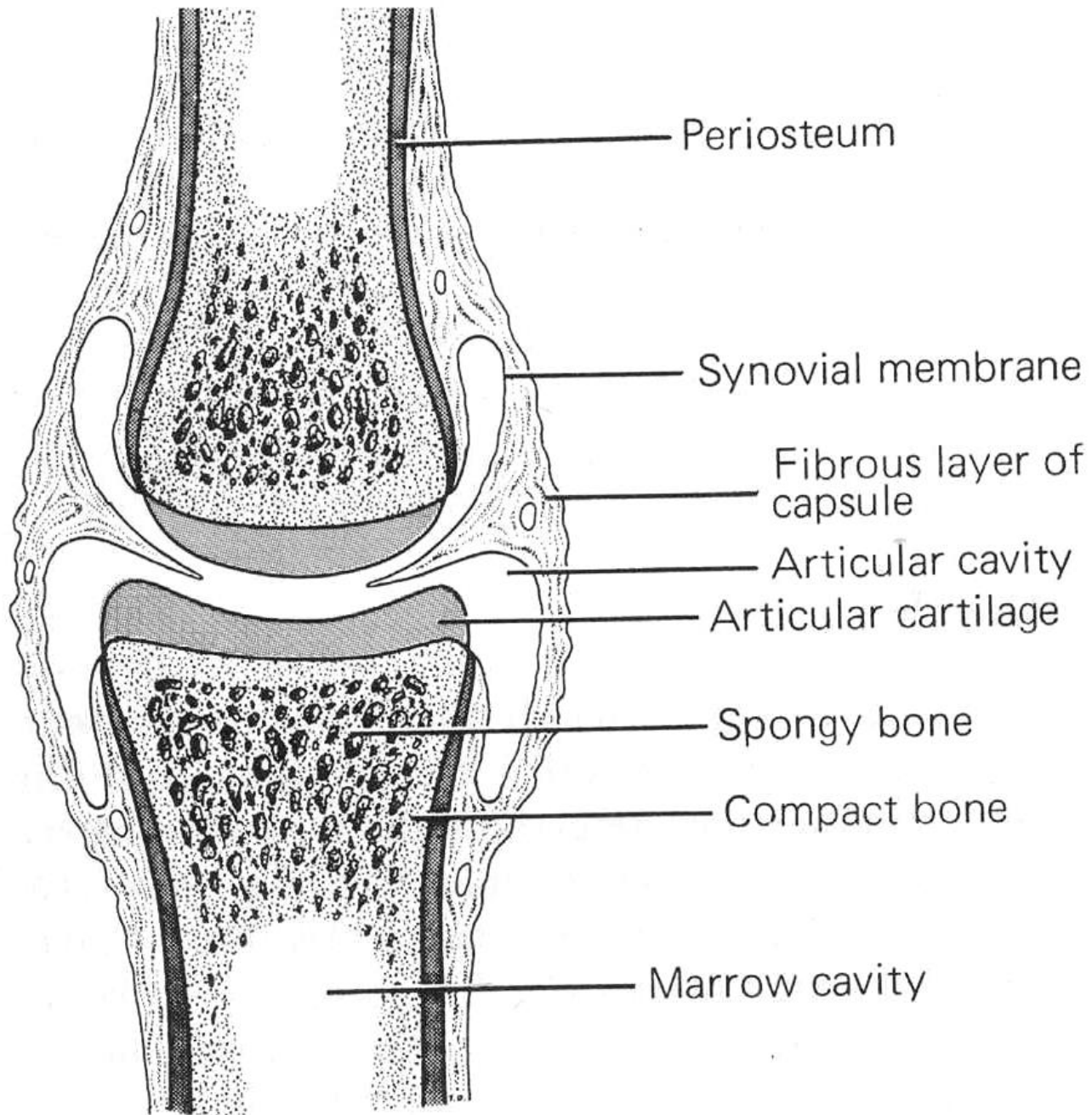
Sub epiteliu (mezoteliu) se găsește o membrană bazală continuă care separă celulele sinoviale de țesutul conjunctiv lax subiacent, bogat în vase de sânge și limfatice.

Membrana sinovială și țesutul conjunctiv lax subiacent se poate infiltra printre fibrele de collagen ale stratului extern și să constituie **burse seroase** în jurul unor tendoane sau ligamente.

Membrana sinovială asigură schimburile metabolice dintre plasma sanguină și lichidul sinovial. Unele celule ale mezoteliului sinovial asigură îndepărtarea din lichidul articular a detritusurilor celulare (celulele A), în timp ce altele (celulele B) sintetizează anumiți compuși biochimici prezenți în lichidul sinovial.

Lichidul sinovial este în cea mai mare parte un dializat al plasmei, la care se adaugă unele componente biochimice sintetizate de celulele sinoviale. Este un lichid limpede, incolor, cu pH-ul de 7,76, având o concentrație ionică similară cu a plasmei sanguine. Conține o cantitate mai redusă de glucoză (66 mg %), dar are o cantitate foarte mare de acid hialuronic puternic polimerizat, care-i asigură o vâscozitate deosebită necesară lubrefierii structurilor articulare. În lichidul sinovial se găsește, în mod fiziologic, o cantitate redusă de celule: limfocite, monocite, celule sinoviale descuamate.

Țesutul conjunctiv periarticular este reprezentat de un strat mai bine sau mai puțin dezvoltat de țesut conjunctiv lax, bogat în adipocite, bine vascularizat și inervat, care învelește la exterior capsula articulară.



10.2. Sinartrozele sunt articulații imobile sau cu mobilitate extrem de redusă. Spre deosebire de diartroze, sinartrozele nu prezintă suprafețe articulare, cavitate articulară sau membrană sinovială. În funcție de structura histologică a țesutului care se interpune între piesele osoase, sinartrozele se clasifică în:

- sinostoze;
- sincondroze;
- sindesmoze.

Sinostozele sunt articulații fixe care prezintă între piesele osoase ce se articulează un strat de țesut osos. Se întâlnesc la oasele bolții craniului la adult.

Sincondrozele sunt articulații cu mobilitate redusă care prezintă între capetele articulare un strat de cartilaj hialin (articulațiile sternocostale) sau un fibrocartilaj (simfiza pubiană, discurile intervertebrale).

Sindesmozele prezintă între piesele osoase un țesut conjunctiv dens, membranos, bogat în fibre de collagen, care permite pieselor osoase mișcări limitate. Se întâlnesc la oasele antebrăului (membrana radio-ulnară), articulația tibio-peronieră inferioară etc.