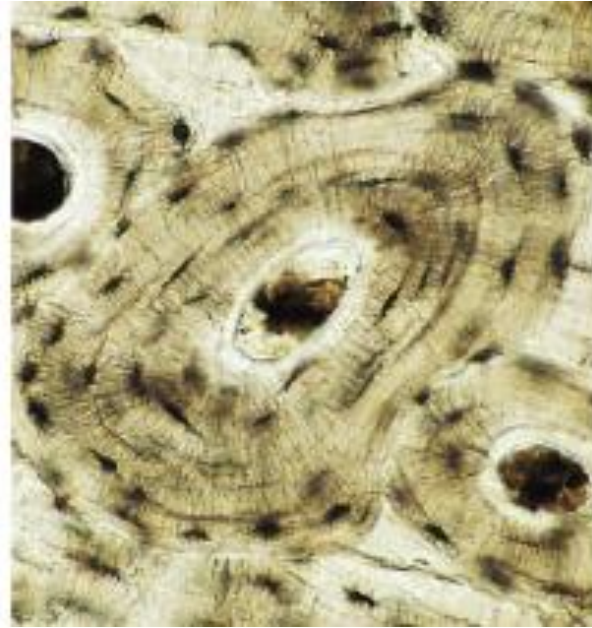
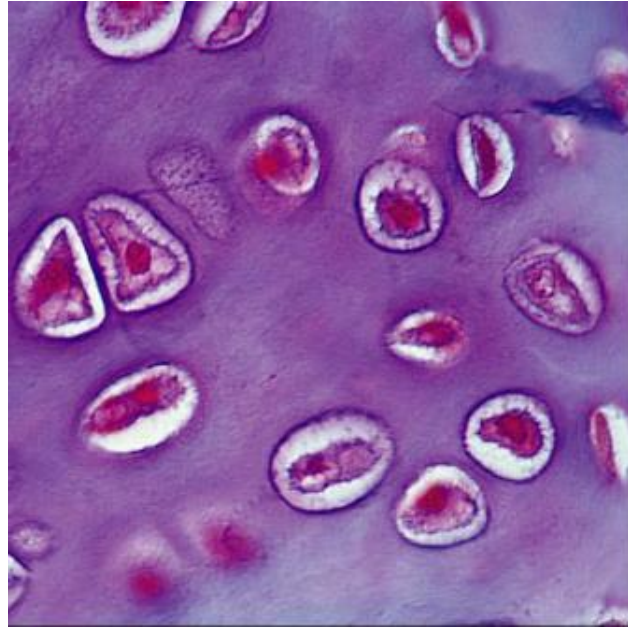


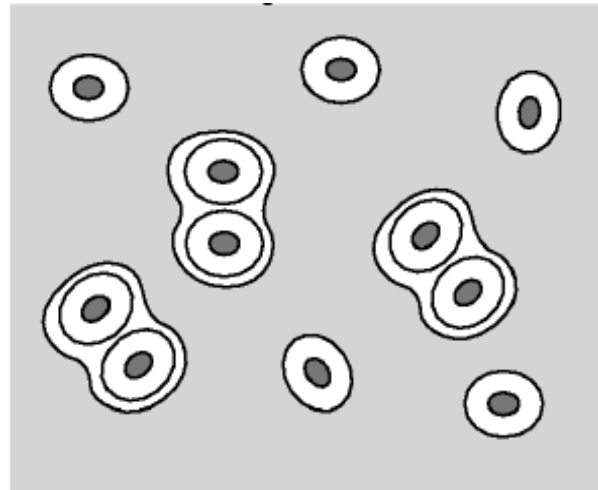


TKANKA CHRZĘSTNA , TKANKA KOSTNA

TKANKA CHRZĘSTNA

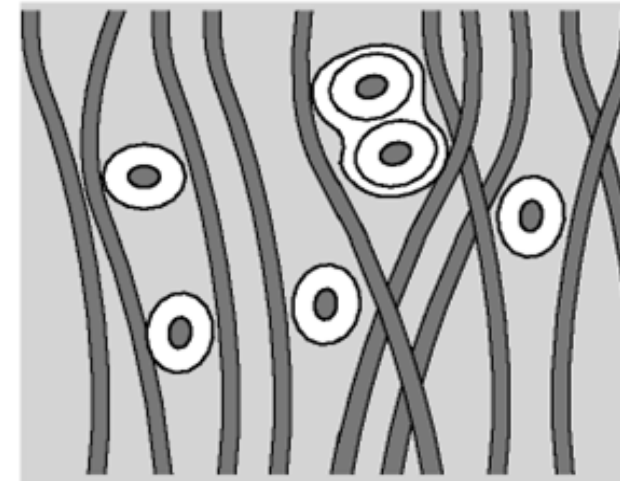
Ogólna budowa i rodzaje tkanki chrzęstnej

- komórki – komórki chrzęstne
- macierz zewnątrzkomórkowa (ECM)
 - włókna
 - substancja podstawowa:
 - ✓ glikozaminoglikany (GAGs), proteoglikany (PG), agregaty PG
 - ✓ glikoproteiny
- brak naczyń krwionośnych i limfatycznych
- brak nerwów



- ← **Chrzęstka szklista**
- Kolagen typu II + **GAG, PG, agregaty PG** → amortyzacja

- Chrzęstka sprężysta** →
- Kolagen typu II + **włókna sprężyste** → elastyczność



- ← **Chrzęstka włóknista**
- Kolagen typu II + **Kolagen typu I** → wytrzymałość

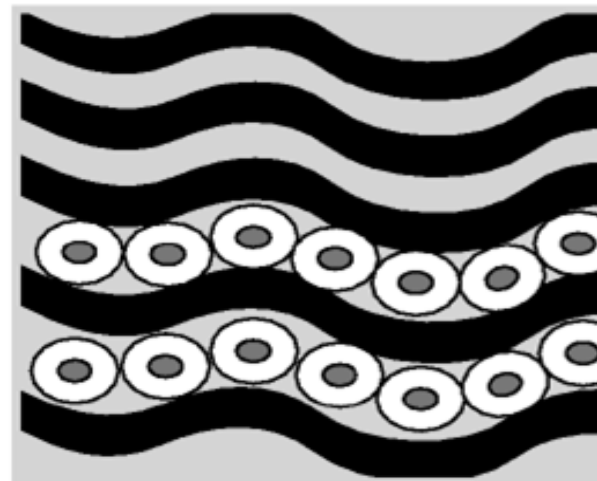
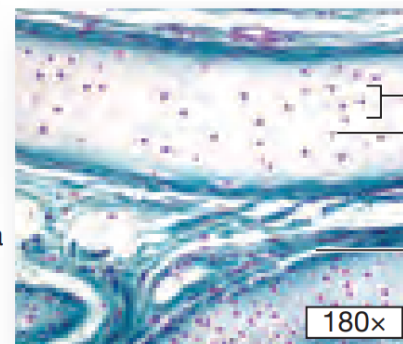
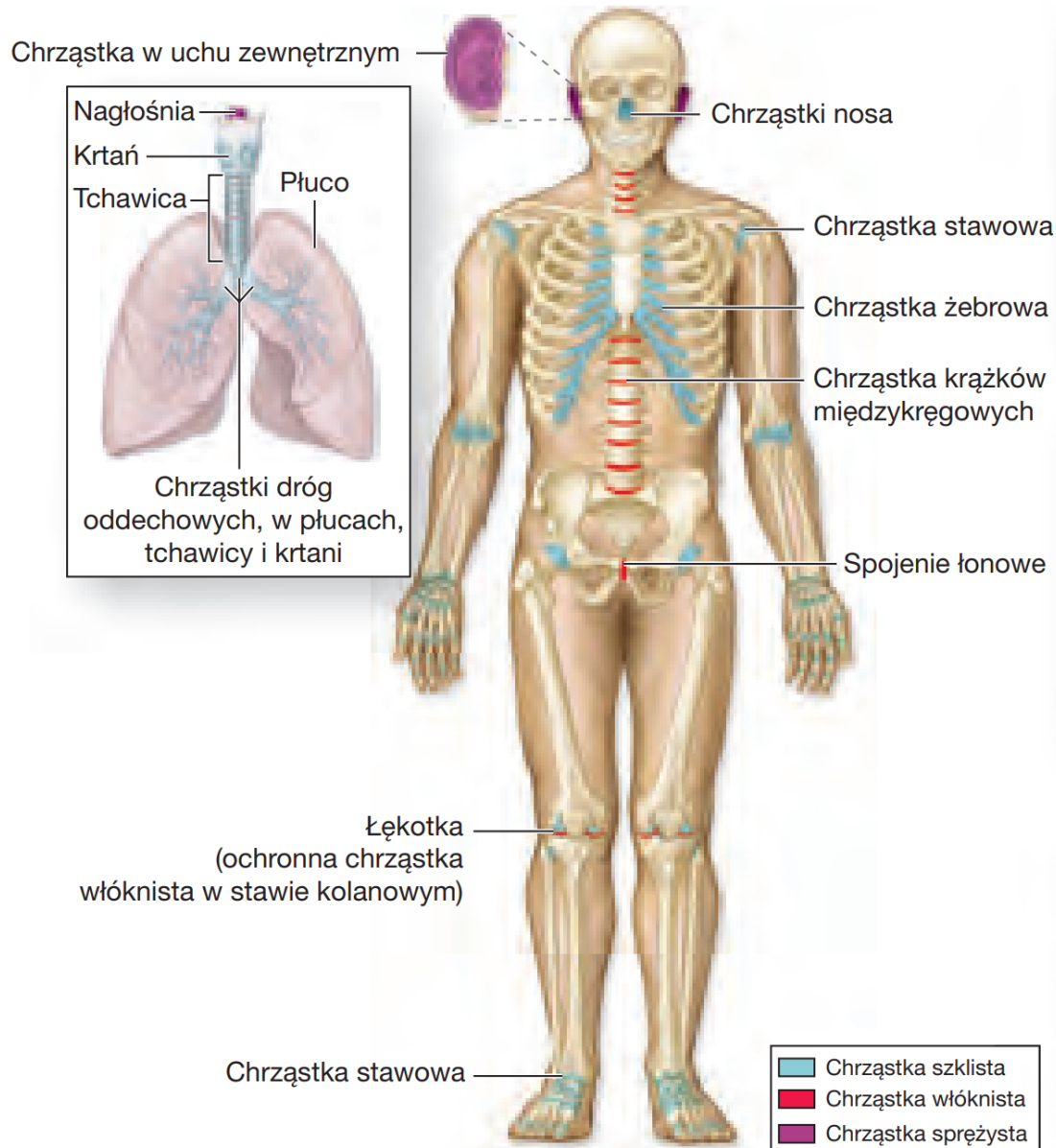


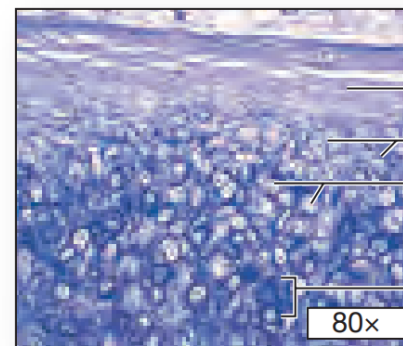
TABELA 7–1**Cechy charakterystyczne podstawowych rodzajów chrząstki**

	Chrząstka szklista	Chrząstka sprężysta	Chrząstka włóknista
Podstawowe cechy macierzy zewnątrzkomórkowej	Homogenna, z kolagenem typu II i agrekanem	Kolagen typu II, agrekan, a także ciemniejsze włókna sprężyste	Kolagen typu II i duże obszary tkanki łącznej zbitej z kolagenem typu I
Główne komórki	Chondrocyty, chondroblasty	Chondrocyty, chondroblasty	Chondrocyty, fibroblasty
Typowe ułożenie chondrocytów	Izolowane bądź w małych grupach izogenicznych	Zwykle w małych grupach izogenicznych	Izolowane lub w ułożonych osiowo grupach izogenicznych
Występowanie ochrzęstnej	Tak (z wyłączeniem chrząstki nasadowej i chrząstki stawowej)	Tak	Nie
Główne miejsca występowania lub przykłady	Wiele składników górnych dróg oddechowych; końce stawowe i chrząstka nasadowa kości długich; szkielet płodu	Ucho zewnętrzne, przewody słuchowe zewnętrzne, trąbka słuchowa; nagłośnia i inne chrząstki krtani	Krążki międzykręgowe, spójenie łonowe, łękotka i kilka innych stawów; miejsce mocowania ścięgien
Główne funkcje	Zapewnia gładkie, o niskim tarcu powierzchnie stawowe; strukturalne wzmocnienie dróg oddechowych.	Zapewnia giętki kształt i wsparcie tkanek miękkich.	Zapewnia amortyzację, wytrzymałość na rozciąganie, oraz odporność na tarcie i ucisk.

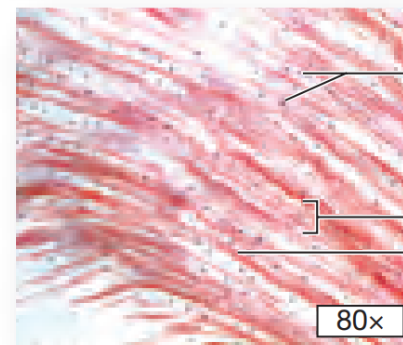
RYCINA 7-1 Rozmieszczenie chrząstki u osób dorosłych.



b Chrząstka szklista



c Chrząstka sprężysta



d Chrząstka włóknista

Macierz pozakomórkowa
Jamka (z chondrocytami)

Ochrzęstna

180x

Ochrzęstna

Włókna sprężyste

Jamki (z chondrocytami)

Macierz zewnątrzkomórkowa

80x

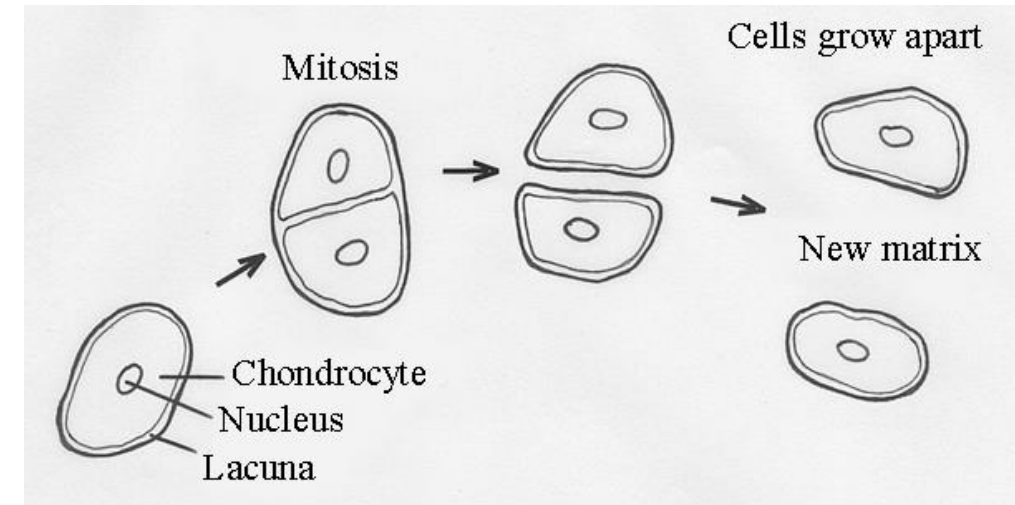
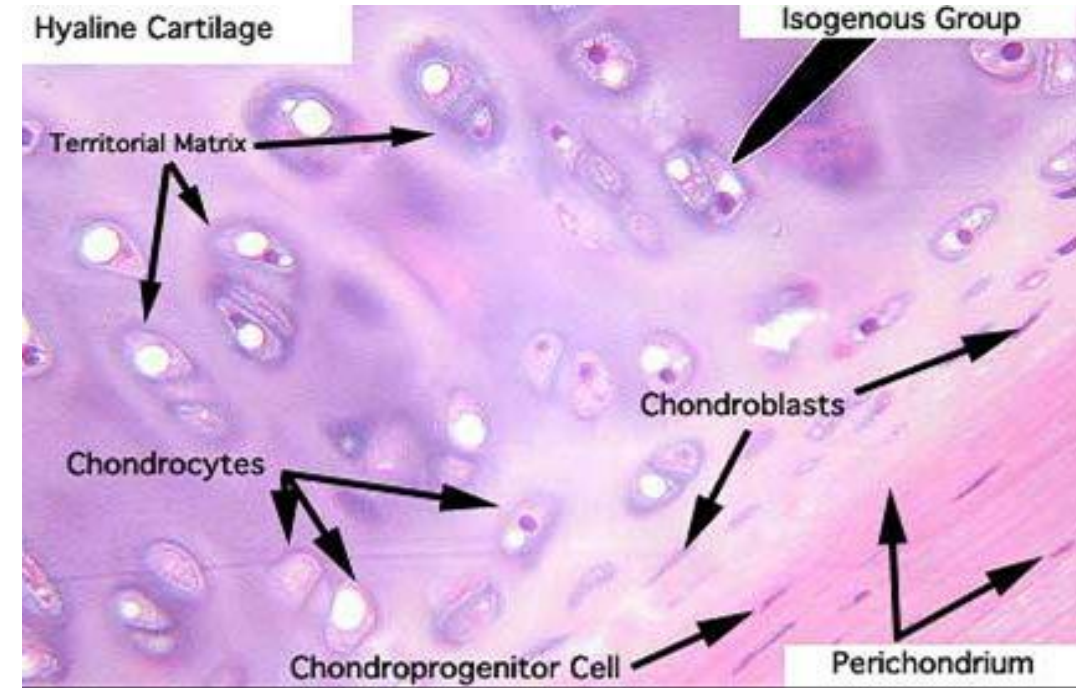
Jamki (z chondrocytami)

Macierz zewnątrzkomórkowa
Włókna kolagenowe

80x

Komórki tkanki chrząstnej

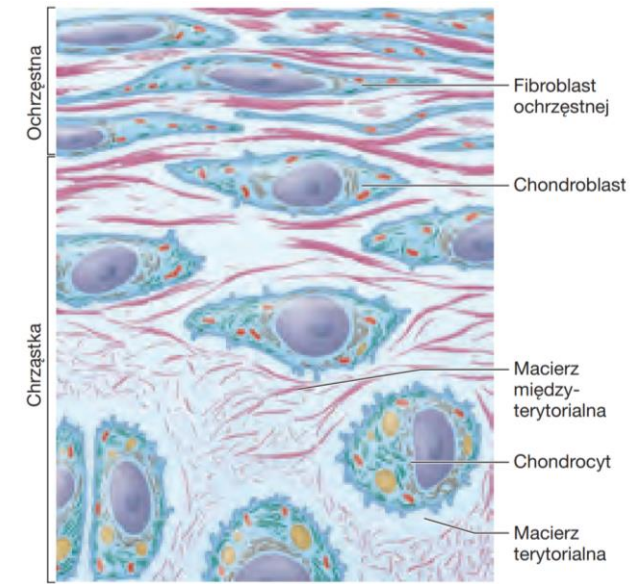
1. **Komórki progenitorowe / chondrogenne** (podobne do fibroblastów) → zdolność do podziałów oraz różnicowania się w chondroblasty
2. **Chondroblasty** – „młode” chondrocyty, na powierzchni chrząstki – produkcja i wydzielanie składników macierzy, zdolność do podziałów
3. **Chondrocyty** (gr. *chondros* – ziarno + *kytos* – komórka) – chondroblasty otoczone macierzą → w jamkach (zdolność do podziałów) → **grupy izogeniczne** (2-8 komórek w jamce) → niska aktywność metaboliczna



Macierz zewnątrzkomórkowa (ECM)

- **włókna**
 - ✓ kolagen typu II (głównie ch. szklista, ch. sprężysta)
 - ✓ włókna sprężyste (ch. sprężysta)
 - ✓ kolagen typu I (ch. włóknista)
- **substancja podstawowa:**
 - ✓ * glikozaminoglikany (GAGs) – m.in. **siarczan chondroityny, siarczan keratanu**
 - * proteoglikany (PG) – m.in. **agrekan**
 - * agregaty PG
 - ✓ glikoproteiny – m.in. **chondronektyna**

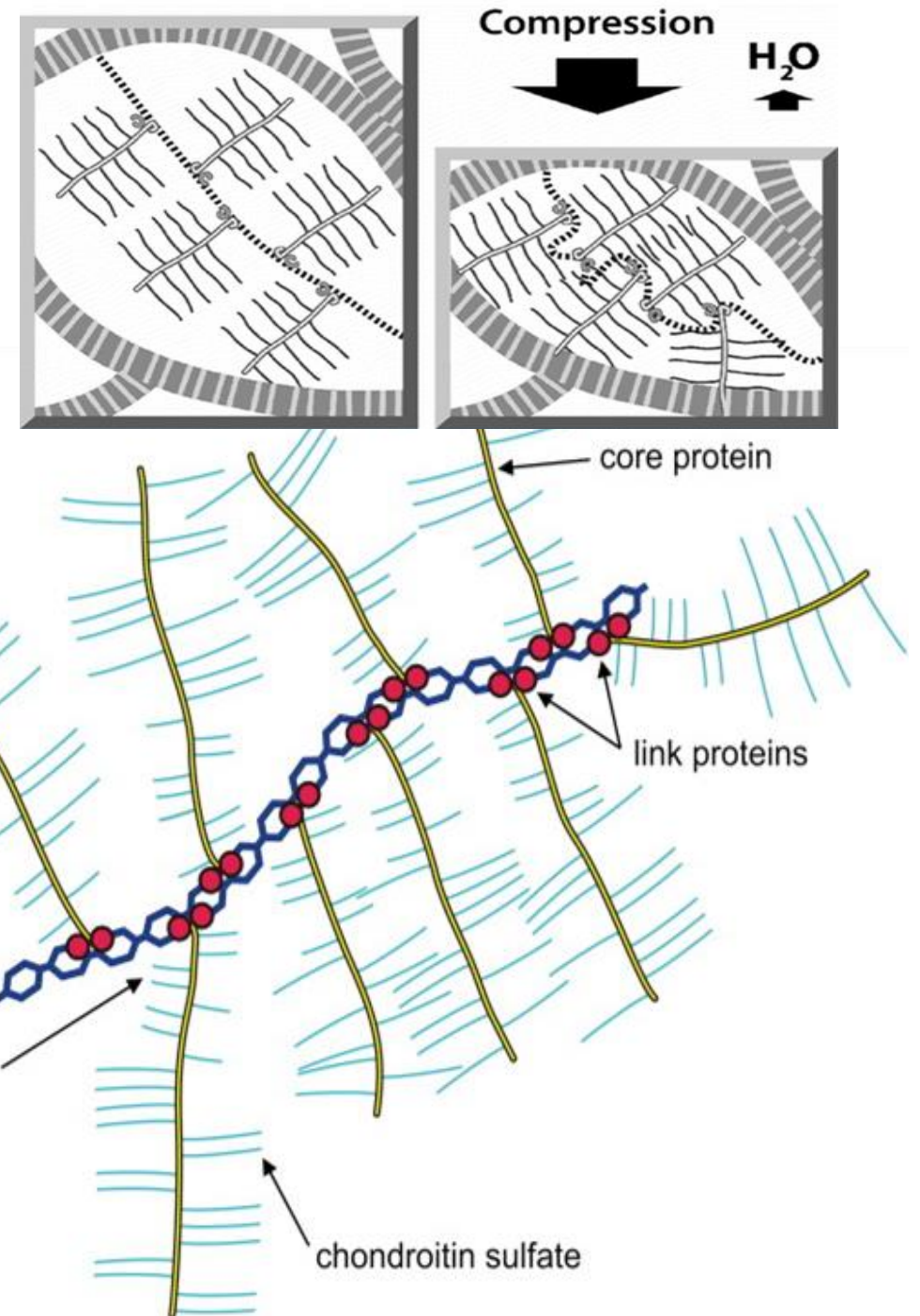
- Macierz otaczająca bezpośrednio każdy chondrocyt zawiera względnie więcej GAGs niż kolagenu



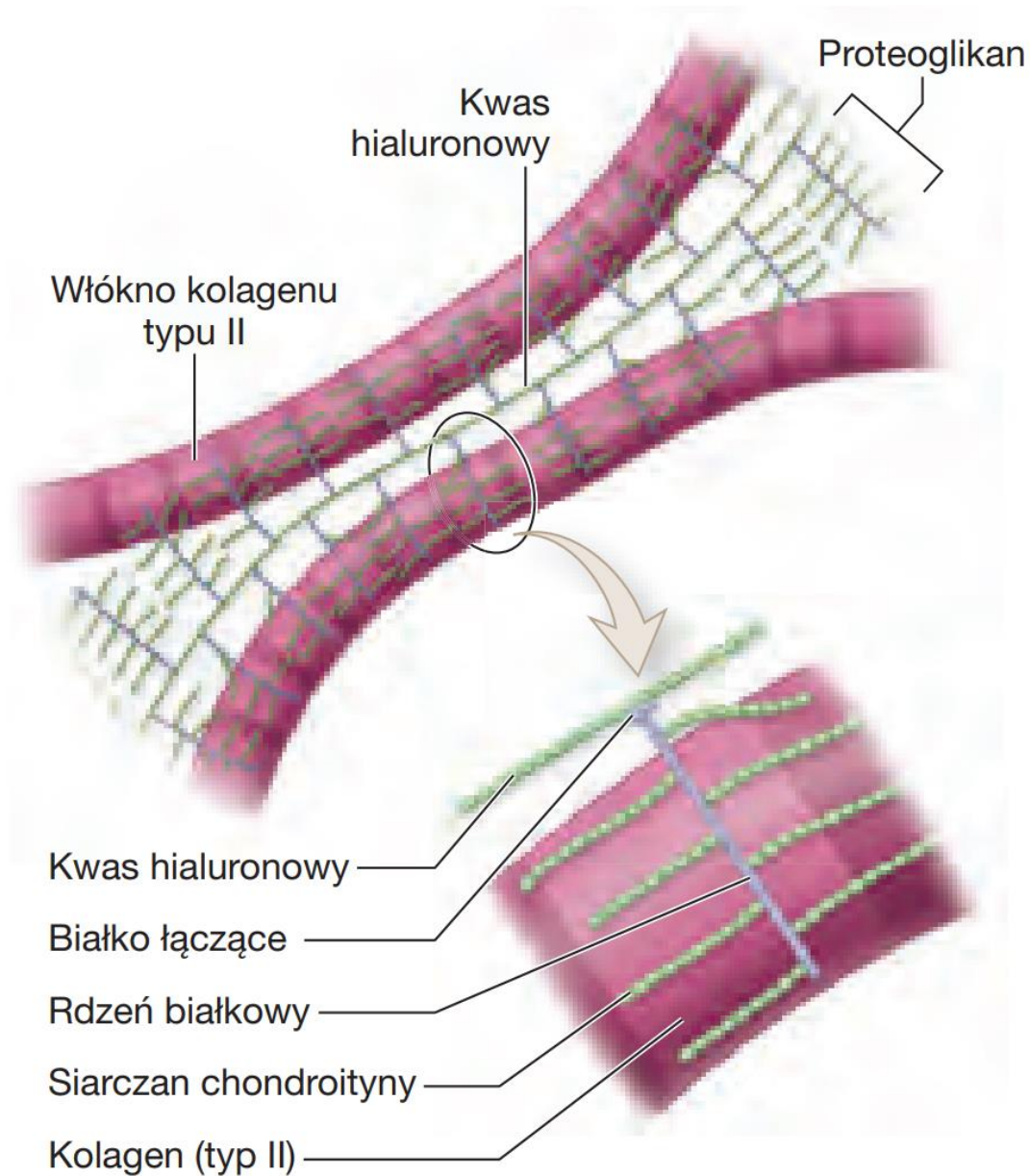
co powoduje, że te **obszary macierzy terytorialnej** barwią się inaczej niż znajdujące się między nimi **obszary macierzy międzyterytorialnej**

Substancja podstawowa: (1) GAGs, PGs, agregaty PGs

- **Glikozaminoglikany (GAGs)** (m.in. **siarczan chondroityny, siarczan keratanu**) → **wiążą wodę** – ok. 60-80% wody w chrząstce to woda związana – zdolności amortyzacyjne ale i utrudniona dyfuzja substancji odżywczych
- **Proteoglikany (PGs)** → różne GAGs kowalencyjnie połączone z białkiem rdzeniowym; główny proteoglikan - **agrekan**
- **Agregaty PGs** → proteoglikany + kwas hialuronowy (wiązanie niekowalencyjne, białko łączące / łącznikowe)



RYCINA 7-2 Struktura macierzy i komórek chrząstki.



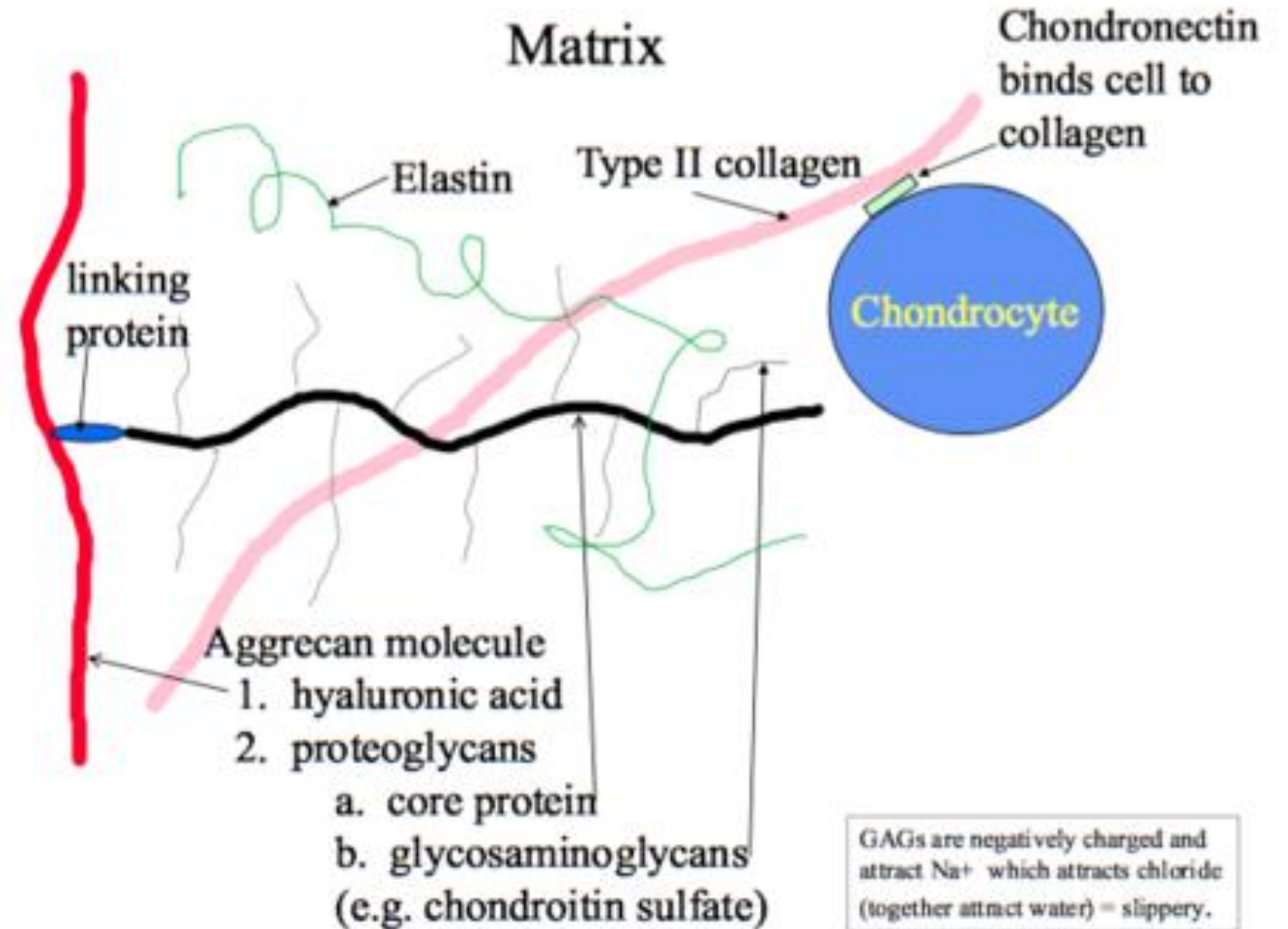
a

(a) Schematyczne przedstawienie najczęściej występujących części macierzy chrząstki ukazuje wzajemne oddziaływanie włókienek kolagenu typu II i proteoglikanów przyłączonych do kwasu hialuronowego. Białka łączące tworzą wiązania niekowalencyjne pomiędzy rdzeniem białkowym proteoglikanów a liniowymi cząsteczkami kwasu hialuronowego. Boczne łańcuchy siarczanu chondroityny w proteoglikanie przyczepiają się elektrostatycznie do włókienek kolagenowych, tworząc krzyżowo powiązaną macierz. Zakreślony obszar pokazano w powiększeniu poniżej. Fizyczne właściwości tych składników macierzy składają się na wysoko uwodniony, giętki i bardzo wytrzymały materiał. W przybliżeniu 75% mokrej masy chrząstki szklistej stanowi woda.

Substancja podstawowa: (2) glikoproteiny

Główna glikoproteina chrząstki:

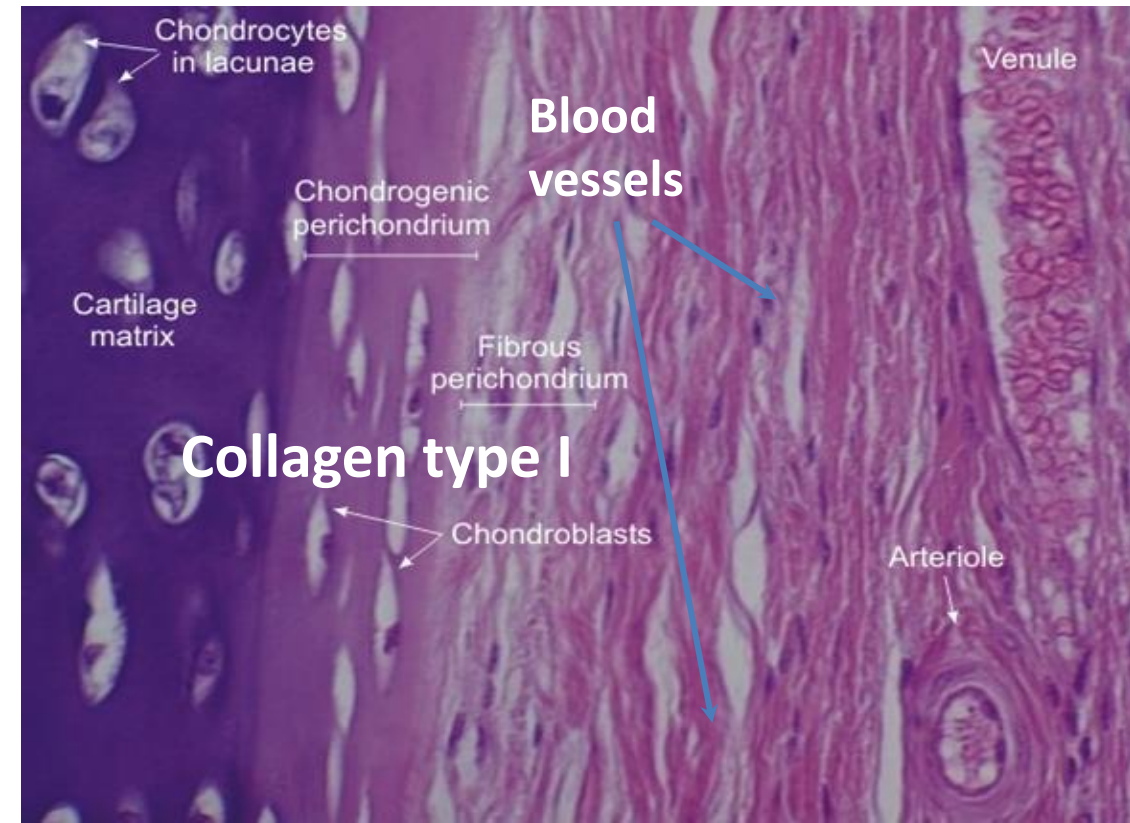
- **Chondronektyna** – miejsca wiązania dla: kolagenu typu II, agrekanu oraz integryn chondrocytów – **wiązanie chondrocyty - macierz**



Ochrzęstna

- otacza większość powierzchni **chrząstki szklistej** (brak na powierzchniach stawowych) oraz chrząstki **sprężystej**
- **ch. włóknista - brak → a właściwie** nie da się wyraźnie wyznaczyć granicy pomiędzy ochrzęstną a chrząstką włóknistą

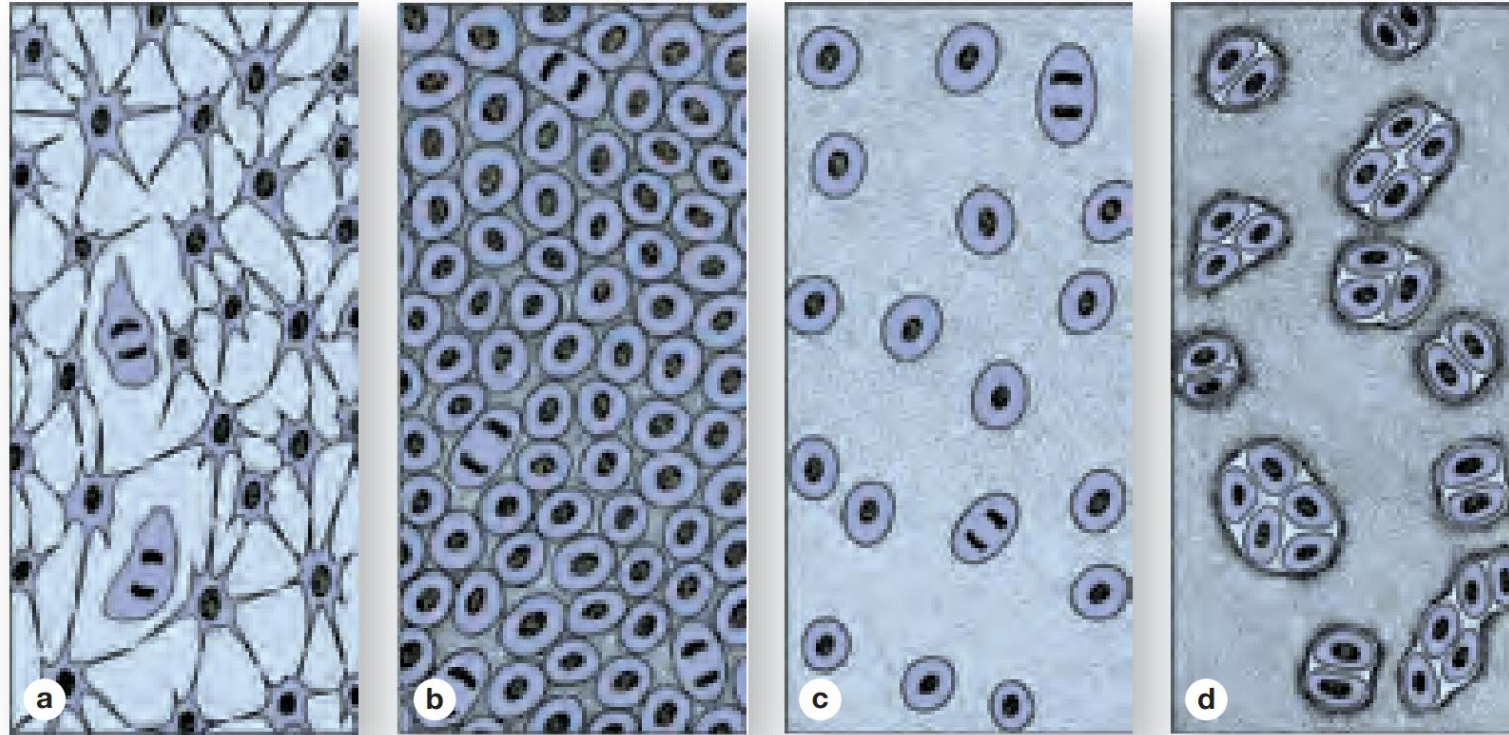
- **warstwa wewnętrzna – komórkowa → kk.**
progenitorowe / chondrogenne
- **warstwa zewnętrzna – włóknista**
- **naczynia krwionośne –**
substancje odżywcze



Powstawanie chrząstki - chondrogeneza

RYCINA 7-6 Chondrogeneza.

Wszystkie rodzaje chrząstki powstają z mezenchymy zarodkowej.



Przedstawiono tutaj główne etapy powstawania chrząstki (chondrogenety) w trakcie rozwoju zarodkowego..

(a) Mezenchyma jest prekursorem wszystkich rodzajów chrząstki.

(b) Mitoza i początkowe różnicowanie się komórek powoduje powstanie tkanki zawierającej zagęszczenia zaokrąglonych komórek określanych jako **chondroblasty**.

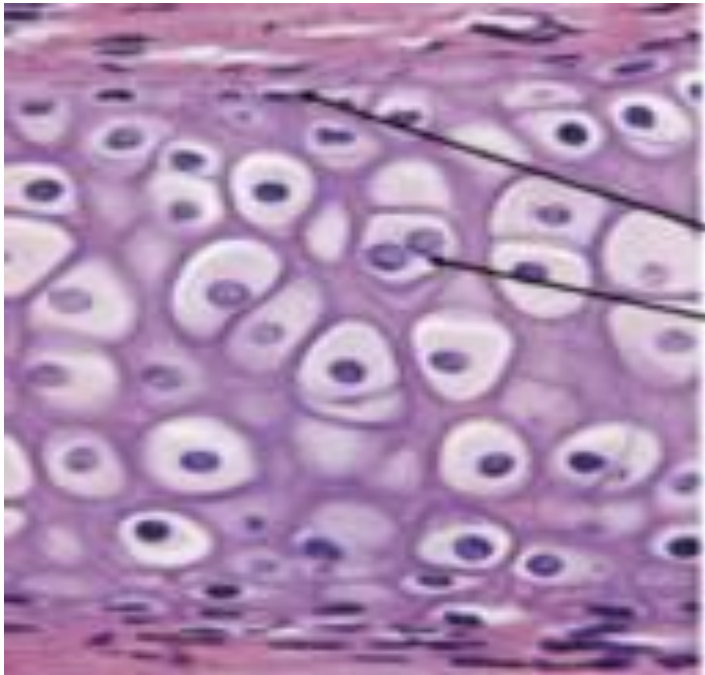
(c) Następnie chondroblasty oddzielają się od siebie dzięki produkowanym przez nie różnym składnikom macierzy, które

łącznie pęcznią, wiążąc wodę i tworząc bardzo rozbudowaną macierz.

(d) Namnażanie się chondroblastów w macierzy powoduje powstanie agregatów komórek izogenicznych otoczonych skondensowaną macierzą terytorialną. W dojrzałej chrząstce ta śródmiąższowa aktywność mitotyczna ustaje i wszystkie chondrocyty zostają jeszcze bardziej oddzielone przez produkowaną przez nie macierz zewnątrzkomórkową.

Rodzaje wzrostu chrząstki

1. **Wzrost śródmiażdżowy** – podziały
→ chondrocyty grup izogenicznych
2. **Wzrost apozycyjny** – podziały →
komórki chondrogenne
wewnętrznej warstwy ochrzęstnej



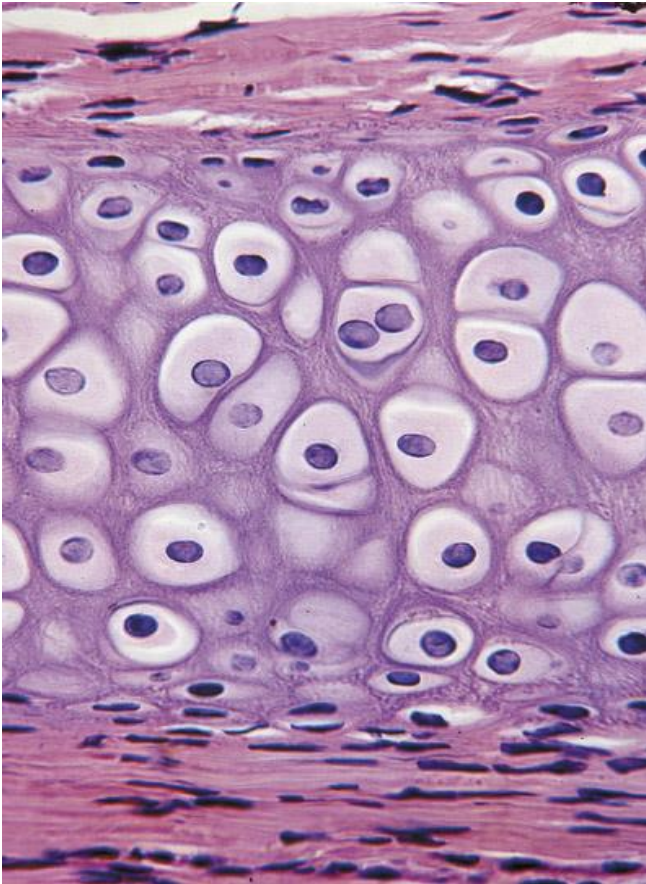
Naprawa

- naprawa uszkodzonej chrząstki
 - jest **bardzo powolna i często niekompletna** → m.in. wskutek **braku unaczynienia** i związanego z nim **niskiego tempa metabolizmu**
 - zależy od aktywności komórek ochrzęstnej - w uszkodzonych obszarach ochrzęstna zamiast nowej chrząstki produkuje łącznotkankową bliznę

Chrząstka szklista u dorosłych

- nos, krtań (cz.), tchawica, oskrzela (cz.)
- dośrodkowe części żeber
- powierzchnie stawowe

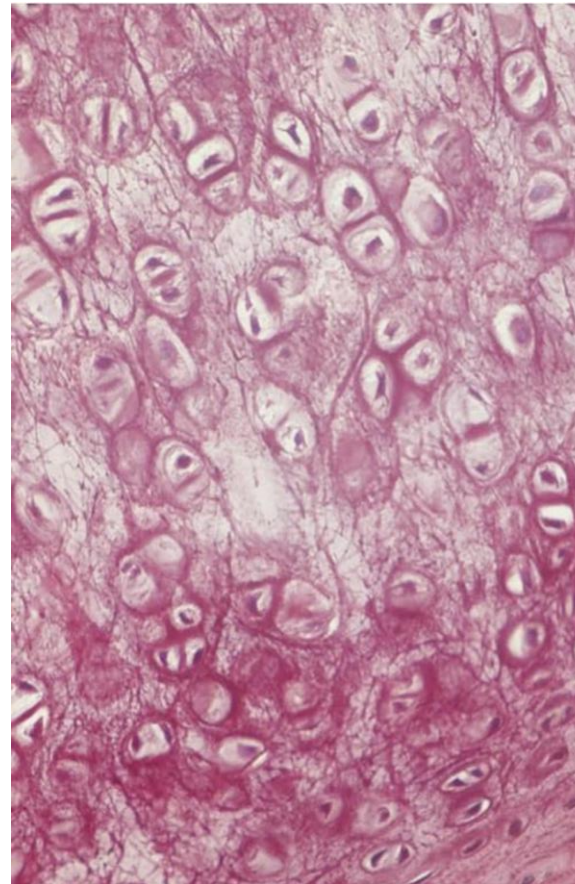
Rozwój embrionalny – modele chrzęstne kości – chrząstka zastępowana przez tkankę kostną



Chrząstka sprężysta

- małżowina uszna, trąbka słuchowa
- nagłośnia, krtań (cz.)

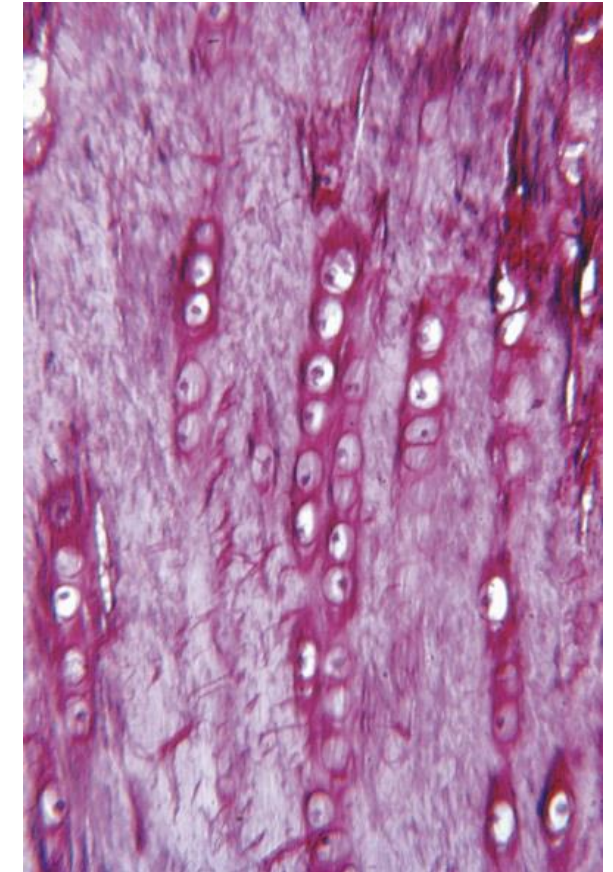
Orceina, rezorcyna – barwienie wykazujące obecność w. sprężystych



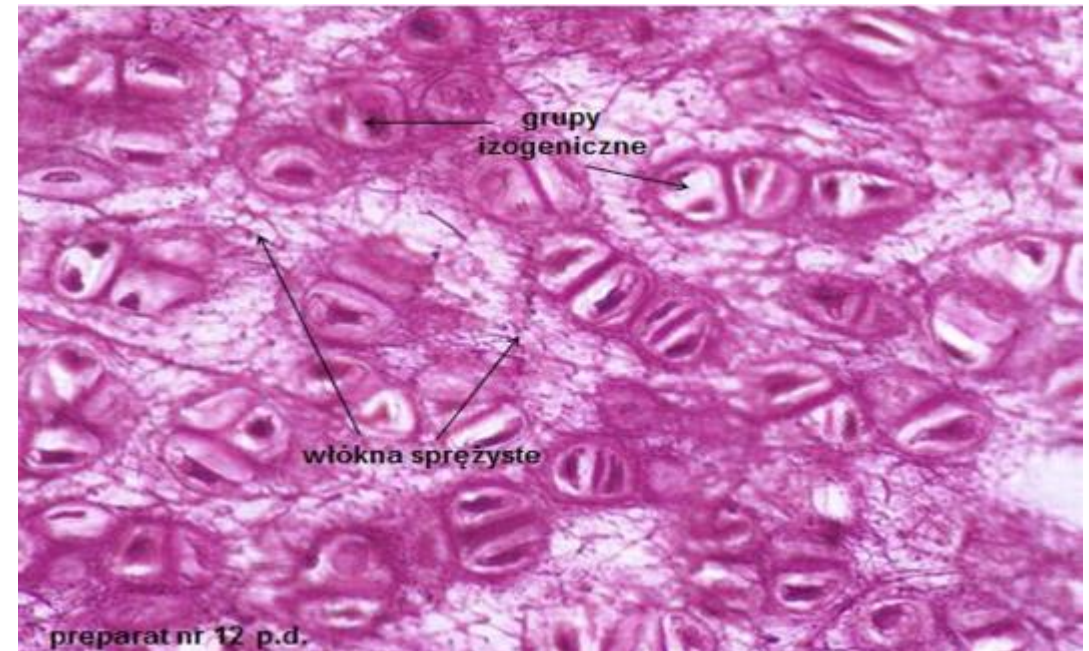
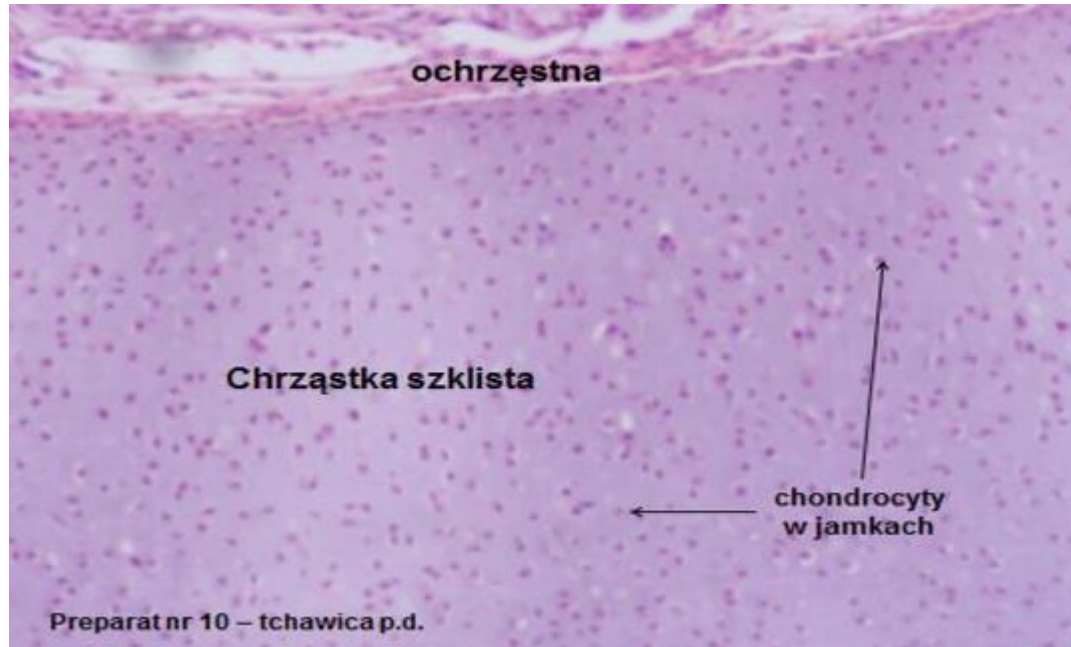
Chrząstka włóknista

- krążki międzykręgowые
- spojenie łonowe
- łąkotki, przyczepy ścięgien

Mieszanina chrząstki szklistej oraz tkanki łącznej zbitej



1. Preparat nr 10 - chrząstka szklista - tchawica, barwienie HE
2. Preparat nr 12 - chrząstka sprężysta - małżowina uszna, barwienie rezorcyna



tkanka kostna / kości

Tkanka kostna

- wyspecjalizowana tkanka łączna
- skład:
 - uwapniona macierz pozakomórkowa / zewnątrzkomórkowa – macierz kostna
 - 3 główne rodzaje komórek którymi są
 1. **Osteocyty** (gr. *osteon* – kość + *kytos* – komórka)
 - leżą w zagłębieniach (**jamkach**, *lacunae*) pomiędzy warstwami macierzy kostnej (**blaszkami**, *lamellae*);
 - mają wypustki kostne leżące w niewielkich **kanalikach** (*canaliculis*) wnikających w macierz kostną
 2. **Osteoblasty** (gr. *osteon* + *blastos* – zarodek) – komórki syntetyzujące i wydzielające organiczne składniki macierzy kostnej.
 3. **Osteoklasty** (gr. *osteon* + *klastos* – połamany) – wielkie, wielojądrzaste komórki biorące udział w usuwaniu uwapnionej macierzy kostnej i remodelowaniu tkanki kostnej

Macierz kostna

Część nieorganiczna

- 65%
- wapń, fosfor = kryształy hydroksyapatytu

↓
twardość

Część organiczna

- 35%

Proteoglikany

Kolagen typu I
80%-90%

Glikoproteiny:
Osteonektyna
osteokalcyna
osteopondyna
sialoproteiny

- Wiązanie hydroksyapatytu, integryn i składników macierzy



(a)

Without
mineral

Without
collagen



(b)



(c)

Komórki osteoprogenitorowe – okostna, śródkostna -**BMPs (bone morphogenetic proteins)** różnicują się w

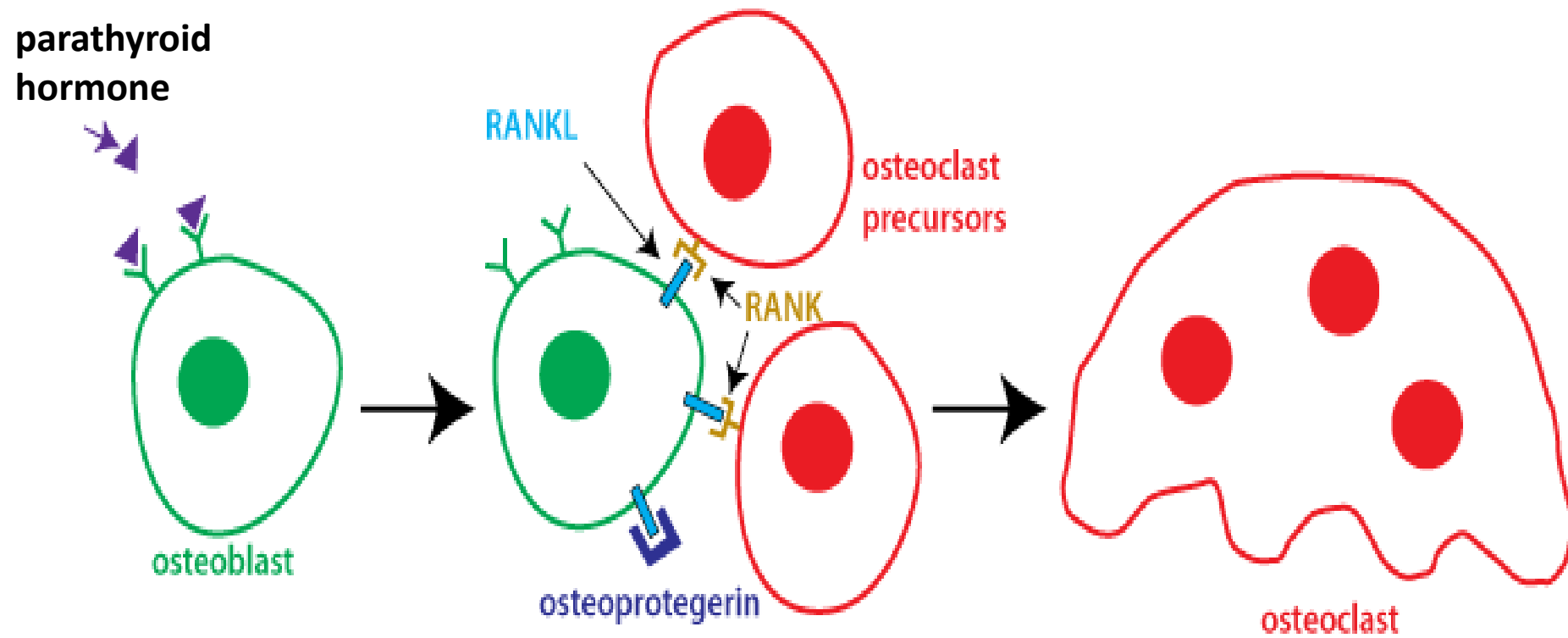
Osteoblasty

- produkcja składników organicznych macierzy kostnej, (m.in. włókna kolagenu typu I, proteoglikany i glikoproteiny macierzy takie jak osteonektyna)
- po zakończeniu aktywności sekrecyjnej
 - różnicują się w **osteocyty** uwięzione w jamkach macierzy kostnej; ich wypustki w kanalikach kostnych
 - przekształcenie się w płaskie komórki pokrywające powierzchnię macierzy kości - **komórki wyścielające**
 - **większość z nich ulega apoptozie**

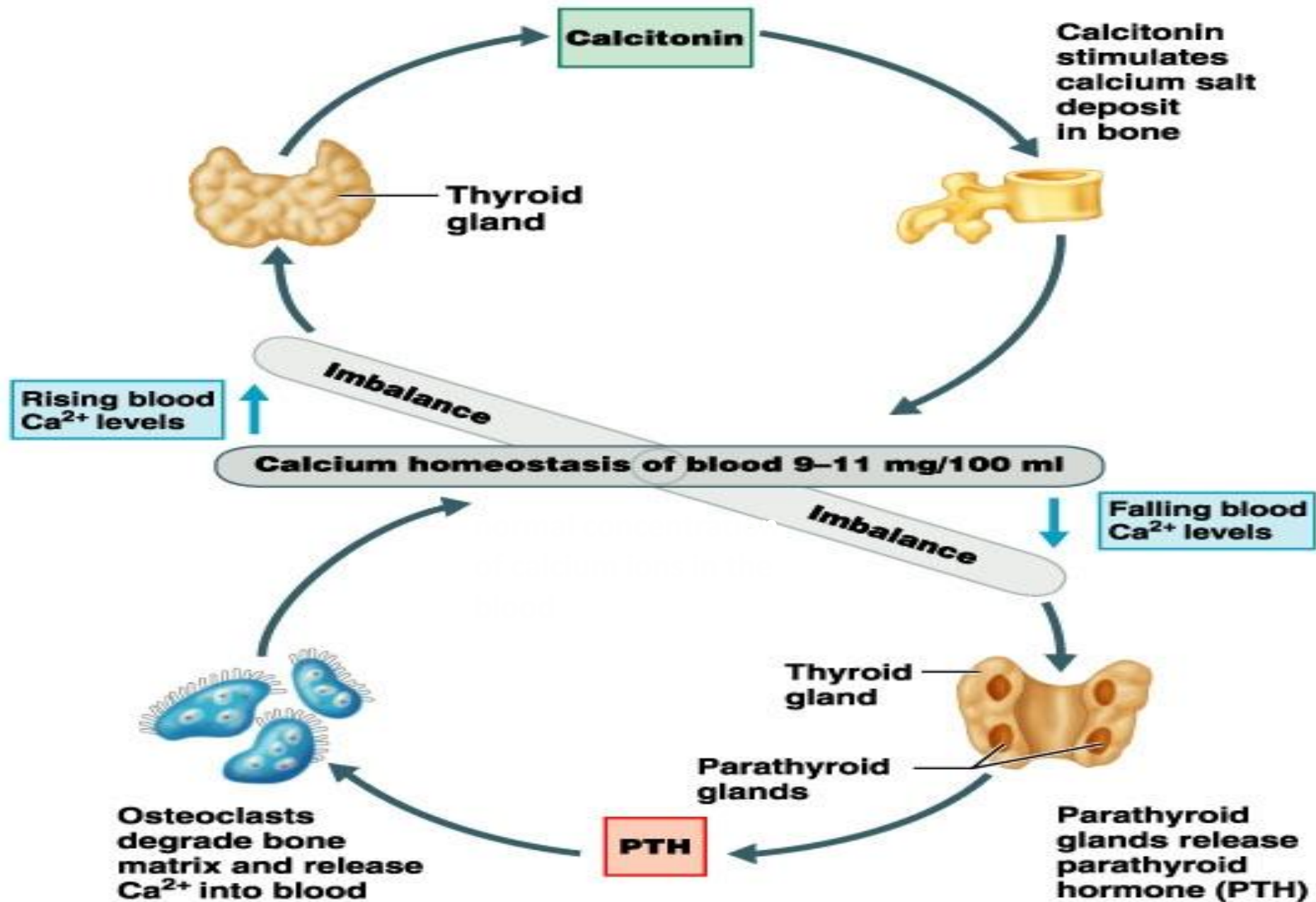
Osteoklasty

- bardzo duże, wielojądrzaste, ruchliwe komórki
- pełnią kluczową rolę w resorpcji kości w trakcie jej wzrostu i remodelowania
- powstawanie osteoklastów
 - fuzja wywodzących się ze szpiku kostnego monocytów
 - **rozwój osteoklastów** wymaga dwóch polipeptydów produkowanych przez **osteoblasty stymulowane przez parathormon (przytarczycy – komórki główne)**:
 - ✓ czynnik stymulujący tworzenie kolonii makrofagów (**M-CSF**, *macrophage-colony-stimulating factor*;))
 - ✓ ligand receptora aktywującego jądrowy czynnik κB (**RANKL**, *receptor activator of nuclear factor- κB ligand*)
- **aktywność osteoklastów jest hamowana przez kalcytoninę (tarczyca – komórki C / jasne)**

Resorpcja kości stymulowana przez parathormon (przytarczycy)

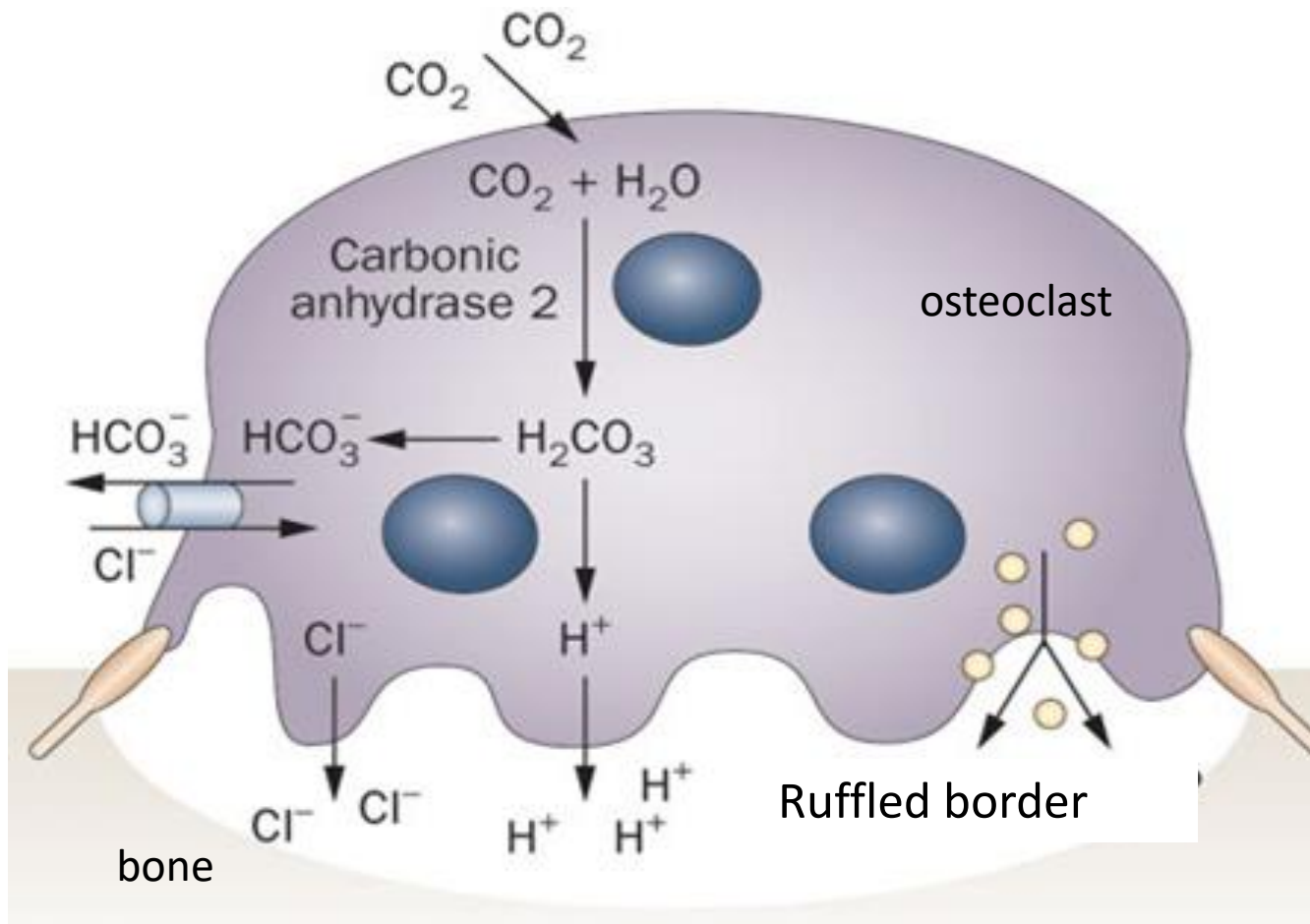


kości – źródło wapnia



Osteoklasty

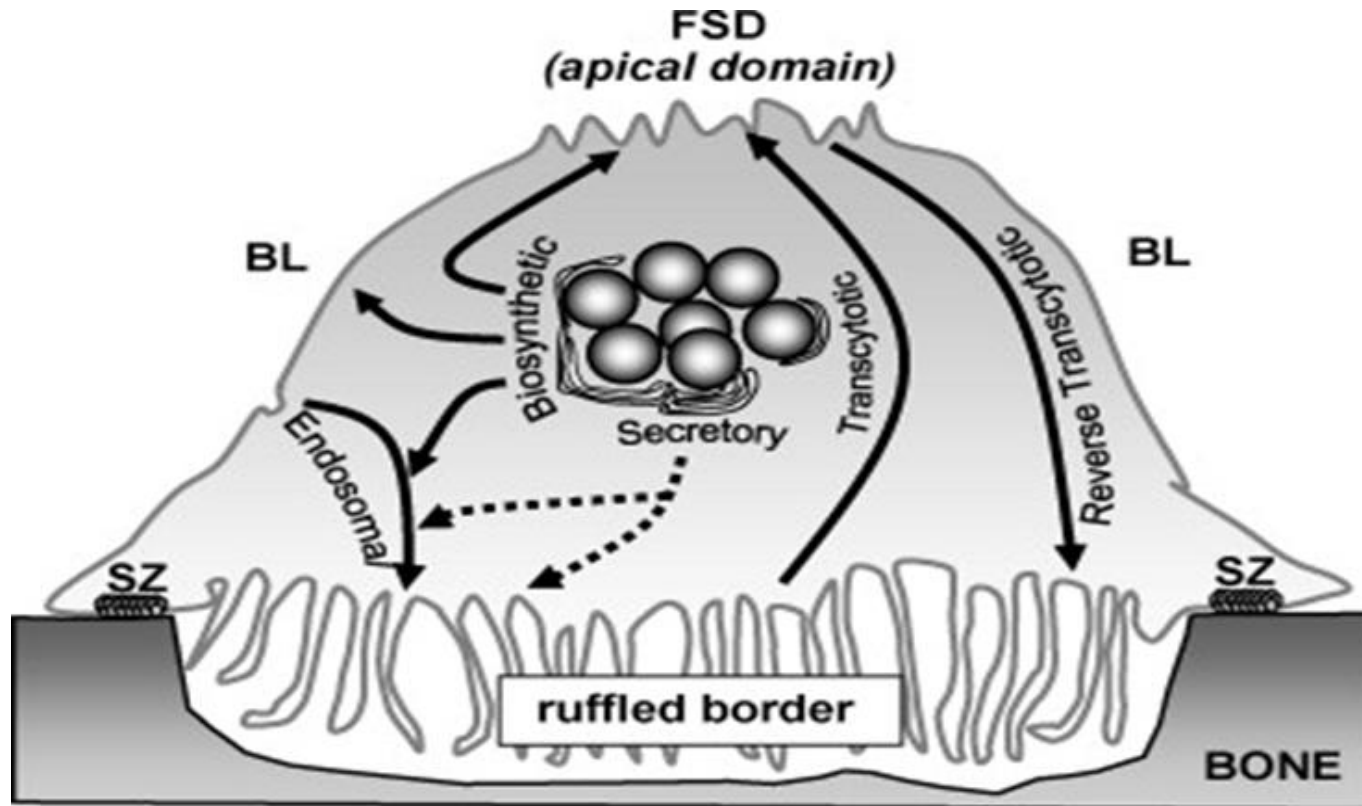
- W aktywnych osteoklastach część błony komórkowej znajdującej się w kontakcie z kością tworzy określoną **strefę uszczelniającą**, która ściśle łączy komórkę z macierzą kostną i otacza obszar błony z wieloma wypustkami nazywany **rąbkiem brzeżnym**.
- określona strefa uszczelniająca umożliwia utworzenie pomiędzy osteoklastem a kością wyspecjalizowanego mikrośrodowiska, w którym zachodzi resorpcja. Do ww. strefy są bowiem:
 - ✓ „wpompowywane” protony → zakwaszenie środowiska → lokalne rozpuszczenie kryształów hydroksyapatytu
 - ✓ uwalnianie metaloproteinaz macierzy oraz inne enzymów → miejscowe strawienie białek macierzy kostnej.



- **Część nieorganiczna** - rozpuszczanie w niskim pH

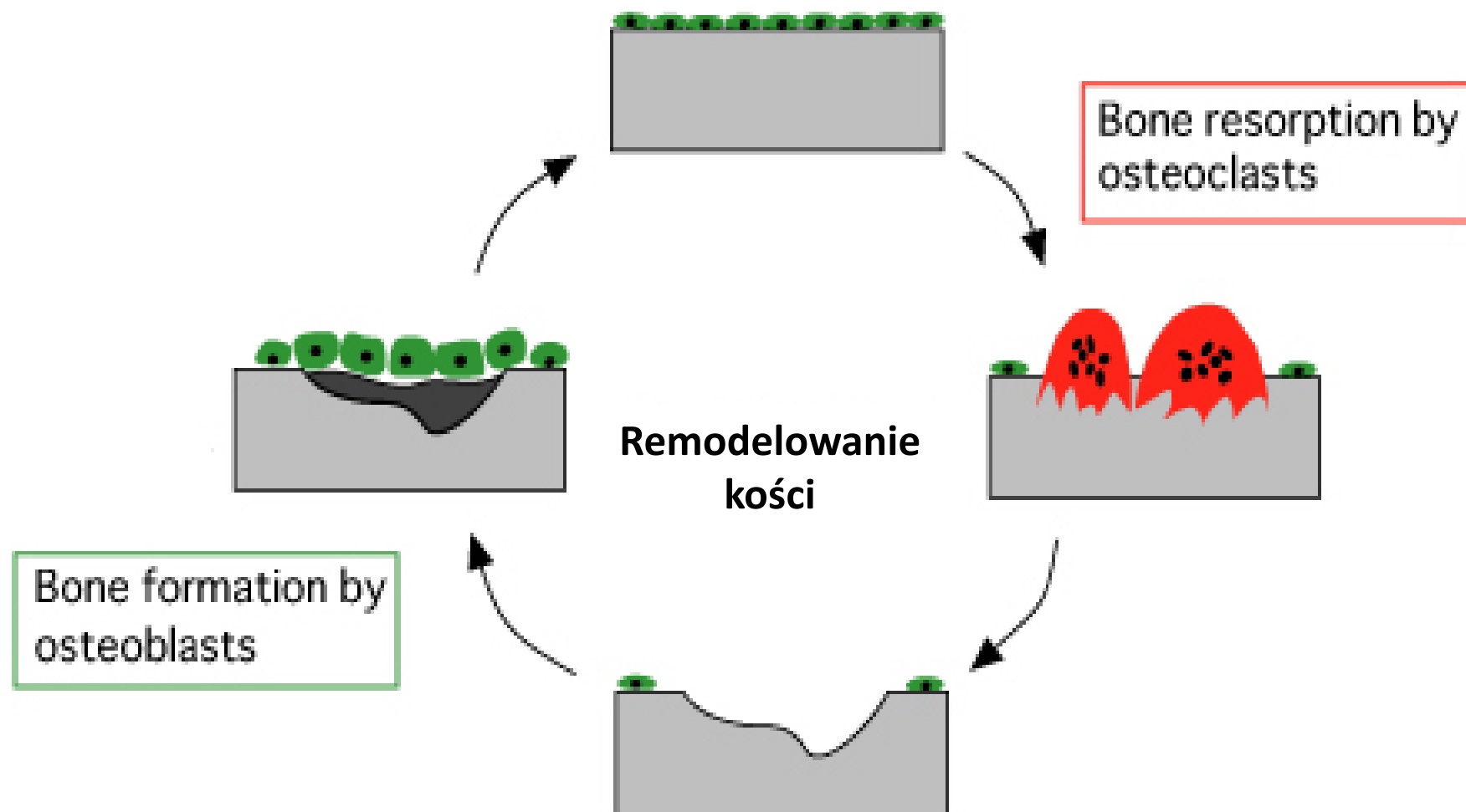
- **Anhydraza węglanowa** – tworzenie kwasu węglowego - H_2CO_3 dysocjuje na H^+ i jony dwuwęglanowe – protony do przestrzeni pomiędzy rąbkiem i kością, niskie pH

- rąbek szczotczkowy (ruffled border) – resorpcja kości

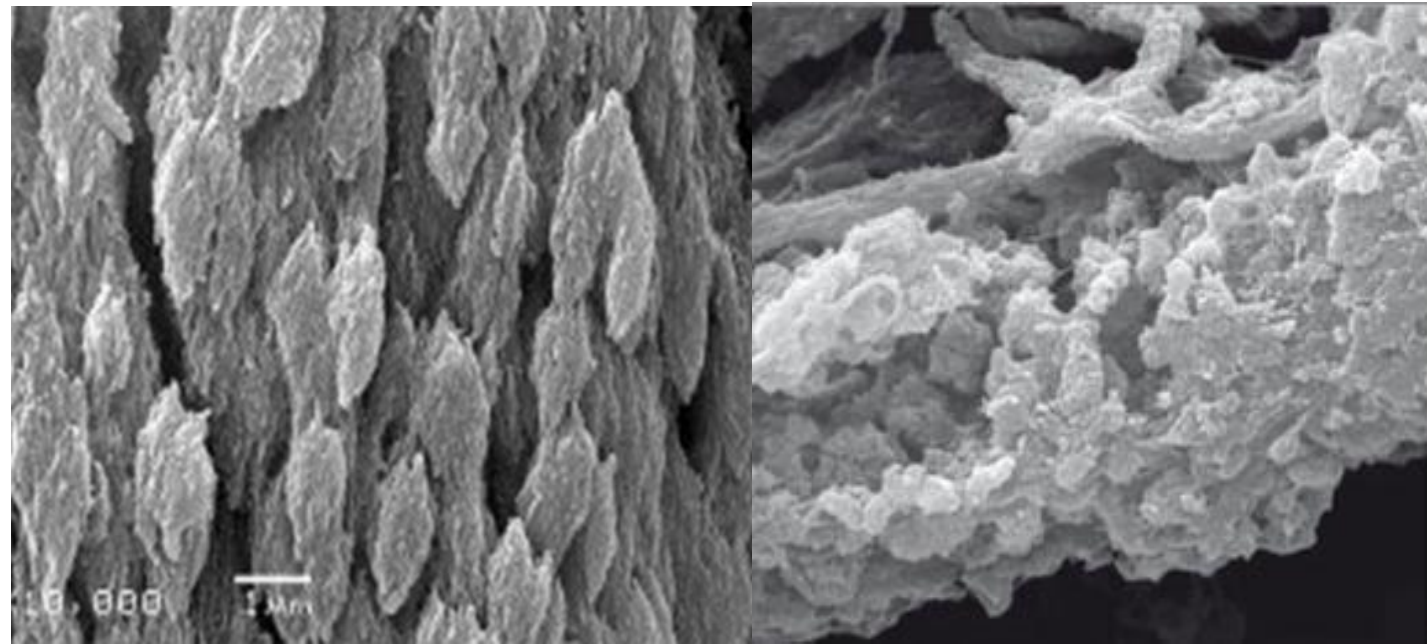


- Część organiczna macierzy – enzymy lizosomalne

- enzymy lizosomalne (**katepsyna K, gelatinaza**) uwalniane do przestrzeni pomiędzy rąbkiem i kością – niszczenie części organicznej

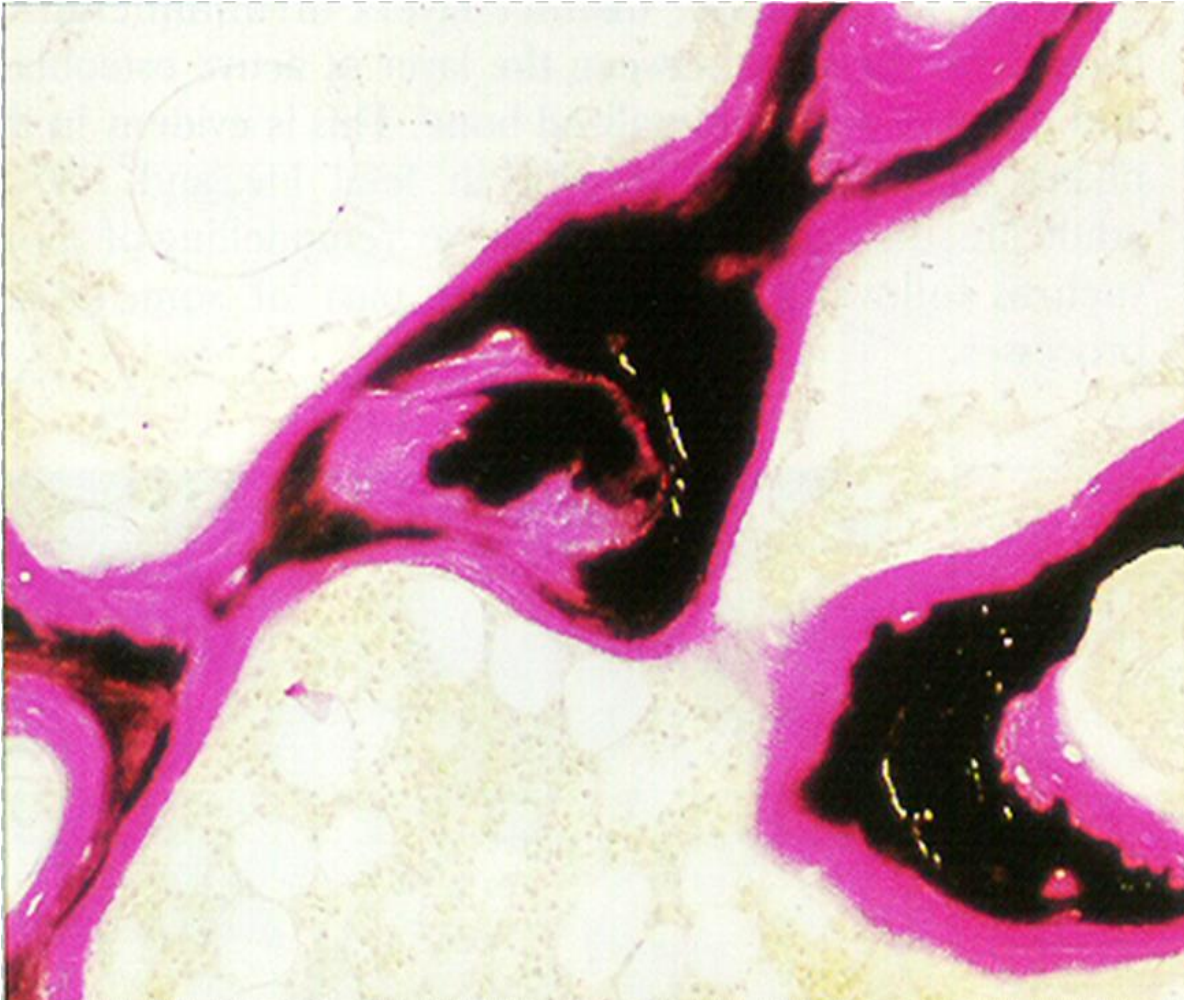


wapnienie



- **osteoblasty** uwalniają pęcherzyki zawierające jony wapnia, fosforu i białka wiążące - osteonektyna.
- w pęcherzykach – krystalizacja, uwalnianie kryształów hydroksyapatytu
- odkładanie kolagenu na powierzchni kryształów - centra krystalizacji.

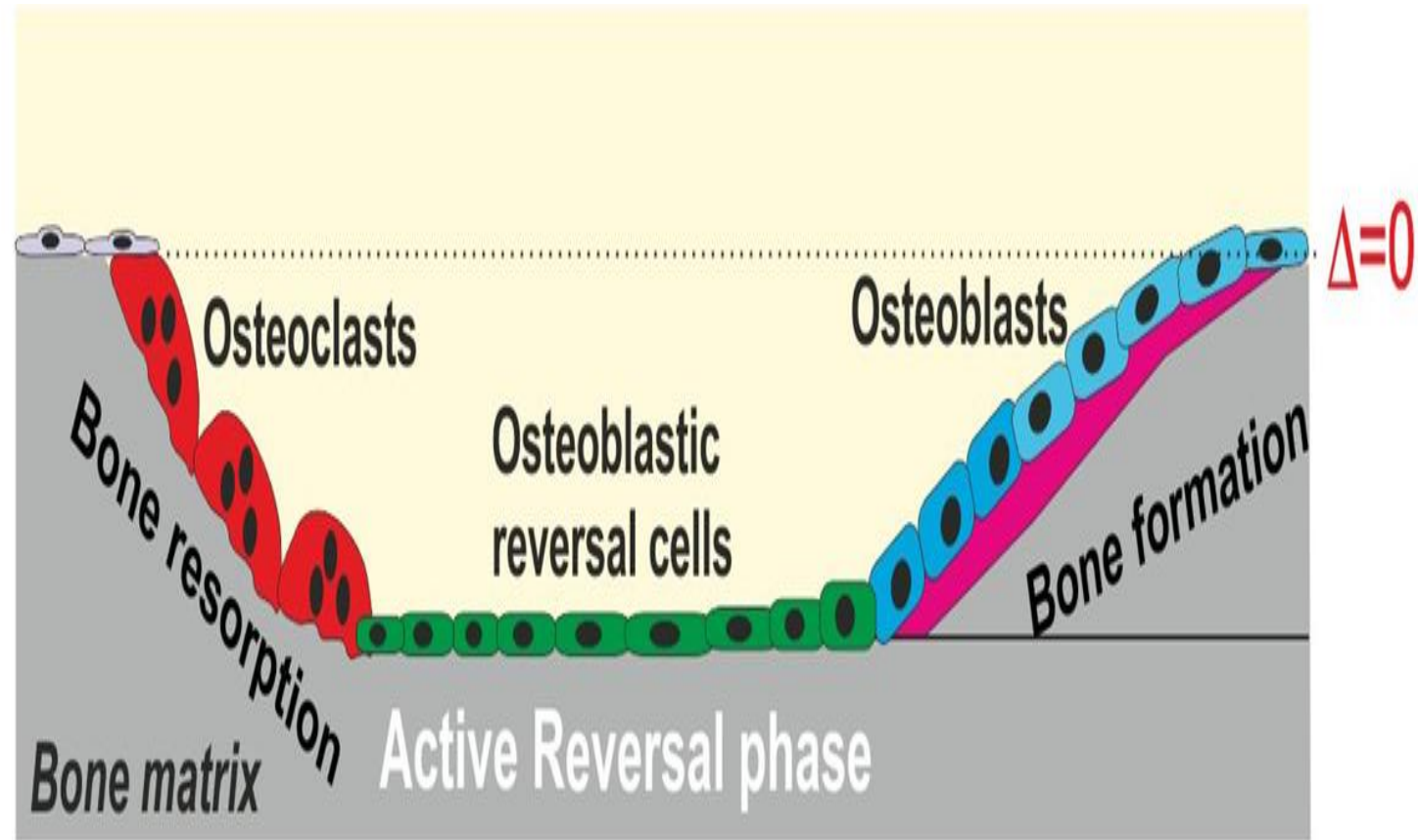
Osteomalacja (nieprawidłowa mineralizacja) – zbyt niskie stężenie Ca^{2+} i PO_4^{3-}



Niezmineralizowany osteoid (magenta)
kość zmineralizowana (czarna).

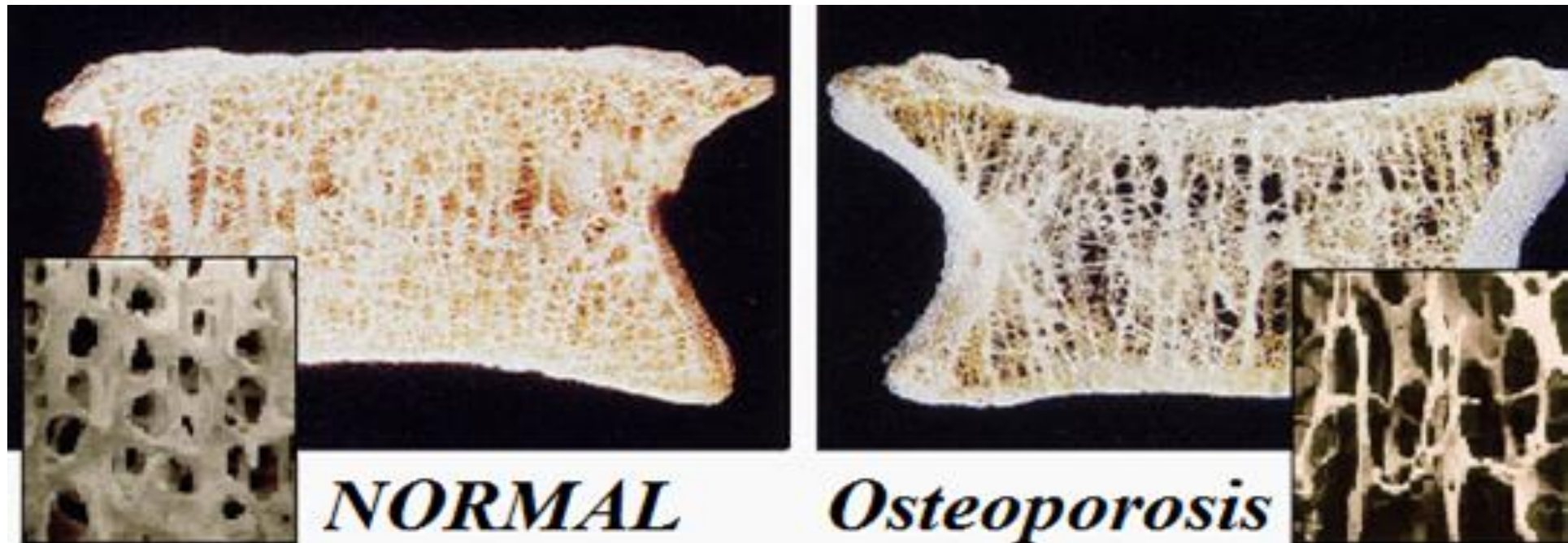
Równowaga pomiędzy resorpcją kości i jej tworzeniem (remodelowanie kości)

Coupled and
balanced
bone remodeling



OSTEOPOROZA – nieprawidłowy remodeling – obniżenie gęstości kości i jej masy

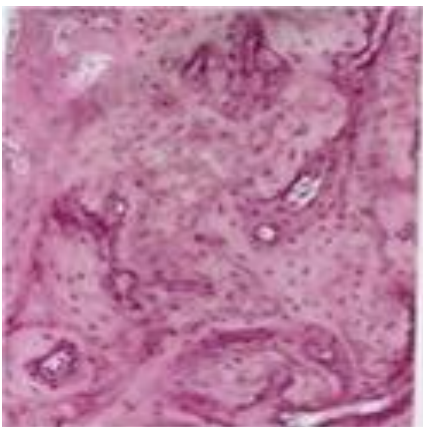
- osteoporoza – u kobiet – brak estrogenów (menopauza), u mężczyzn – obniżenie testosteronu (testosteron przekształcany do estrogeneru) – wiązanie estrogenów z osteoblastami – produkcja osteoidu



Rodzaje tkanki kostnej

Kość pierwotna / grubowłóknista / splotowata

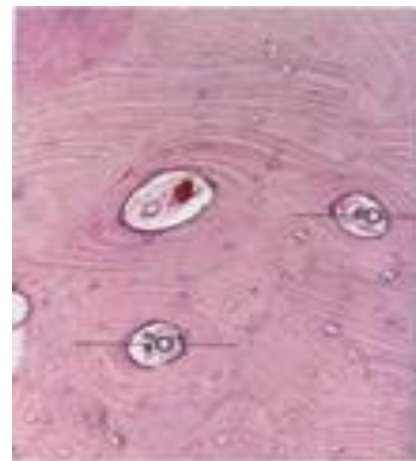
- występowanie:
 - rozwijające się i rosnące kości
 - kostnina twarda gojących się złamań kości
- charakterystyka
 - nieregularne i przypadkowe ułożenie komórek oraz grubych pęczków kolagenu
 - niski stopień uwapnienia



- zastępowana przez k. dojrzałą / drobnowłóknistą / blaszkowatą

Kość dojrzała / drobnowłóknista / blaszkowata

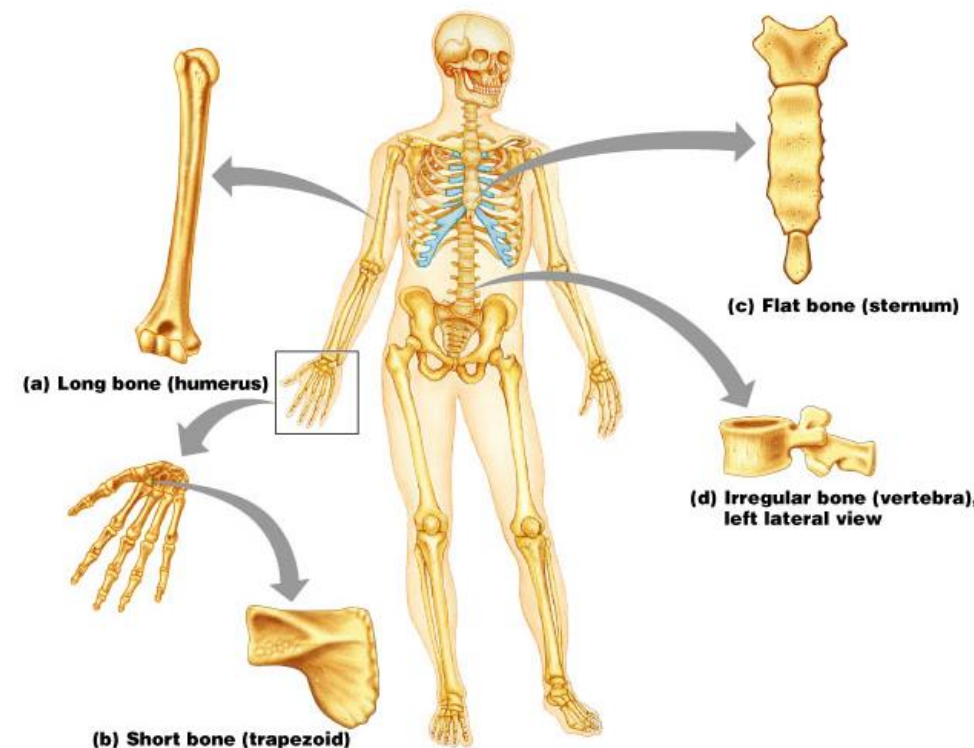
- powstaje z k. pierwotnej / grubowłóknistej / splotowatej
- charakterystyka
 - równoległe pęczki kolagenu ułożone w cienkie warstwy (**blaszki**) - ułożone równoległe lub koncentrycznie z regularnie umieszczonymi komórkami;
 - wysoki stopień uwapnienia



- 2 rodzaje:
 - kość zbita / k. korowa
 - kość gąbczasta / k. beleczkowa

Rodzaj kości	Opis	Przykłady
Długie	Długość jest znacznie większa niż szerokość i grubość.	Kość udowa, kość ramienna, kość piszczelowa, paliczki.
Krótkie	Długość, szerokość i grubość są do siebie zbliżone.	Kości nadgarstka, kości stępu.
Płaskie	Dwa wymiary (długość i szerokość) przewyższają trzeci (grubość).	Łopátka, mostek, kość potyliczna, kości sklepienia czaszki.
Różnokształtne	Mają nieregularny, różnorodny kształt.	Kręgi, kość żuchwy, kości twarzoczaszki.
Pneumatyczne	Posiadają puste przestrzenie wypełnione powietrzem, połączone z jamą nosową.	Kość czołowa, szczękowa, klinowa, sitowa.

Podział kości według kształtu



Kość długa

przynasada

nasada (gr. *epiphysis* wypukłość)
→ k. gąbczasta >> k. zbita

trzon
(gr. *diaphysis* – rosnący
pomiędzy) → k. zbita
>> k. gąbczastą

nasada

Kość gąbczasta

Kość płaska

Kość zbita

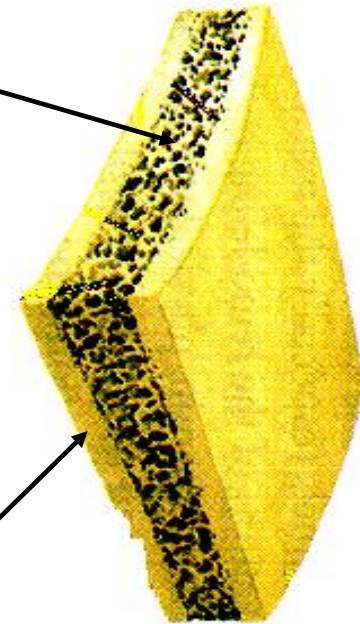
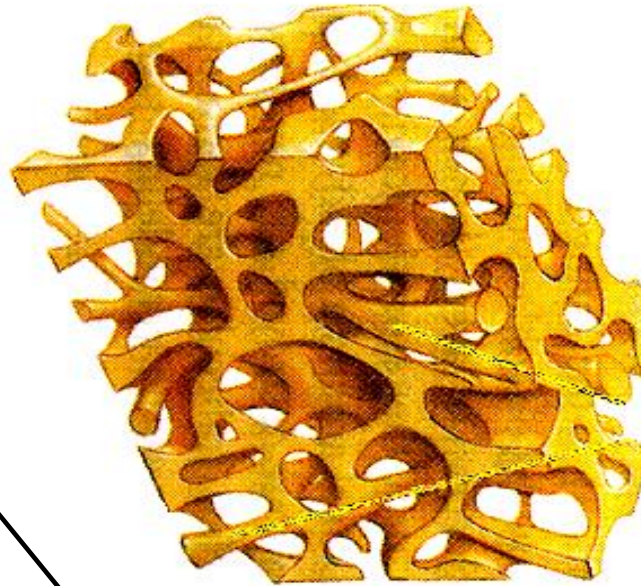
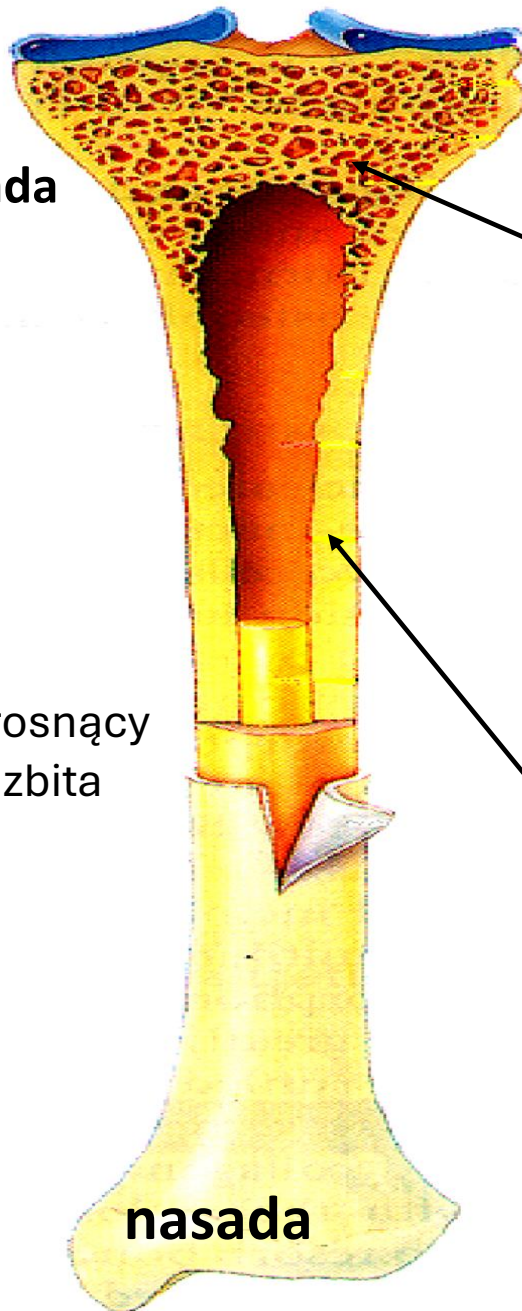
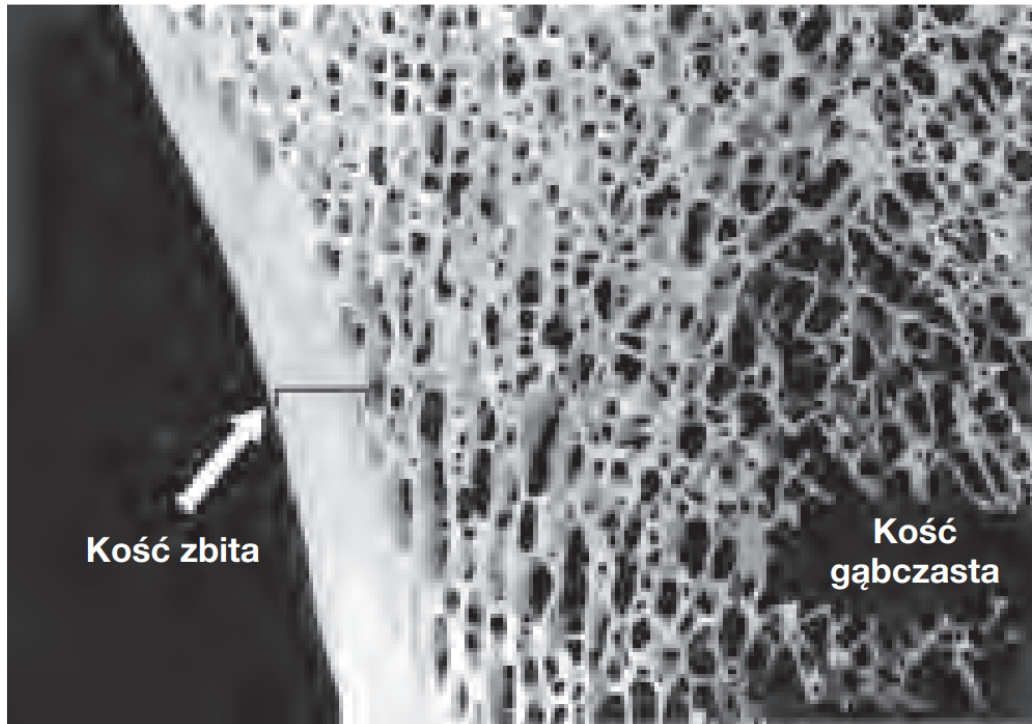


TABELA 8-1

Podsumowanie rodzajów kości i ich cech strukturalnych

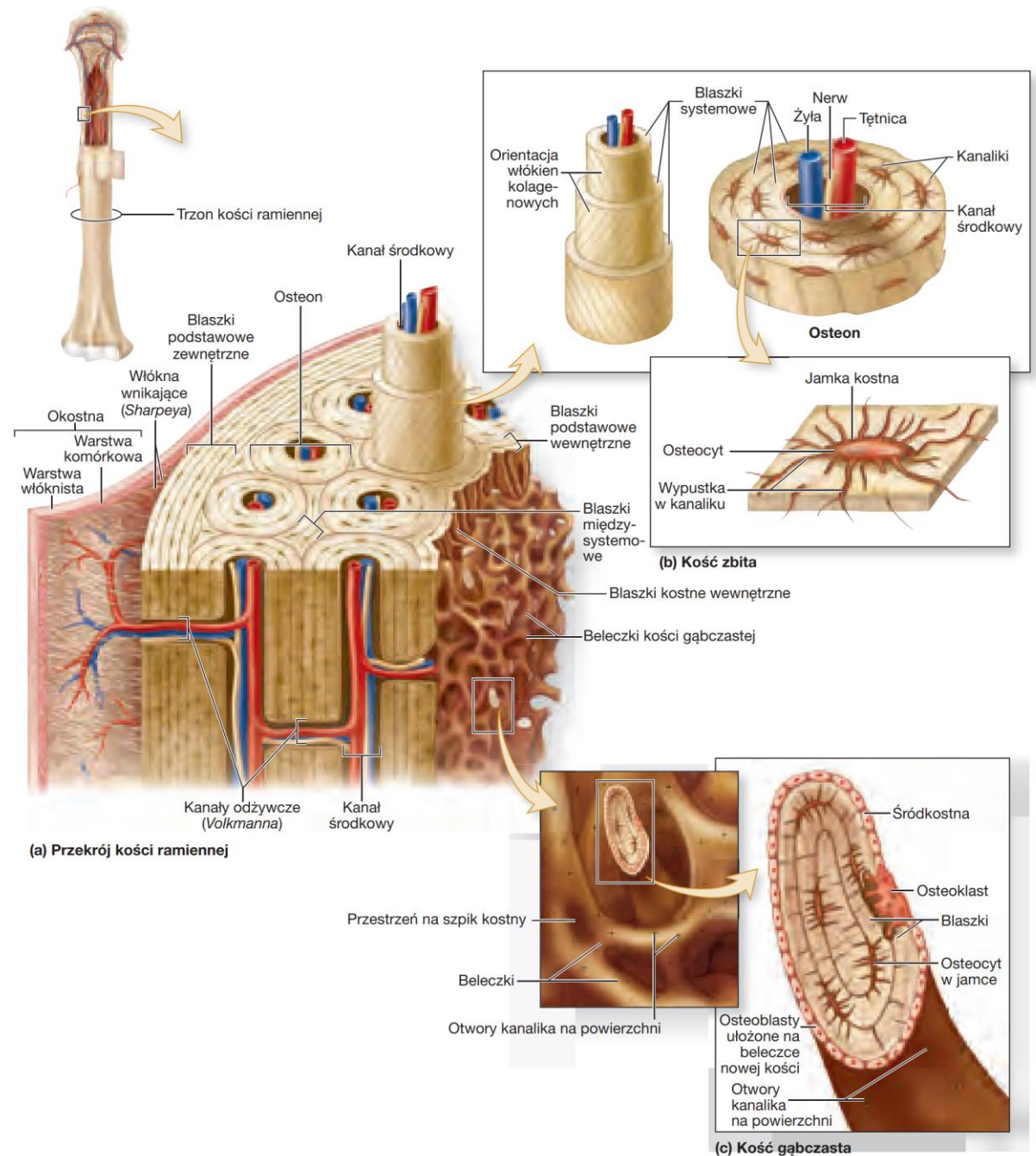
Rodzaj kości	Cechy histologiczne	Główne umiejscowienie	Synonimy
Kość splotowata (nowo uwapniona)	Nieregularne i przypadkowe ułożenie komórek oraz kolagenu; niski stopień uwapnienia	Rozwijające się i wzrastające kości; kostnina twarda gojących się złamań kości	Kość grubowłóknista, kość pierwotna
Kość blaszkowata (powstająca z kości splotowatej)	Równoległe pęczki kolagenu ułożone w cienkie warstwy (blaszki) z regularnie umieszczonymi komórkami; wysoki stopień uwapnienia	Wszystkie obszary kości dojrzałej	Kość dojrzała, kość drobnowłóknista
Kość zbita (stanowiąca ok. 80% kości blaszkowatej)	Równoległe blaszki lub gęsto ułożone osteony z blaszkami międzysystemowymi	Grube, zewnętrzne obszary kości (pod okostną)	–
Kość gąbczasta (stanowiąca ok. 20% kości blaszkowatej)	Połączone ze sobą cienkie wypustki lub beleczki pokryte śródkostną	Wewnętrzne części kości przylegające do jamy szpikowej	Kość beleczkowa

RYCINA 8-7 Kość zbita i gąbczasta.

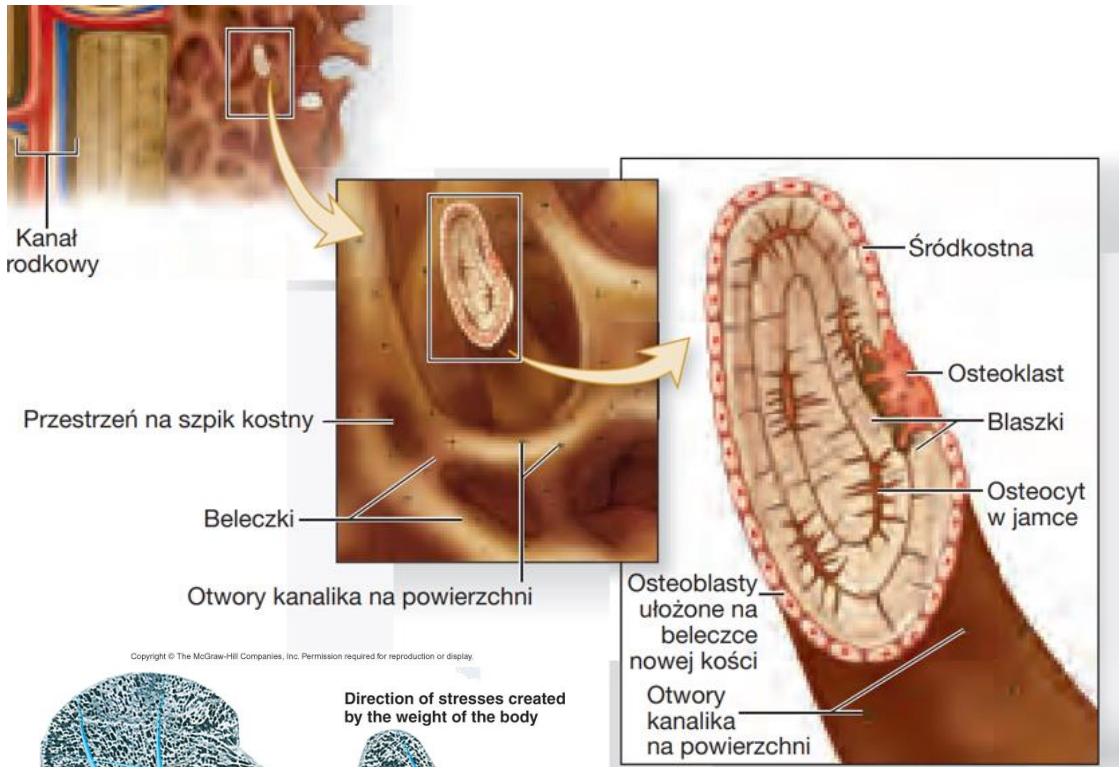


Makroskopowe zdjęcie grubego skrawka kości przedstawia położoną z zewnątrz **kość zbitą** oraz siateczkę beleczek **kości gąbczastej** we wnętrzu kości. Niewielkie beleczki, które tworzą bardzo porowatą kość gąbczastą, pełnią funkcje strukturalne, wspólnie zapewniając dużą wytrzymałość kości bez znaczącego zwiększenia jej ciężaru. Kość zbita jest zwykle pokryta od zewnątrz okostną, a wszystkie powierzchnie kości gąbczastej pokryte są śródkostną. (Powiększenie: 10×).

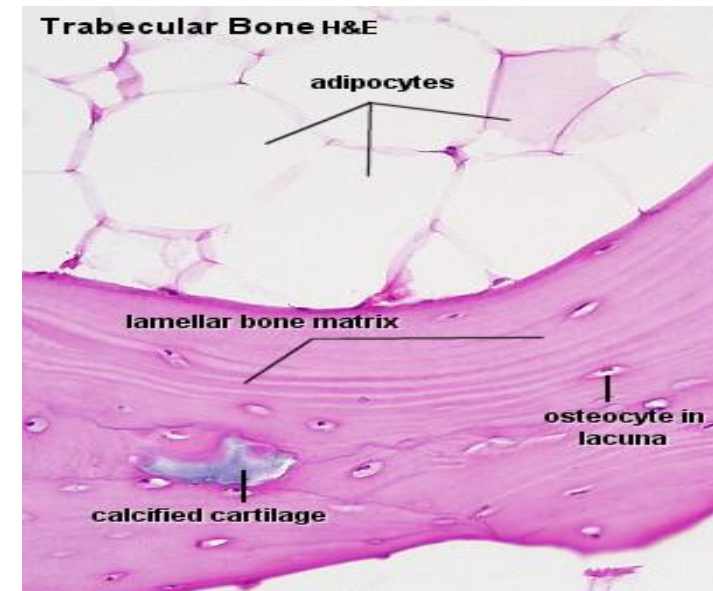
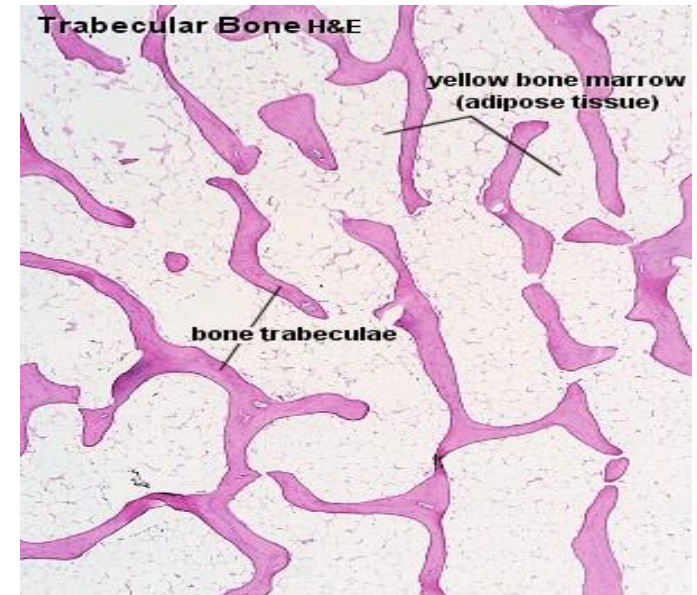
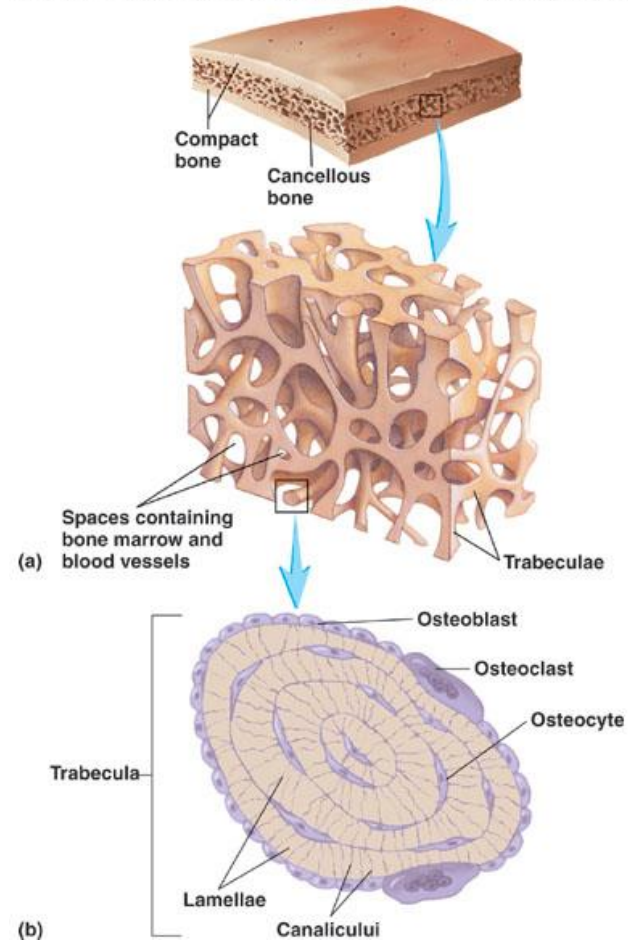
RYCINA 8-1 Składniki kości.



Kość gąbczasta – koncentrycznie ułożone blaszki tworzą beleczki



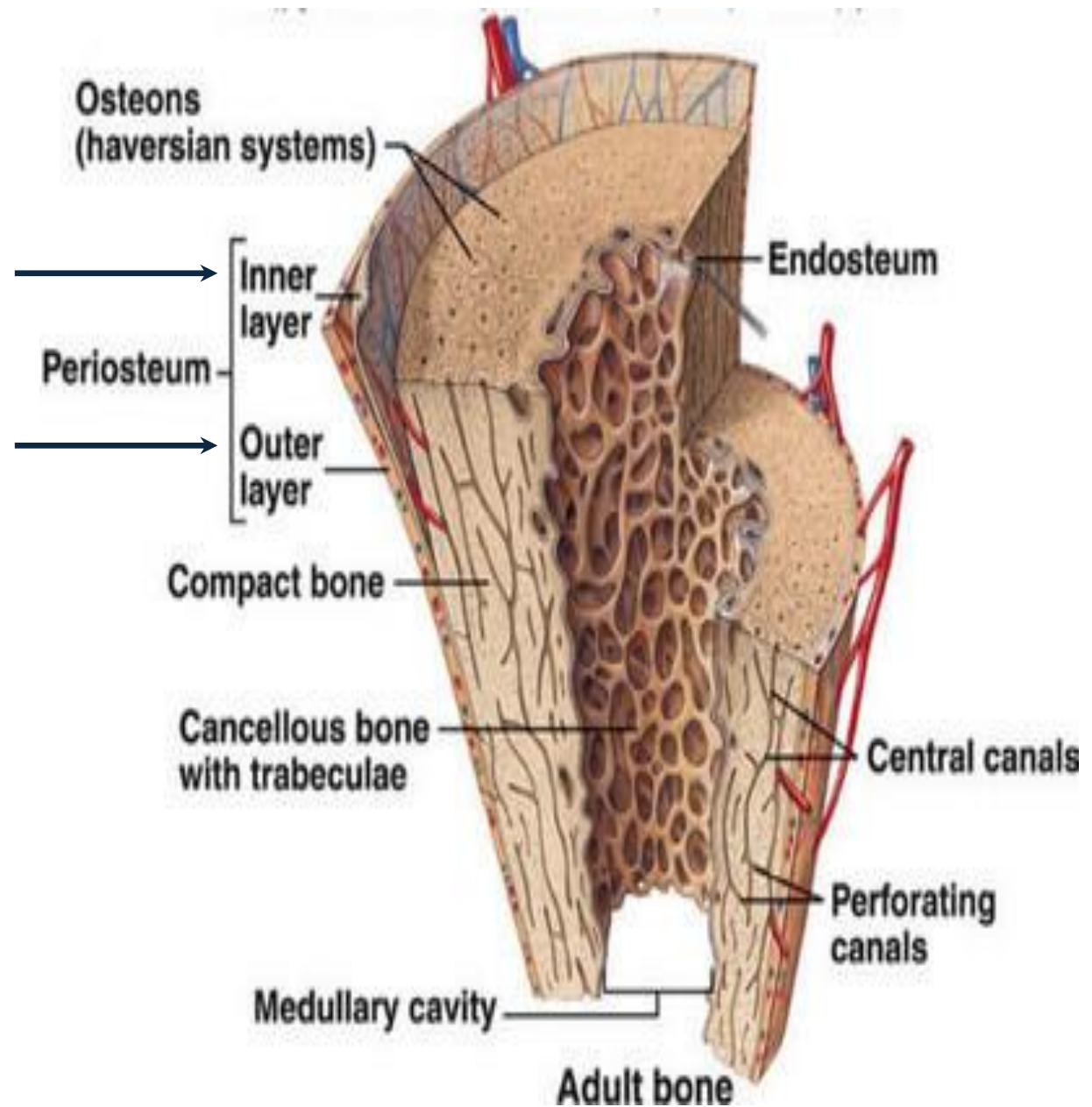
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



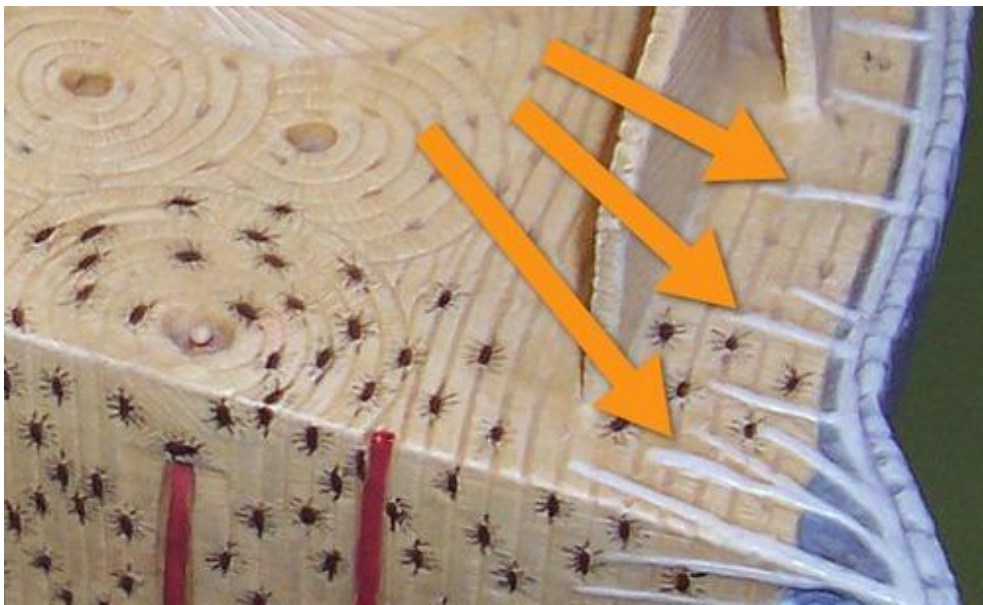
okostna

Warstwa wewnętrzna –
komórkowa – komórki
osteoprogenitorowe

Warstwa zewnętrzna –
włóknista

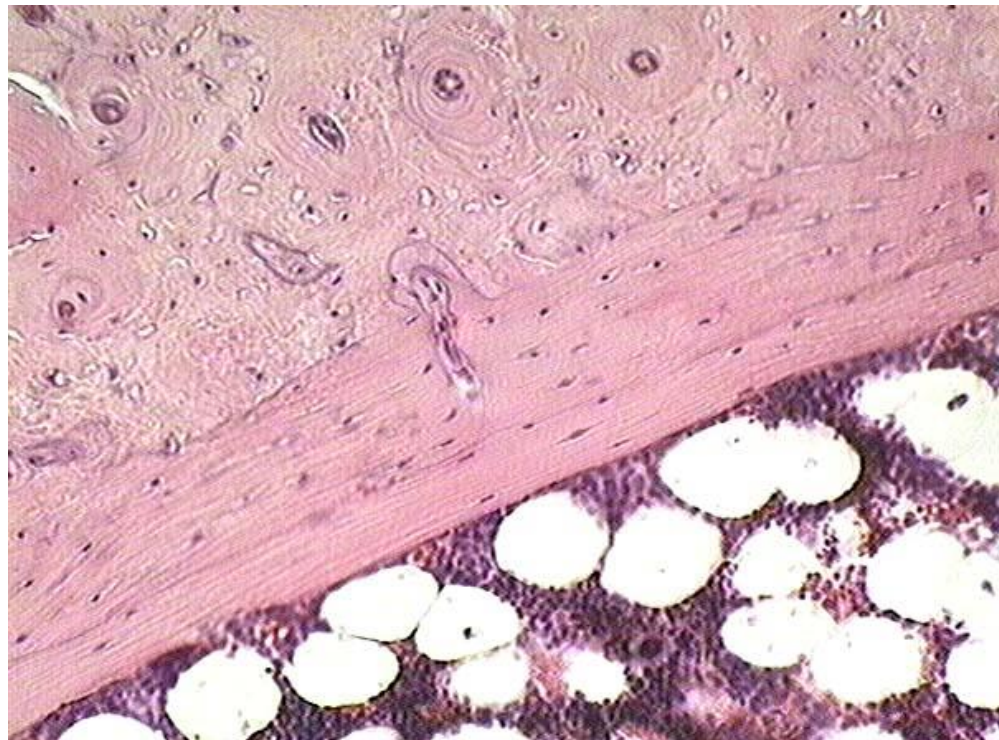


śródkostna – komórki osteoprogenitorowe

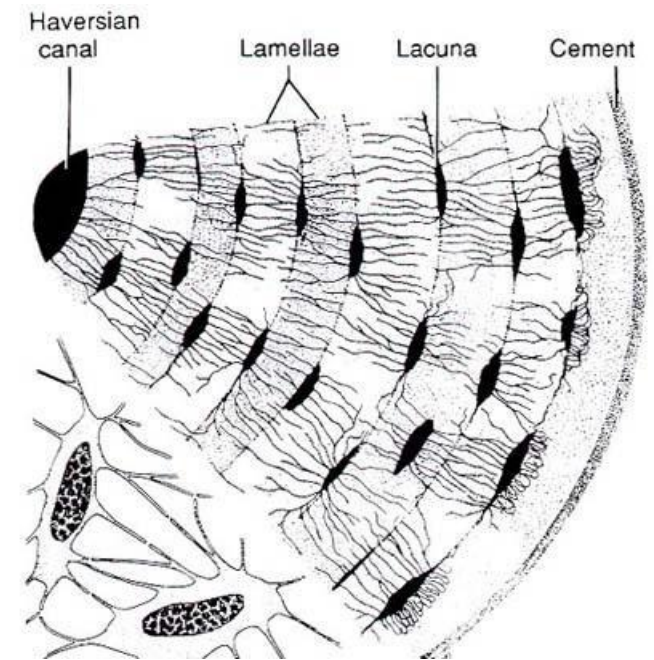
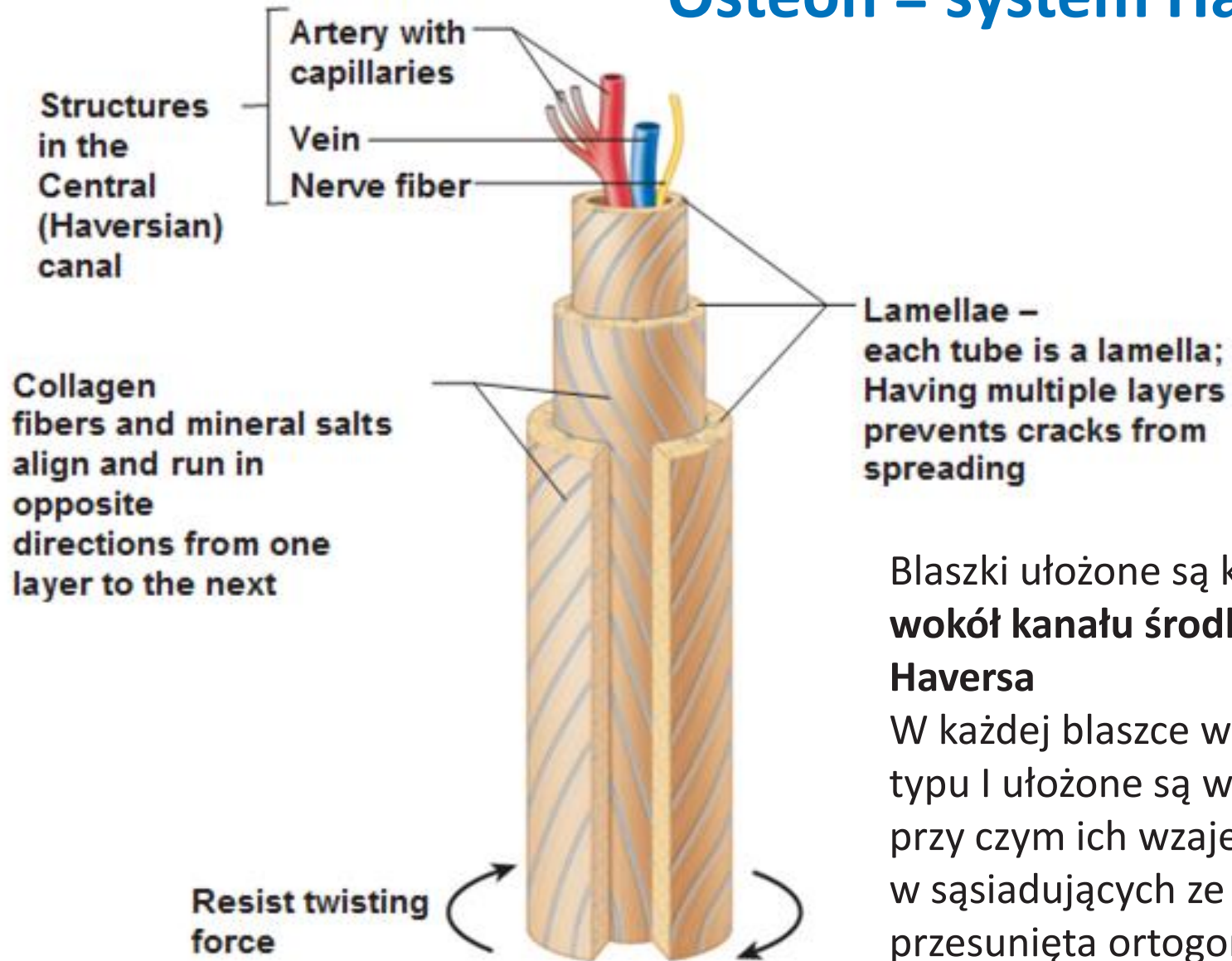


Blaszki podstawowe zewnętrzne
- **włókna Sharpeya (kolagen typu I)**

Blaszki wewnętrzne
- **wokół jamy szpikowej**

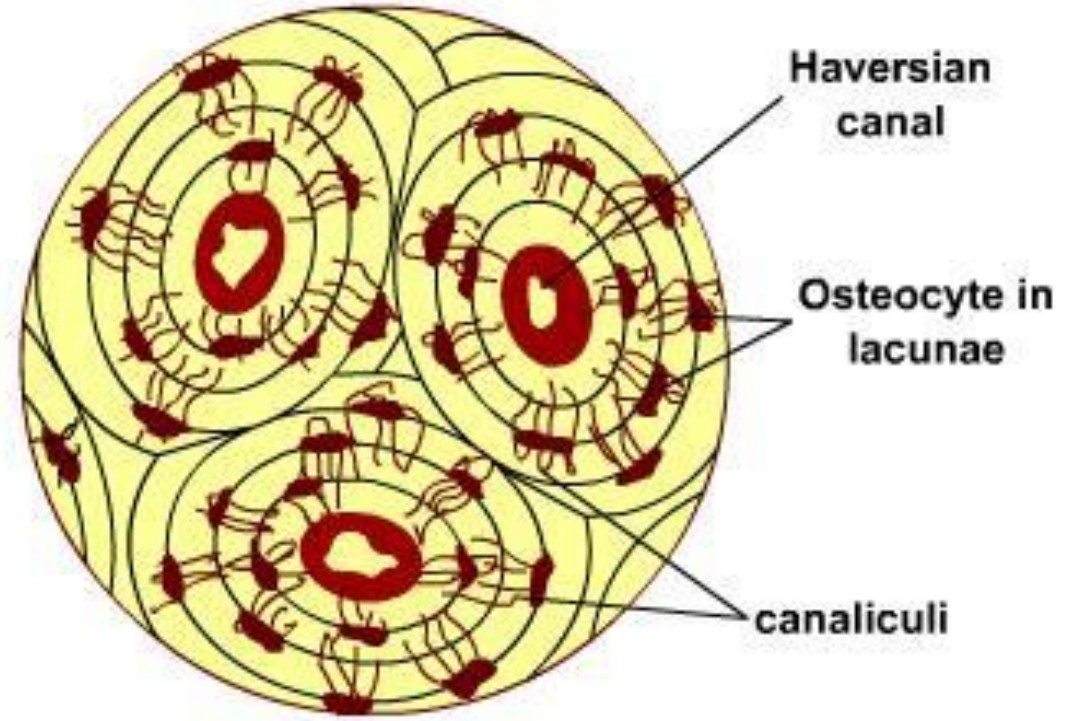
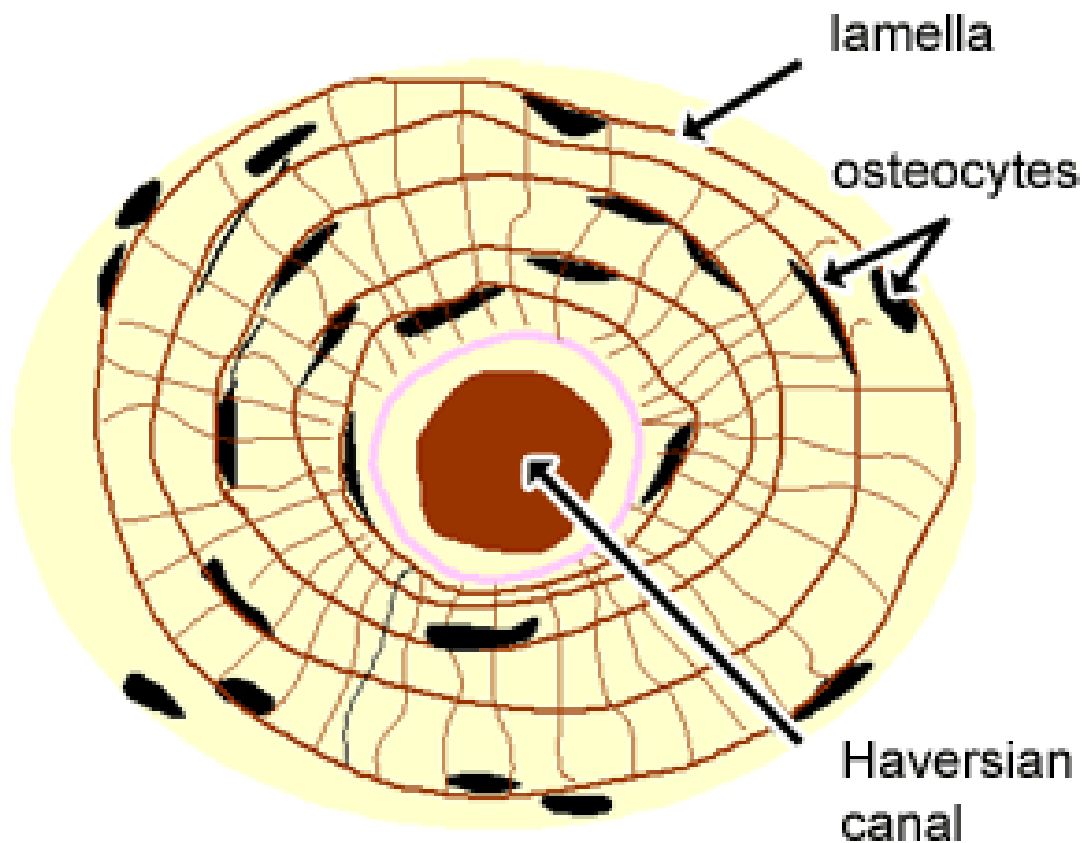


Osteon = system Haversa

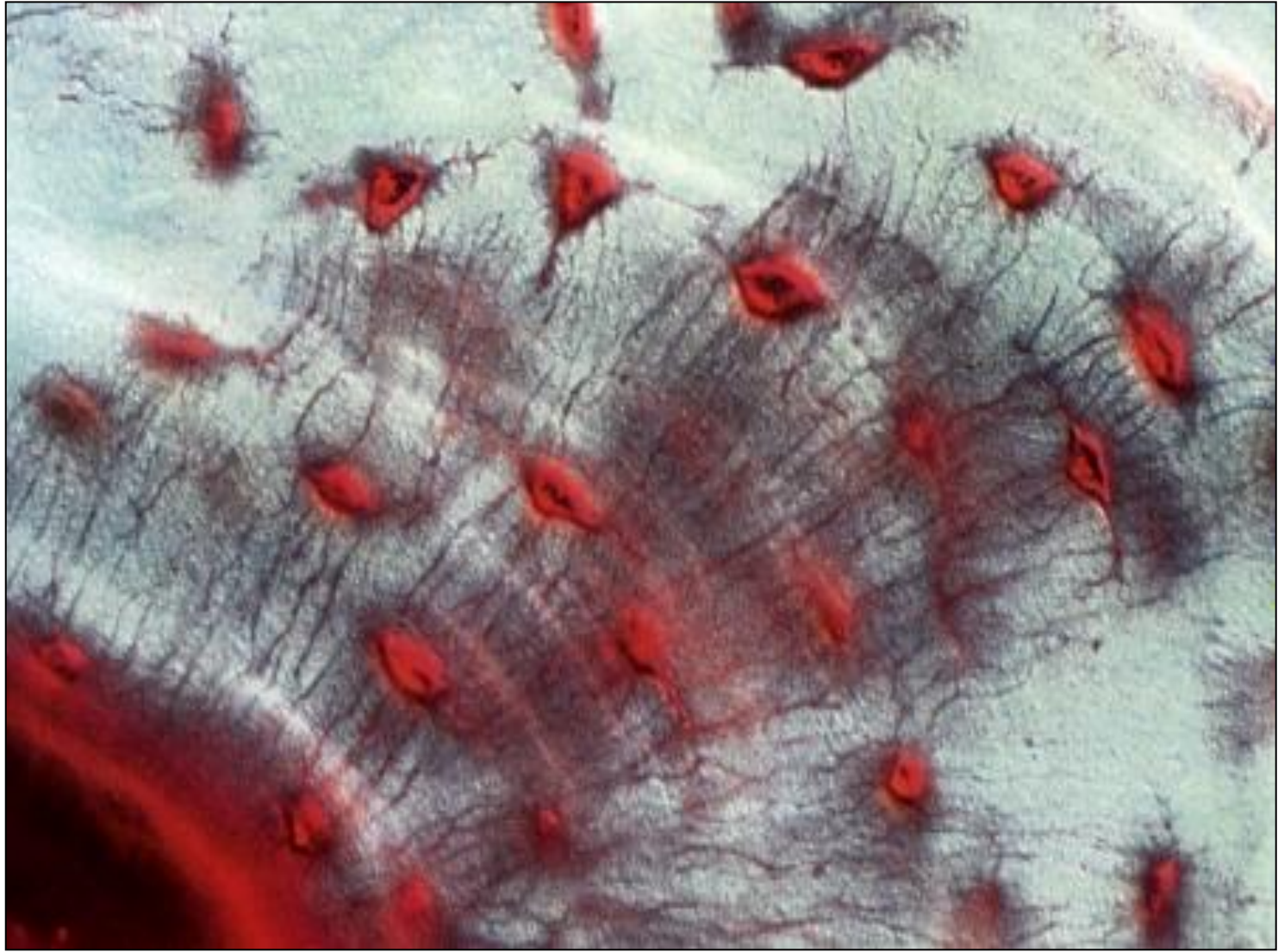


Błaszki ułożone są koncentrycznie **wokół kanału środkowego = kanału Haversa**

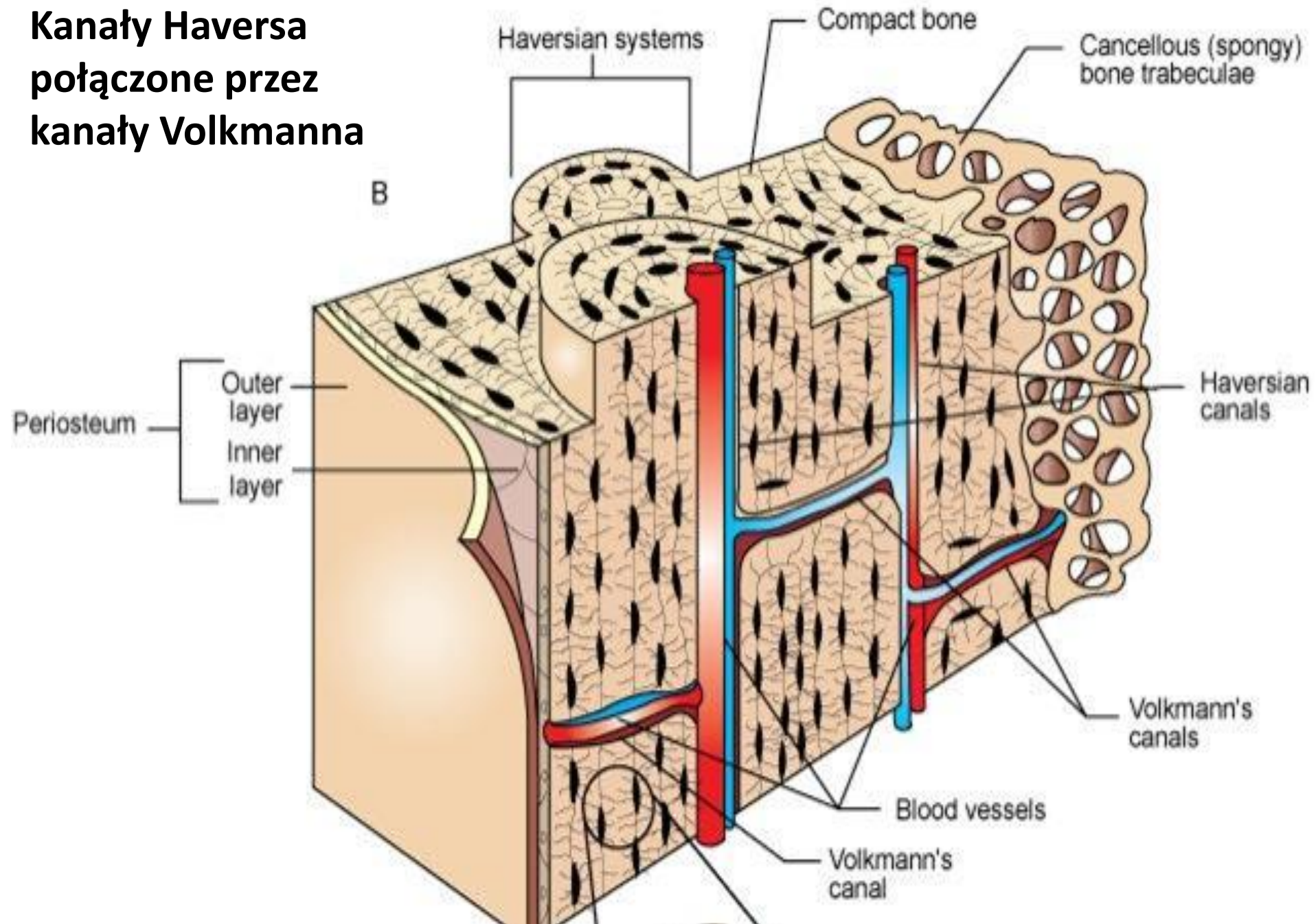
W każdej blaszce włókna kolagenu typu I ułożone są w kolejne warstwy, przy czym ich wzajemna orientacja w sąsiadujących ze sobą blaszkach jest przesunięta ortogonalnie (o ok. 90 stopni)



- Wypustki osteocytów w kanalikach kostnych (**gap junctions**) - transport jonów i substancji odżywczych

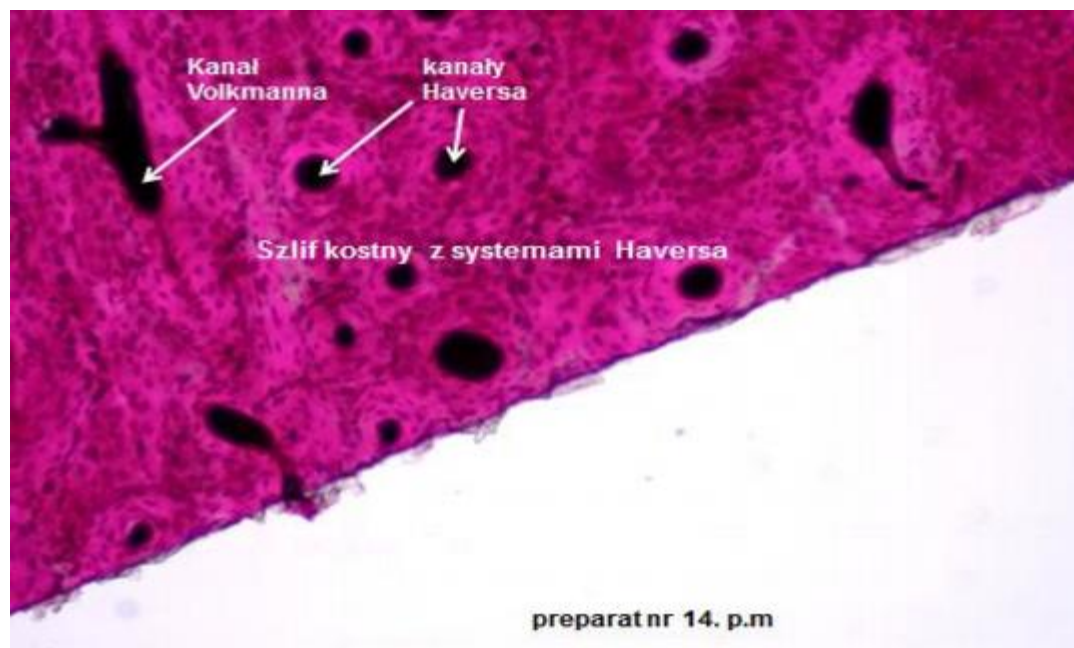
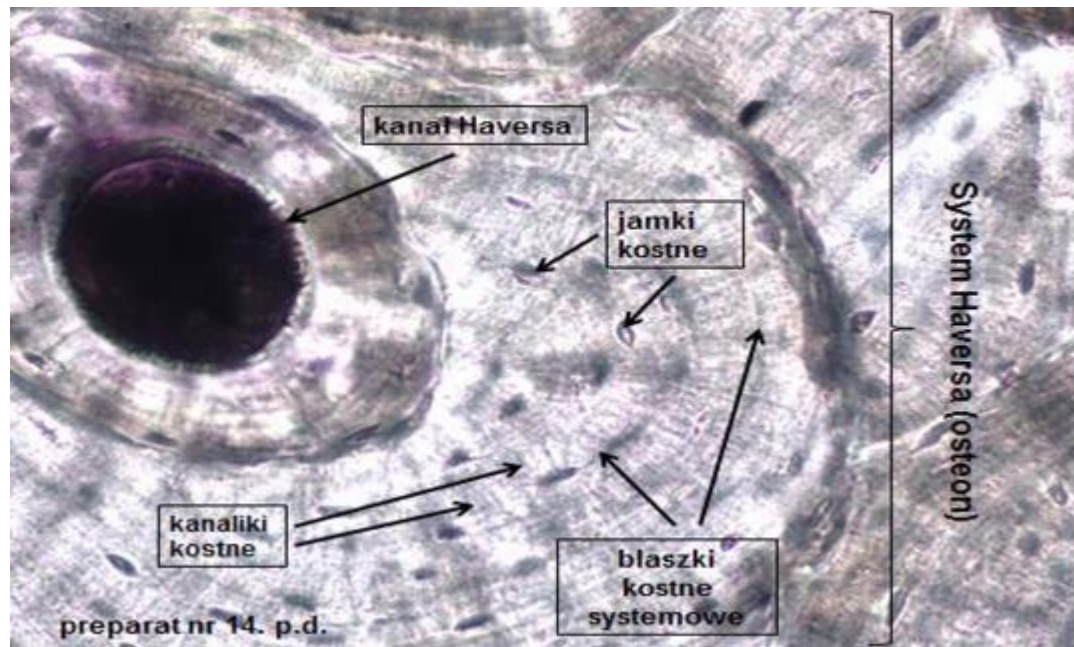


Kanały Haversa połączone przez kanały Volkmanna



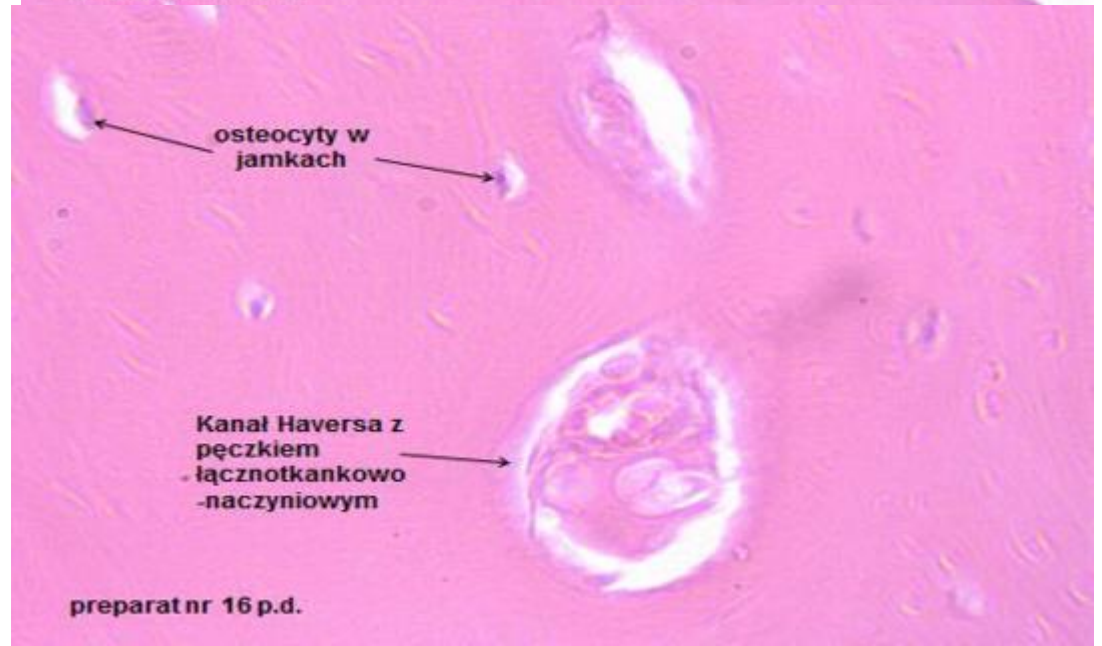
Funkcje kości

- **f. podporowa + ruch:** mięśnie przyczepiają się ścięgna i wykorzystują kości jako dźwignie do poruszania ciała
- **ochrona**
 - czaszka – mózg
 - kręgi – rdzeń kręgowy
 - klatka piersiowa – narządy piersiowe
- **magazynowanie minerałów**
 - wapń i fosfor - uwalniane jako jony do krwi w razie potrzeby
- **tworzenie komórek krwi i magazynowanie energii**
 - szpik kostny: czerwony - hematopoeza, żółty - magazyn tłuszczu



3. Preparat nr 14 - szlif kostny

4. Preparat nr 16 - kość odwapniona, barwienie HE



Koniec 😊 Czas na ćwiczenia