

# Zub – úvod

## Dentinopulpální komplex

Jan Křivánek

28. 3. 2022

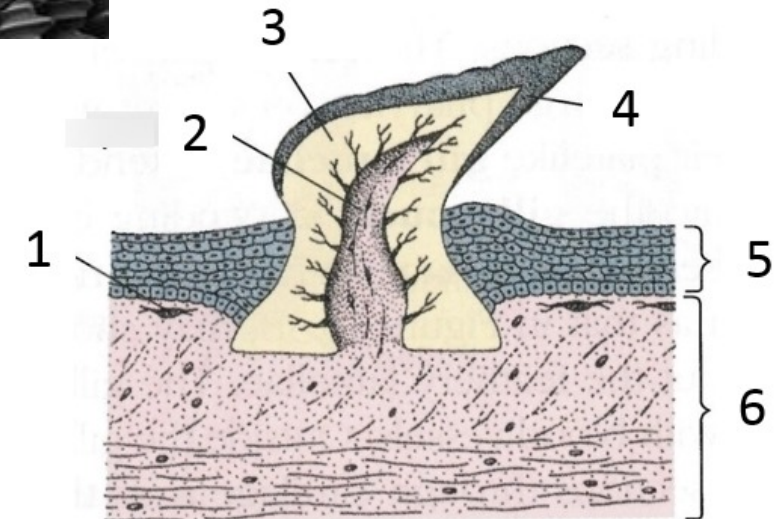
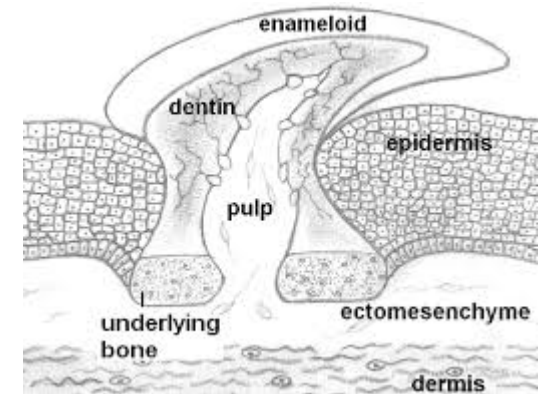
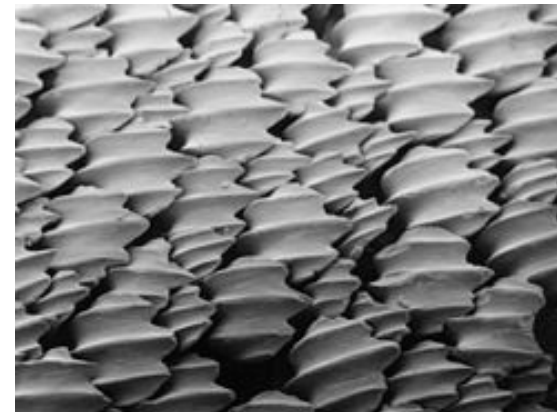
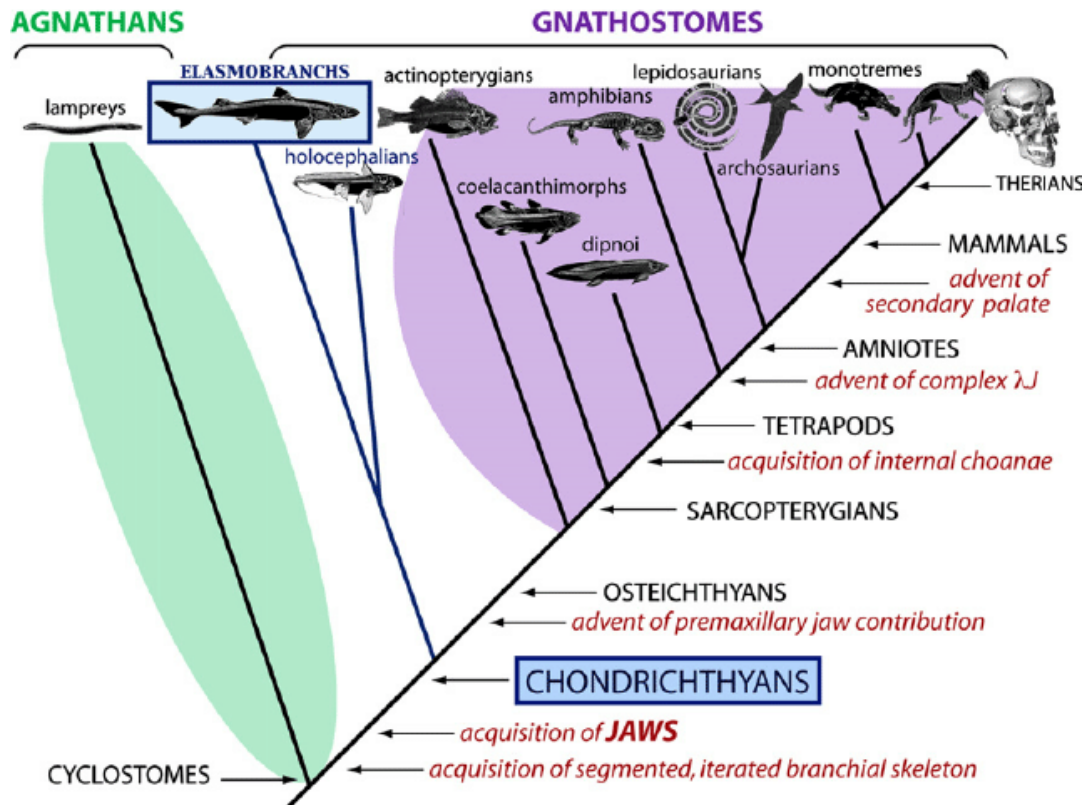


# Fylogeneze a srovnávací anatomie zubů

**Zuby – kalcifikované útvary**, které derivují z ektodermu (většinou) a ektomezenchymu (neurální lišta)

Evolučně se ve fylogenezi objevují až u **čelistnatých obratlovců - Gnathostomata**

Předchůdce zubů - plakoidní šupiny u paryb, které pokrývaly povrch těla a dutinu ústní





Soubor všech zubů = **dentice**

Brachyodont  
Taurodont  
Bilophodont  
Haplodont  
Polyprotodont  
Acrodont Cynodont Protodont  
Labyrinthodont Secodont  
Loxodont  
orthodont  
Pleurodont Homodont Tritubercular  
Hypsodont Diprotodont  
Lophodont Heterodont  
Monophyodont Selenodont  
Polyphyodont Thecodont Diphyodont  
Triconodont



# Soubor všech zubů = dentice

## Typy dentice

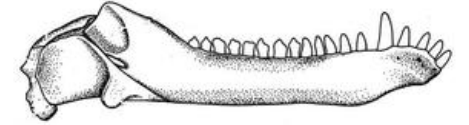
Podle **tvaru** zubů: **homodontní** - tvarově shodné  
**heterodontní** - tvarově odlišné  
(u savců dentes incisivi, canini, praemolares a molares)

Podle **počtu výměn (sad zubů)** během života:  
**monofyodontní** - např. Holocephala - chiméry)  
**difyodontní** (dentes decidui, dentes permanentes) - např. savci  
**polyfyodontní** - např. ryby, nižší amfibia

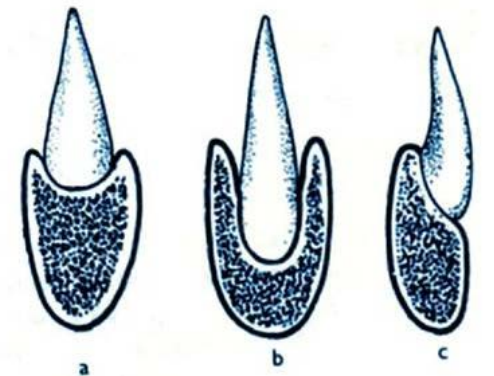
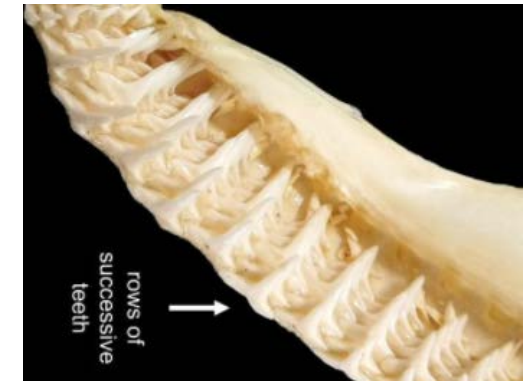
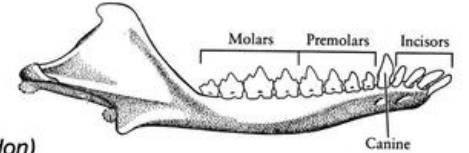
Podle **upevnění** zubů k čelisti:  
**akroodontní** - nasedají na čelist shora (kostnaté ryby, obojživelníci)  
**pleuroodontní** - na čelist z boku (u plazů)  
**thekodontní** - vsazeny do zubních jamek (lůžek) –  
recentní savci (dinosauři, krokodýli)

## “REPTILIAN” vs MAMMALIAN DENTITION

Homodont  
(cynodont)



Heterodont  
(Morganucodon)





# Soubor všech zubů = dentice

## Typy dentice

Podle **typu růstu** zubů:

**Brachyodontní**

- Dlouhý kořen

**Hypselodontní**

- Bez kořene – kontinuálně rostoucí

**Hypsodontní**

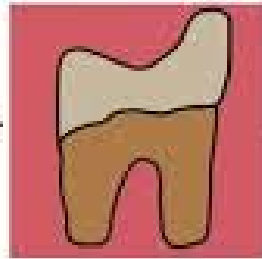
- Vysoká korunka

**Mesodontní**

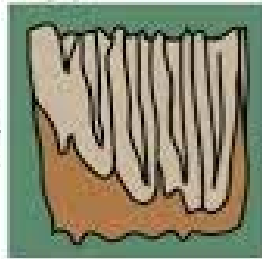
**Brachyodont**



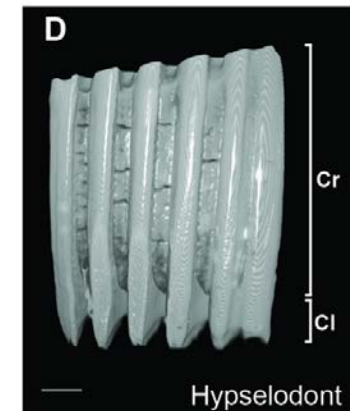
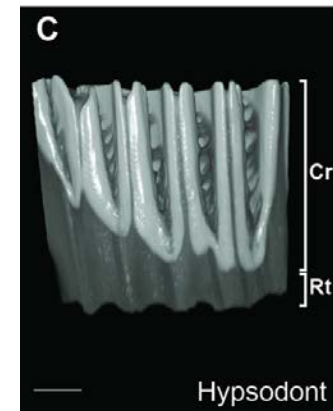
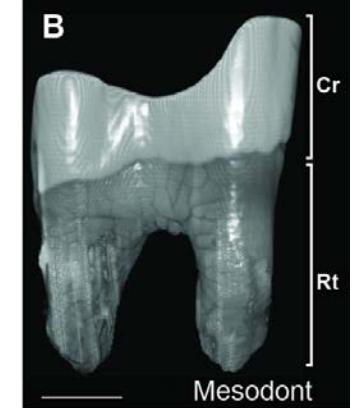
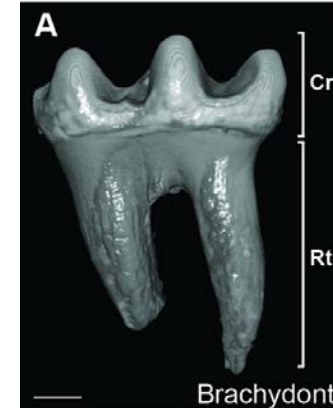
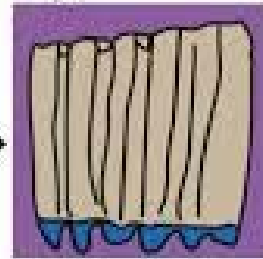
**Mesodont**



**Hypsodont**



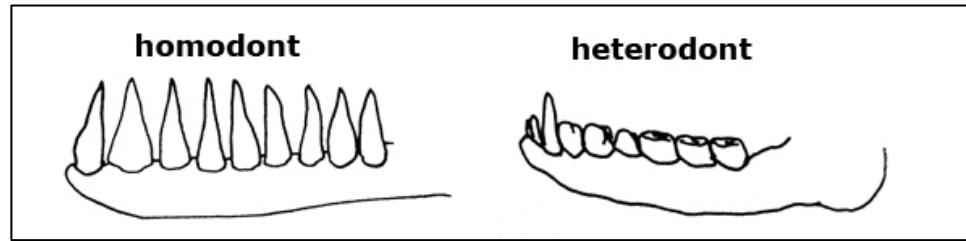
**Hypselodont**



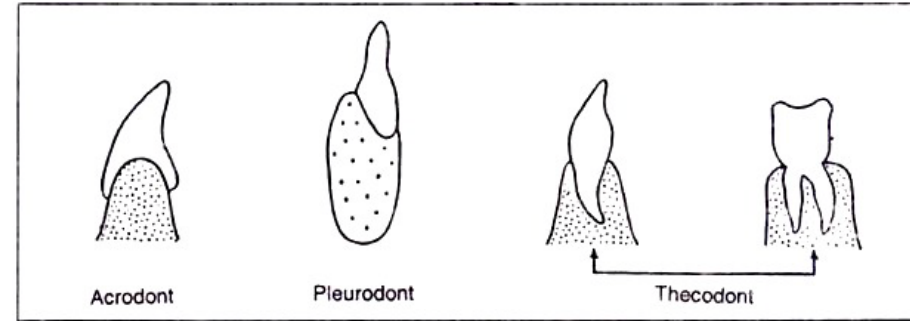


Lidská dentice je:

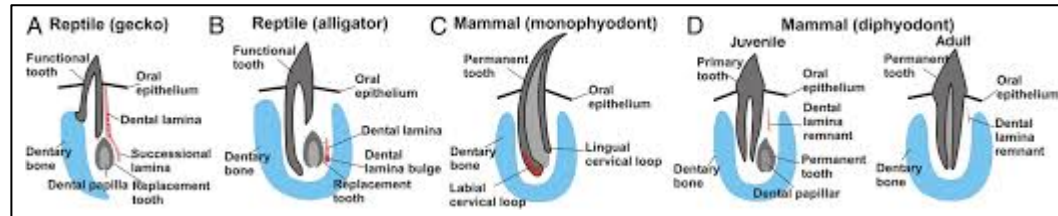
Heterodontní



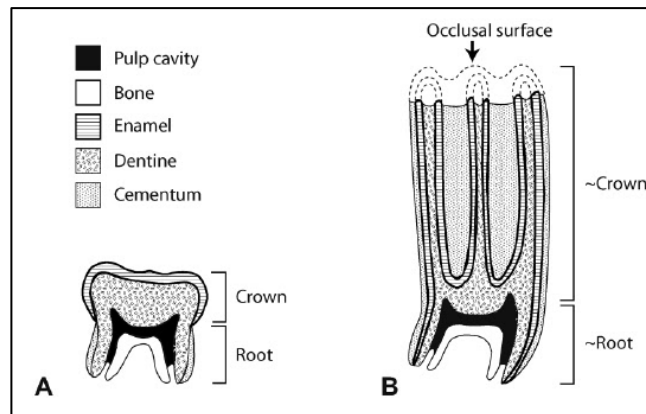
Thecodontní



Diphyodontní



Brachyodontní



(Hypsodontní - kůň)



# Označení zubů v chrupu

Několik způsobů:

## Pomocí počátečního písmena

řezáky – dentes incisivi

$I_1, I_2 / i_1, i_2$

špičák – dens caninus

$C / c$

třenové zuby – dentes premolares

$P_1, P_2 / p_1, p_2$

stoličky – dentes molares

$M_1, M_2, M_3 / m_1, m_2, m_3$

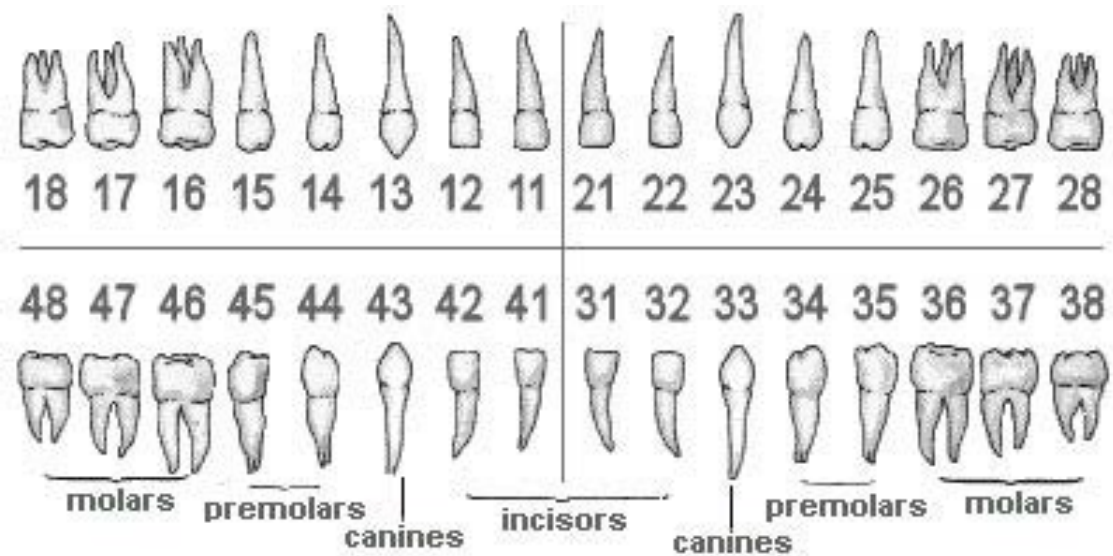
## Pomocí číslice

mezinárodní značení pomocí „two-digit code“ (ISO System - International Standards Organization Designation system:  
**chrup rozdělen na kvadranty** (ve směru otáčení ručiček):

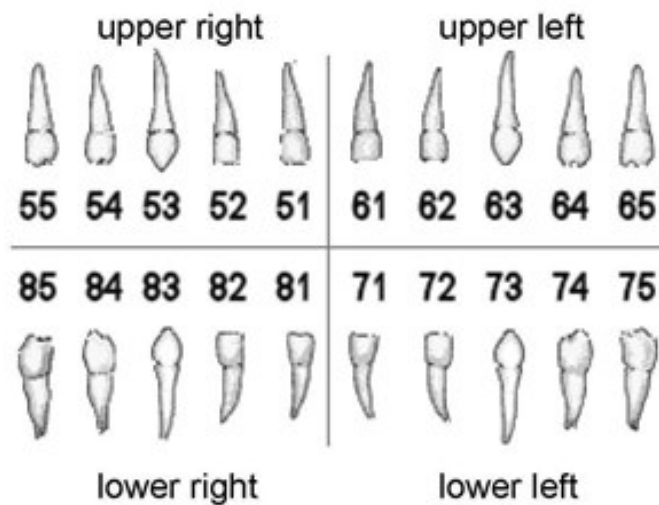
1 - 4 užívají pro stálý chrup

5-8 pro dočasný chrup

Stálý chrup



Dočasný chrup



Primary teeth notation system



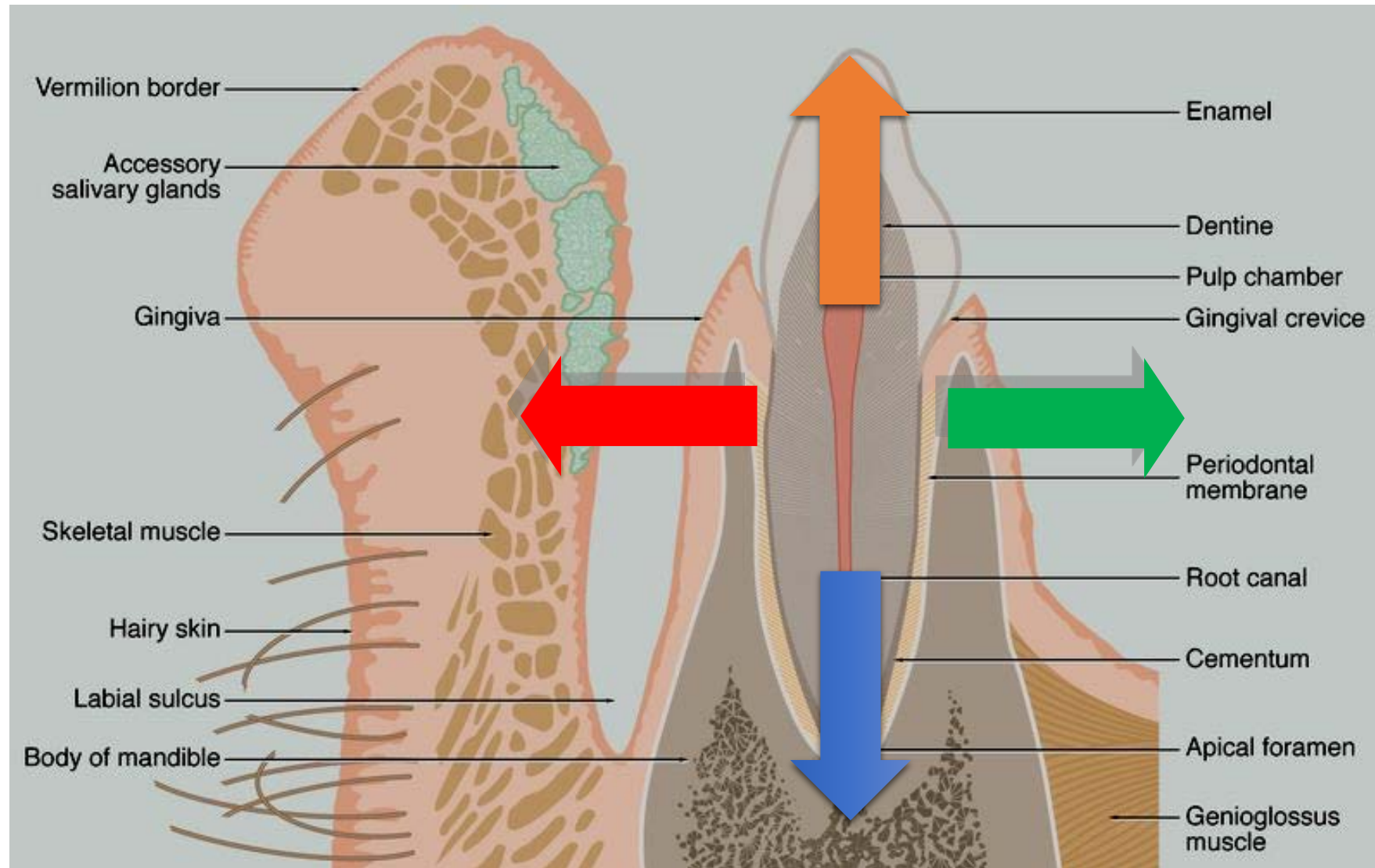
# Značení směrů

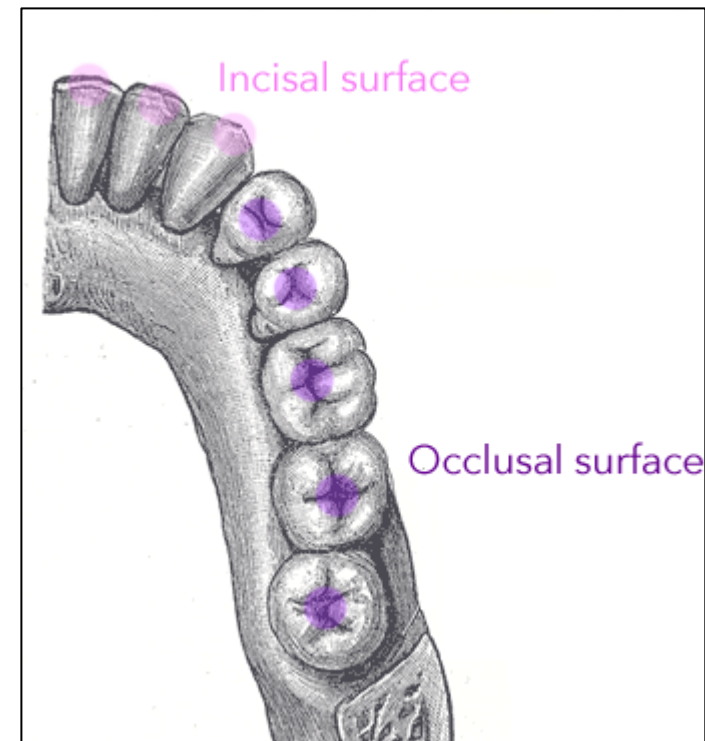
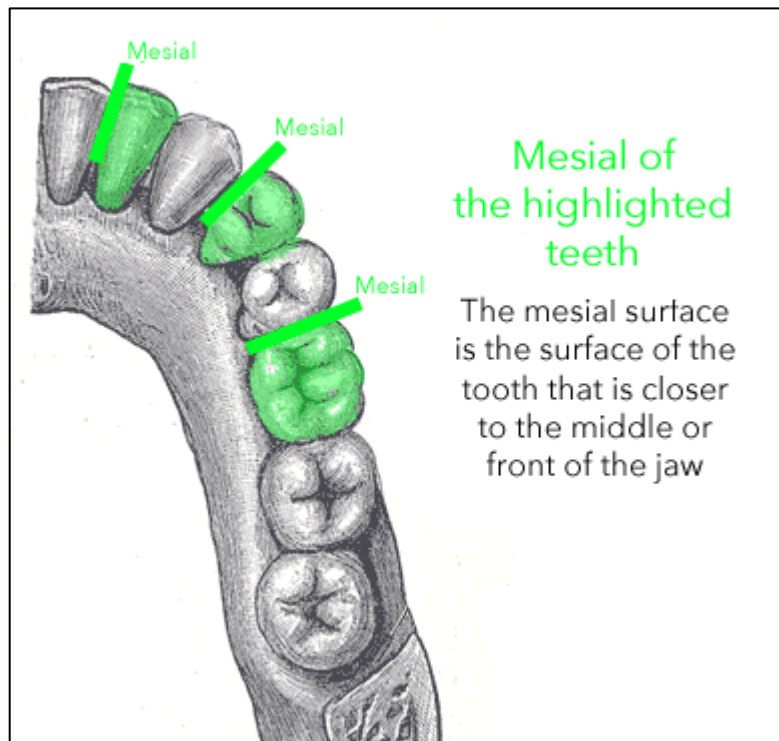
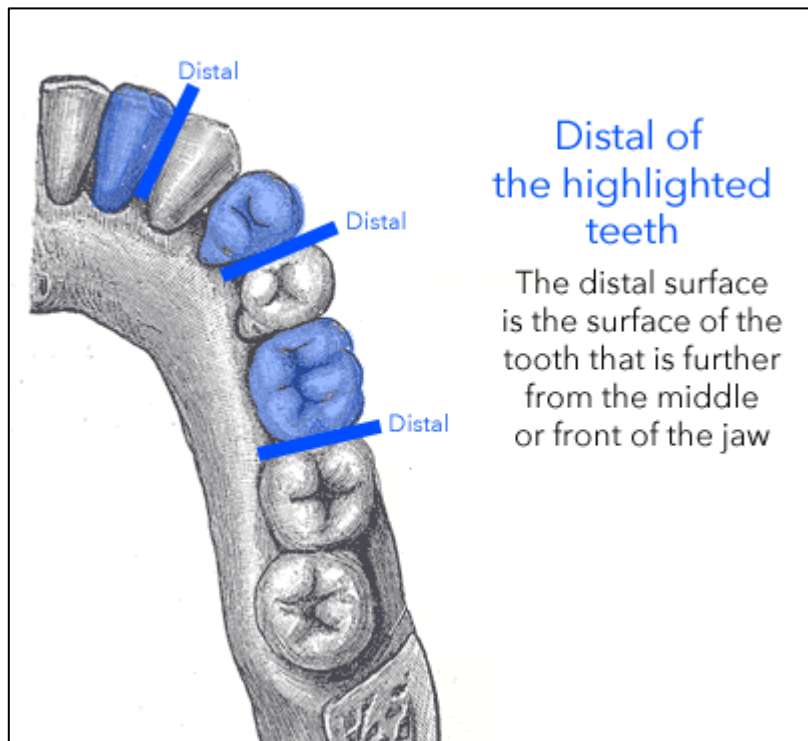
koronální

apikální

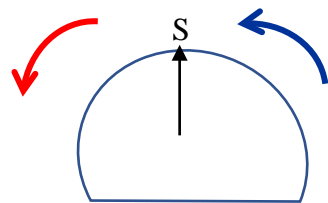
vestibulární (labiální, bukální)

linguální (palatinální)





**distální**  
(k posl. moláru)

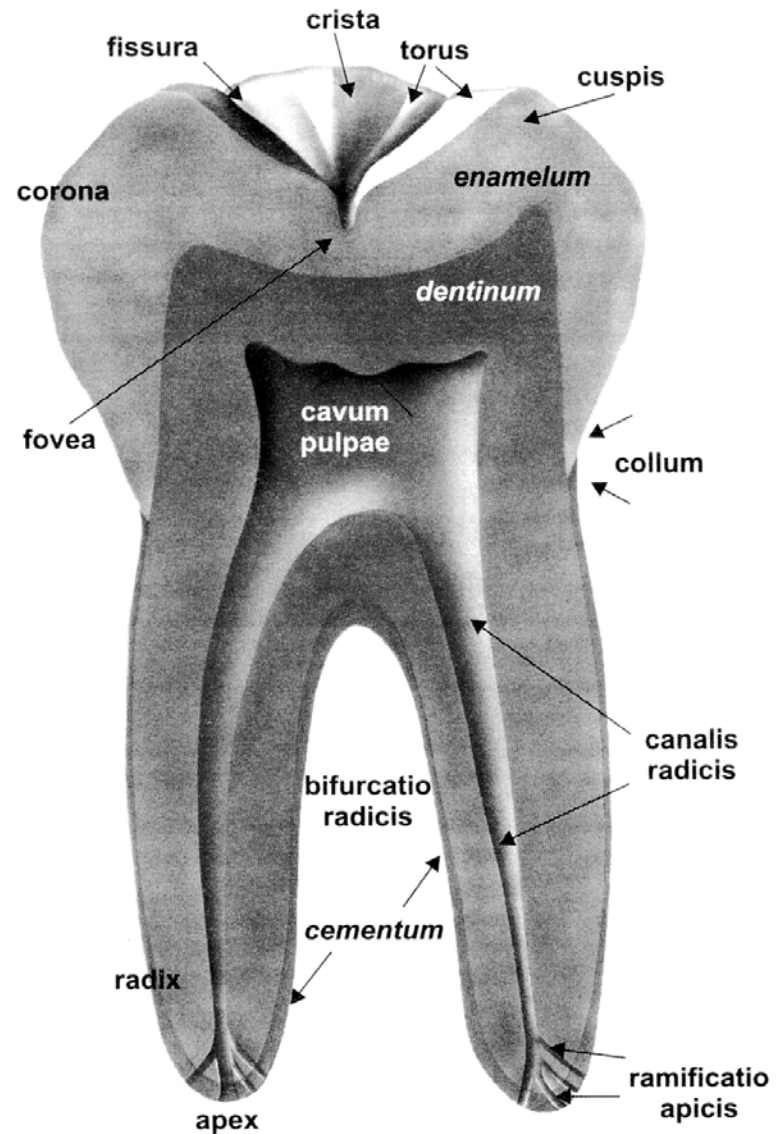


**mesiální**  
(ke střední čáře)

# Zub a zubní lůžko, periodontium, parodont, gingiva

## korunka, krček, kořen

Části zuby:



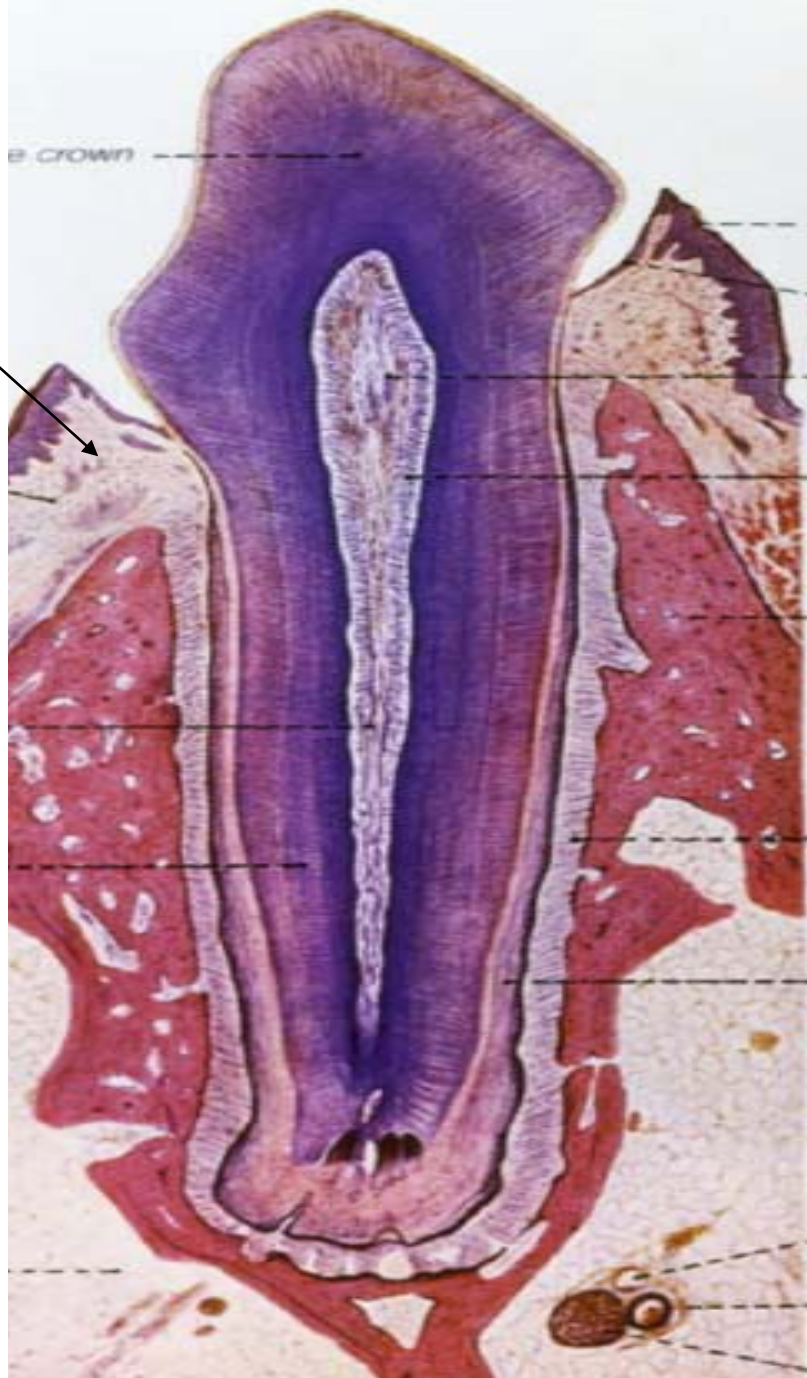
Klepáček, Mazánek a kol. 2001





# Zub (dens)

gingiva



## TERMINOLOGIE:

Dentes decidui (lactei)

20

Dentes permanentes

28-32

Corona dentis

(korunka)

Collum

(krček)

Radix

(kořen)

Cavum et canalis radices dentis (dutina a kořenový kanálek)

Pulpa dentis

(dřeň)

Foramen apicis radices

(otvor na hrotu kořene)

Alveolus

(zubní lůžko)

Periodontium

(ozubice)

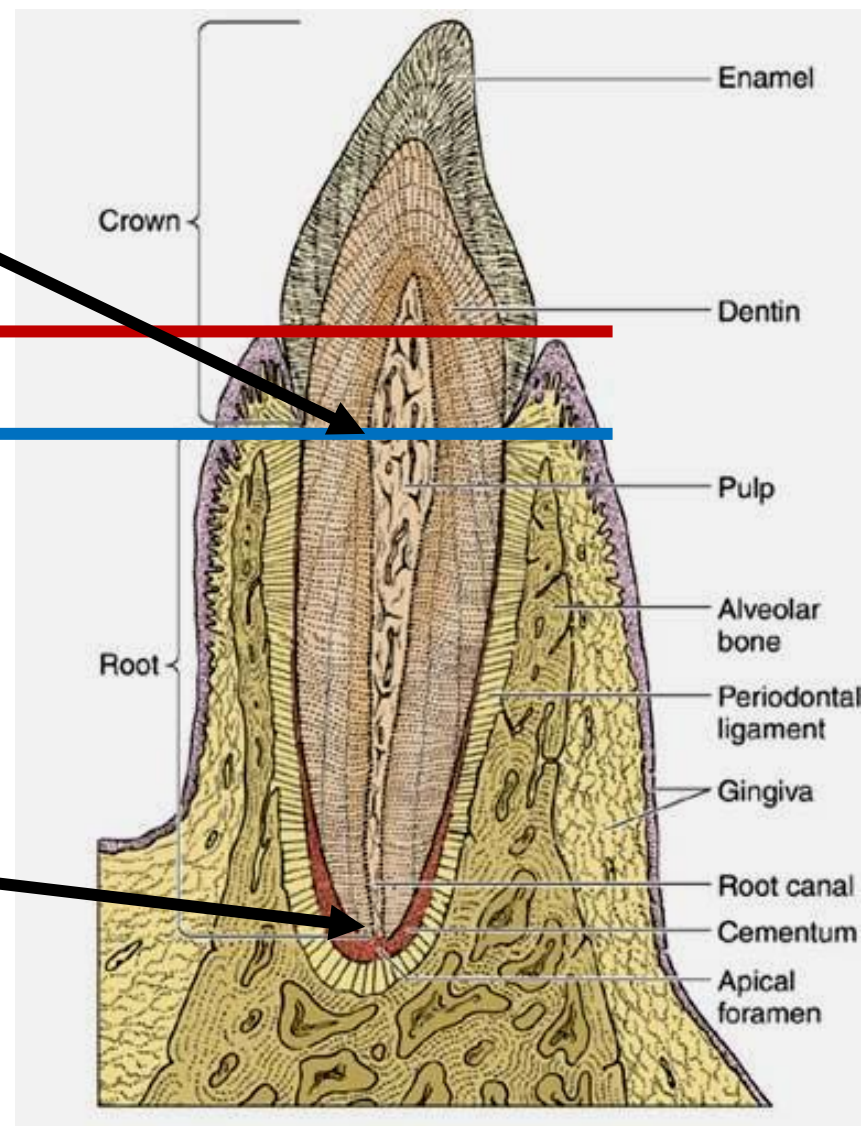
Závěsný aparát zubu

Dutina **cavitas dentis** přecházející do **canalis radicus dentis**

Anatomická vs **klinická** korunka

Anatomický vs **klinický** kořen

Ústí na apexu kořene **foramen apicis radicus dentis**



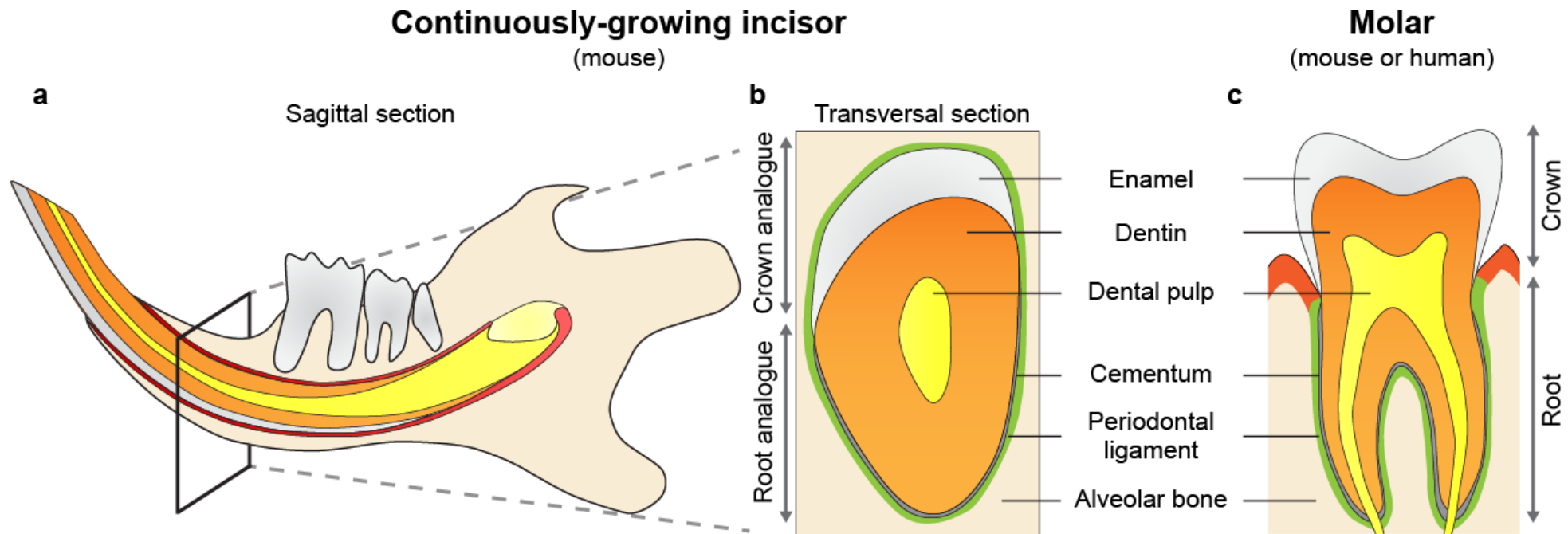
# Tkáně zubu

**Sklovina** - email, enamel subst. adamantina (ř. adamas, adamantos = ocel diamant), substantia vitrea (lat. vitrum = sklenice)

**Zubovina** - dentin, substantia eburnea (l. ebur = slonovina)

**Cement** - substantia ossea, crusta petrosa

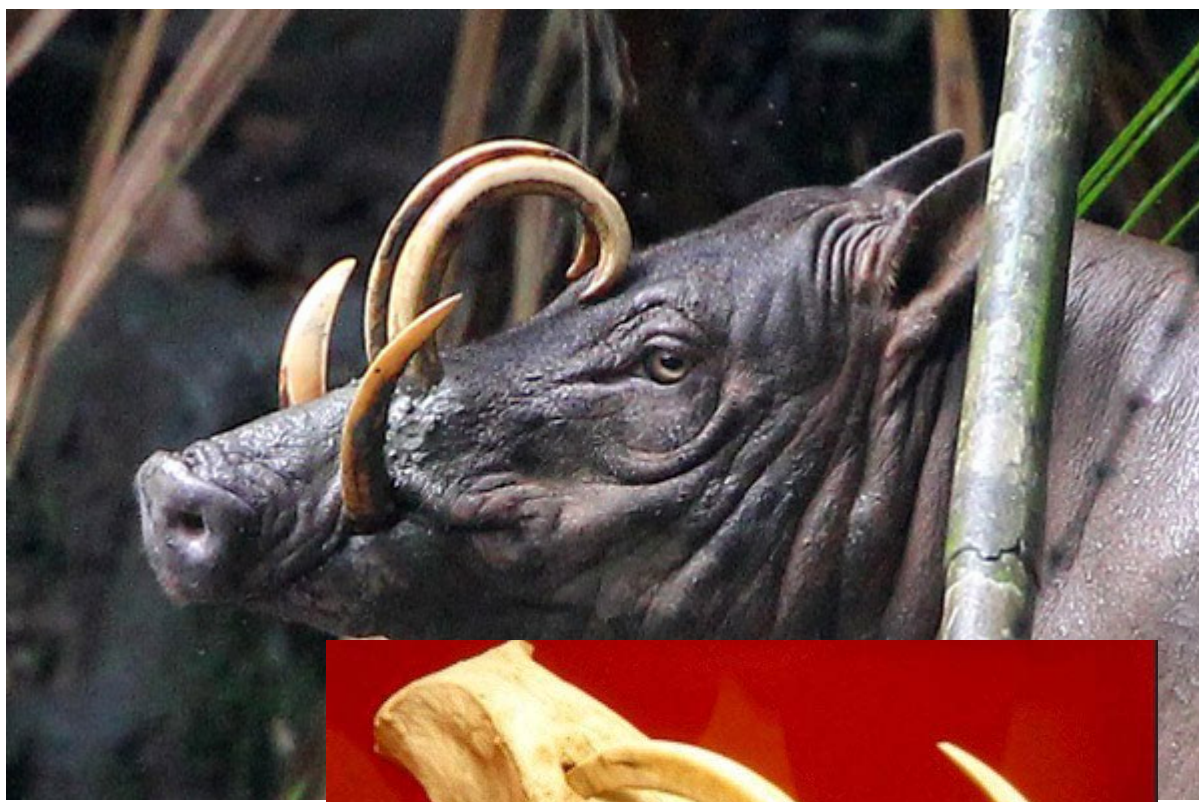
**Zubní dřeň** - pulpa dentis





Mihule  
(lamprey, cyclostomata)





Babirusa

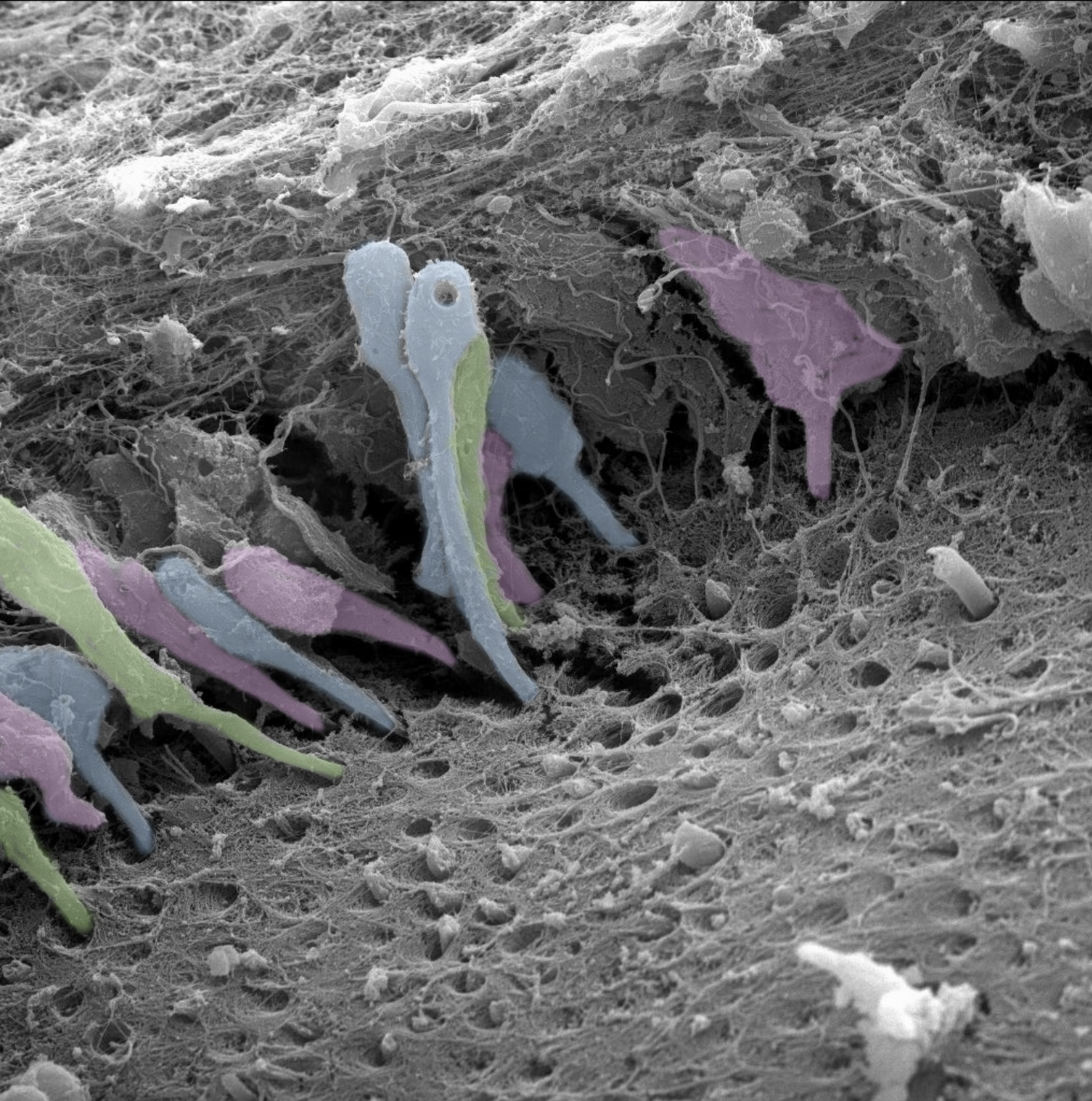




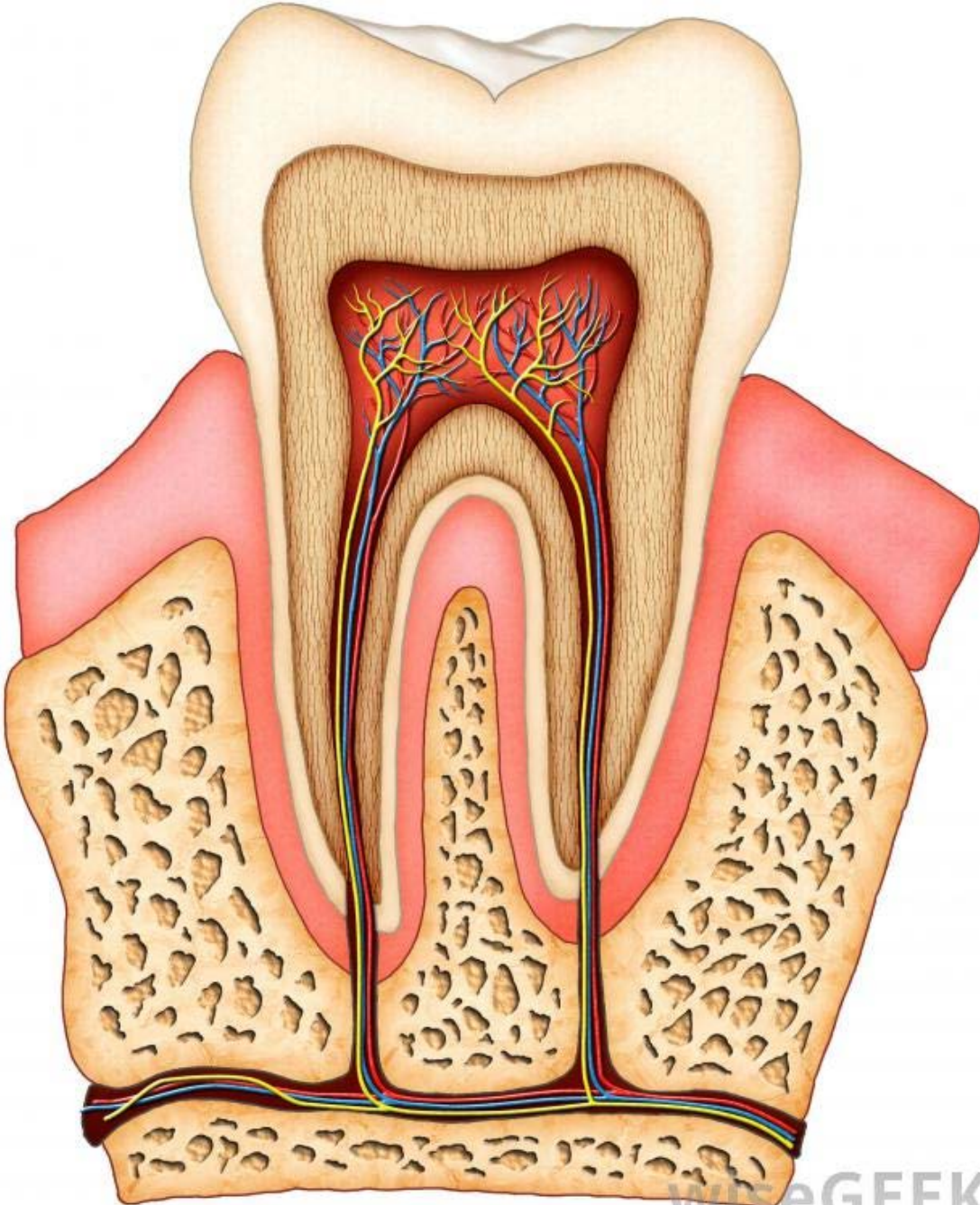
# Tusks



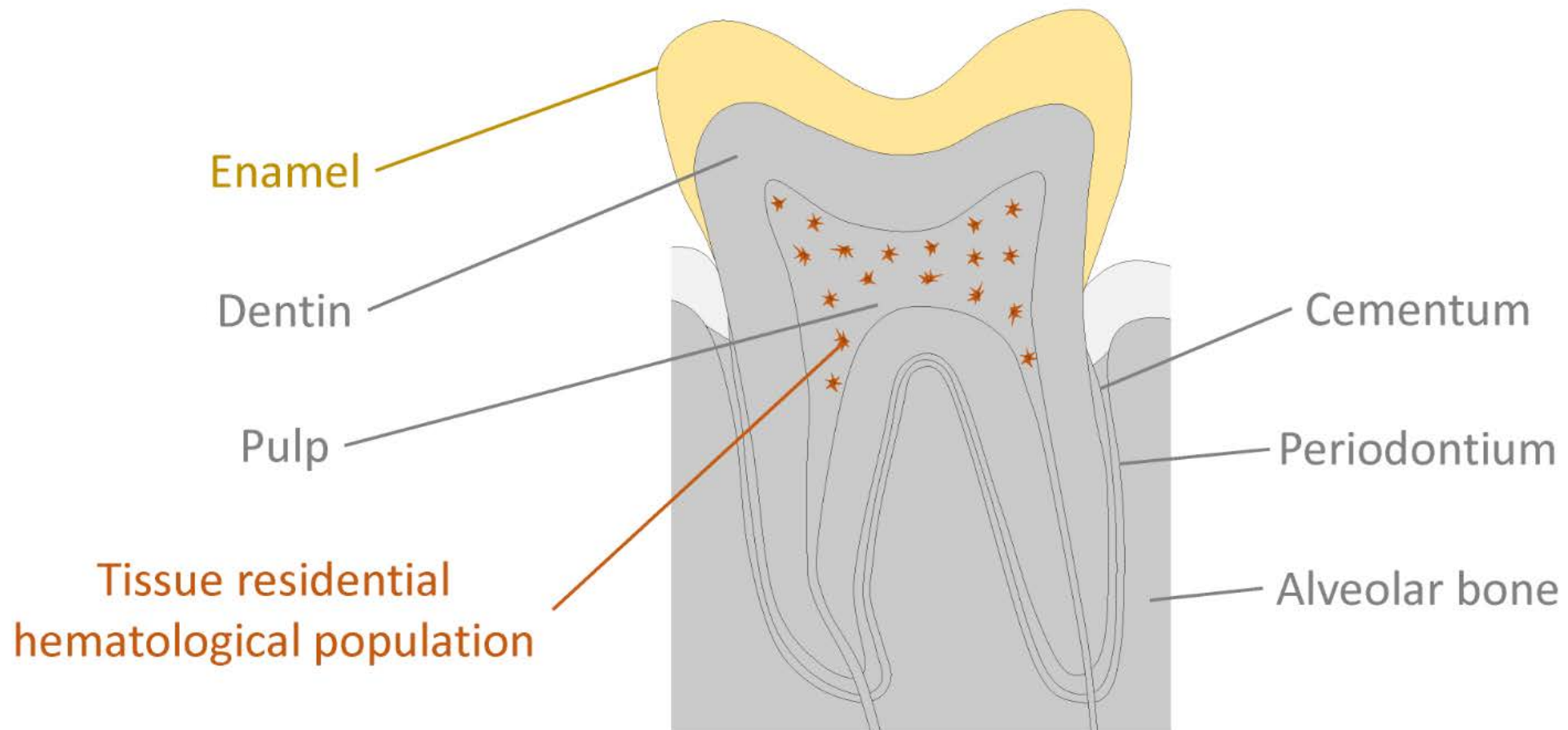




Zubní pulpa  
Dentin



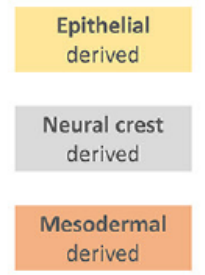
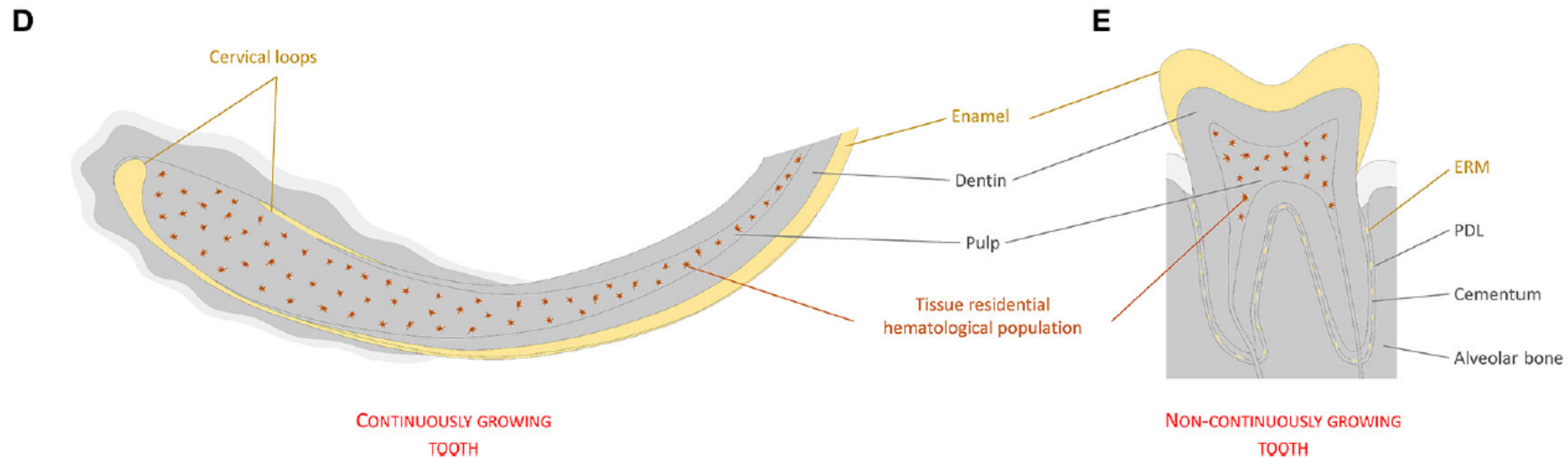
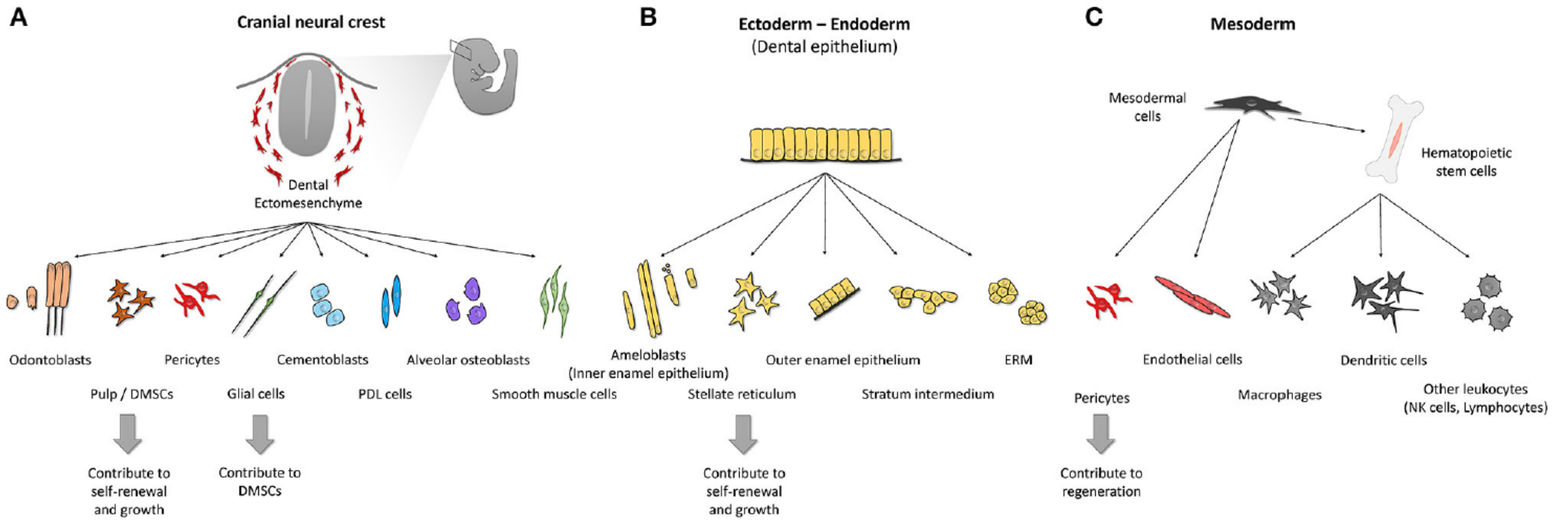




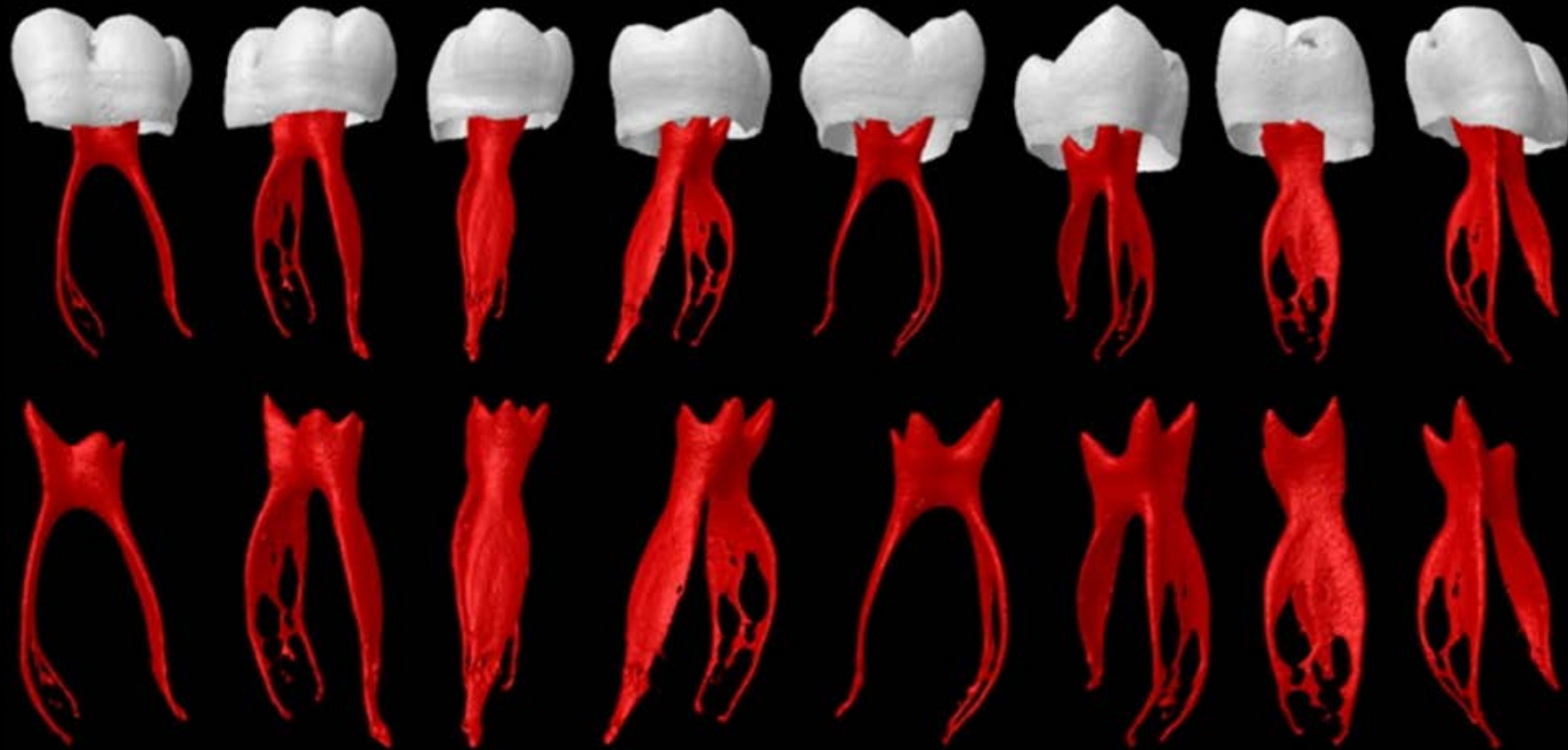
**Neural crest - derived**

**Epithelial - derived**

**Mesodermal - derived**







### Zásadní význam pulpy pro:

- a) **Vitalitu zubu** – výživa a ochrana odontoblastů proti cizorodým a infekčním činitelům
- b) **Reparativní pochody** - zásoba (pool) nediferencovaných buněk pro pulpální fibroblasty a odontoblastům podobné buňky

### Variace podoby pulpy závisí na:

- Typu zubu
- Věku jedince
- Patologických a reparačních změnách

# Dentino-pulpární komplex

Souhrné označení pro zubní pulpu a dentin

Úzké vývojové, histologické i funkční propojení

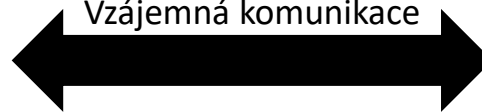
Společná vývojová historie (původ z ektomesenchymu)



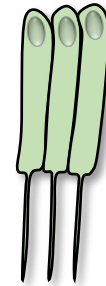
## Fibroblasty zubní pulpy

- Stromální tkáň pulpy
- Podpora odontoblastům
- Tvorba tkáně pro krevní cévy a nervy
- Imunitní reakce
- Stem cell niche

Vzájemná komunikace



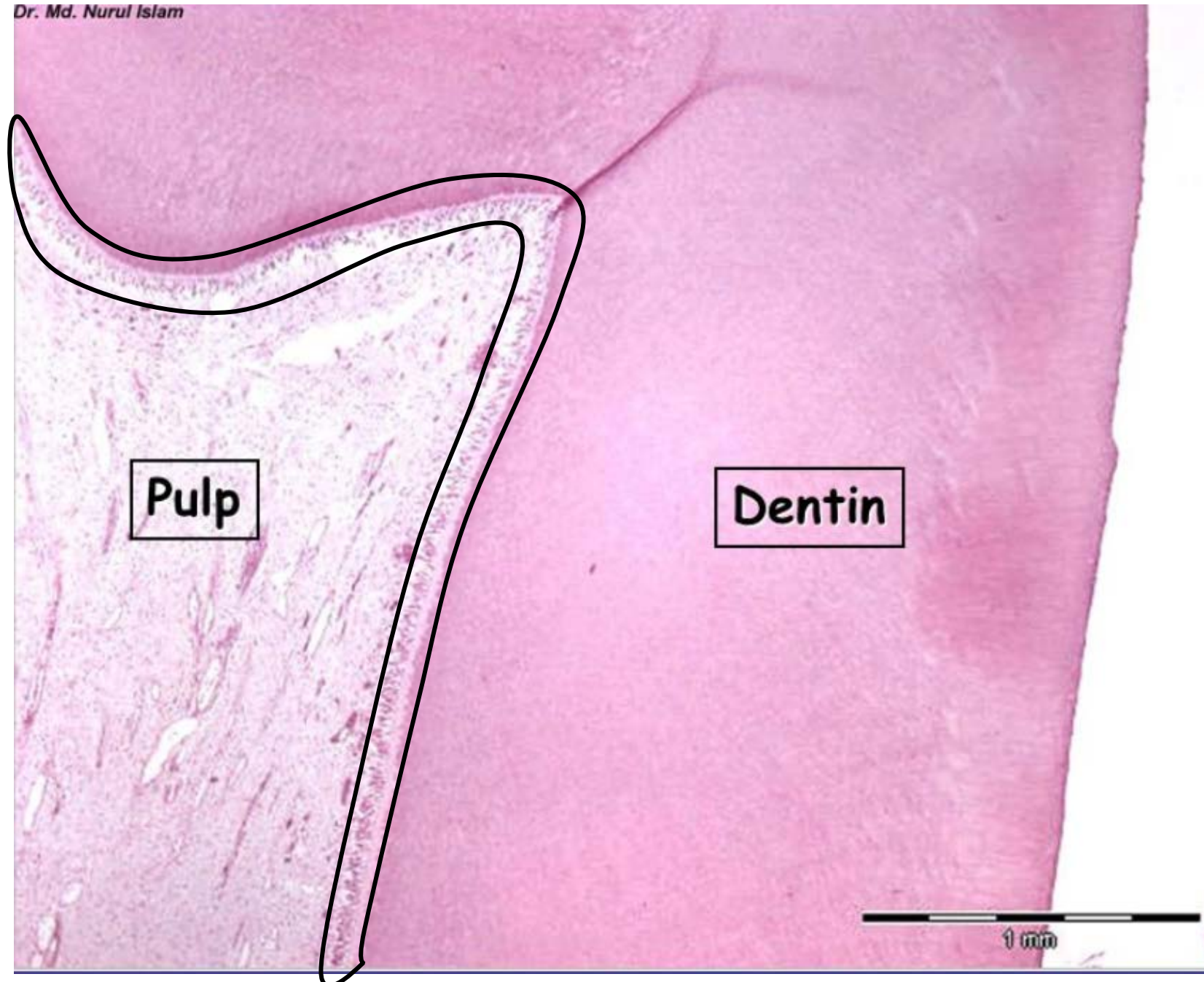
## Odontoblasty



- Tvorba dentinu
- Živoucí komponenta dentinu
- Reakce na poškození dentinu  
(bolest, imunitní reakce, oprava)

# Dentino-pulpální komplex

Dr. Md. Nurul Islam





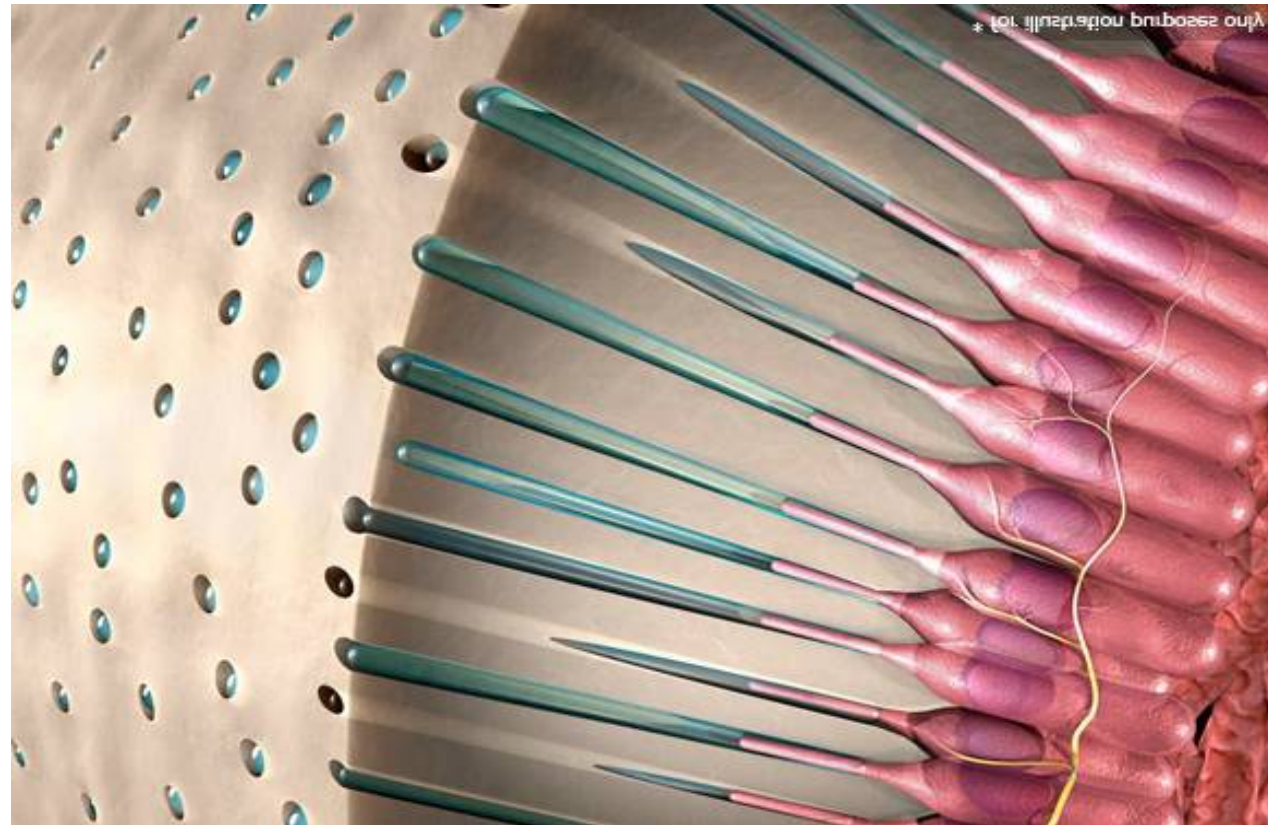
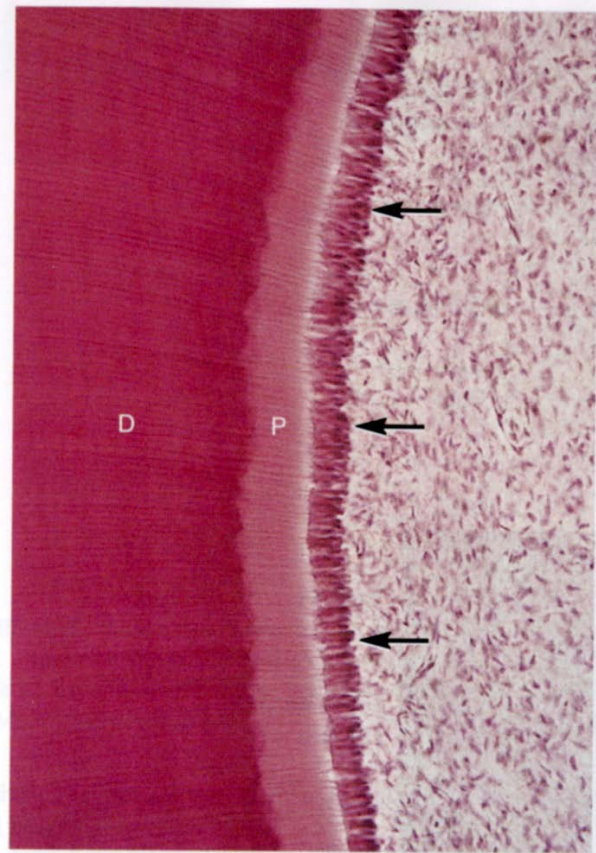
# Odontoblasty

Rozhraní mezi dentinem a pulpou

Protáhlý tvar, výrazná polarizace (jádro s organelami v bazální třetině)

Uloženy v jedné vrstvě

V apexech sekreční zrna



# Funkce odontoblastů

- Produkují dentinovou matrix
- U zdravých zubů jsou aktivní po celou dobu jejich existence
- Výběžky odontoblastů zajišťují látkovou výměnu a obměnu dentinové matrix, udržují průchodnost kanálků
- Výběžky se účastní percepce bolesti
- Mezi stěnou tubulu a Tomesovým vláknem je periodontoblastický prostor, obsahuje tekutinu a mukopolysacharidový materiál

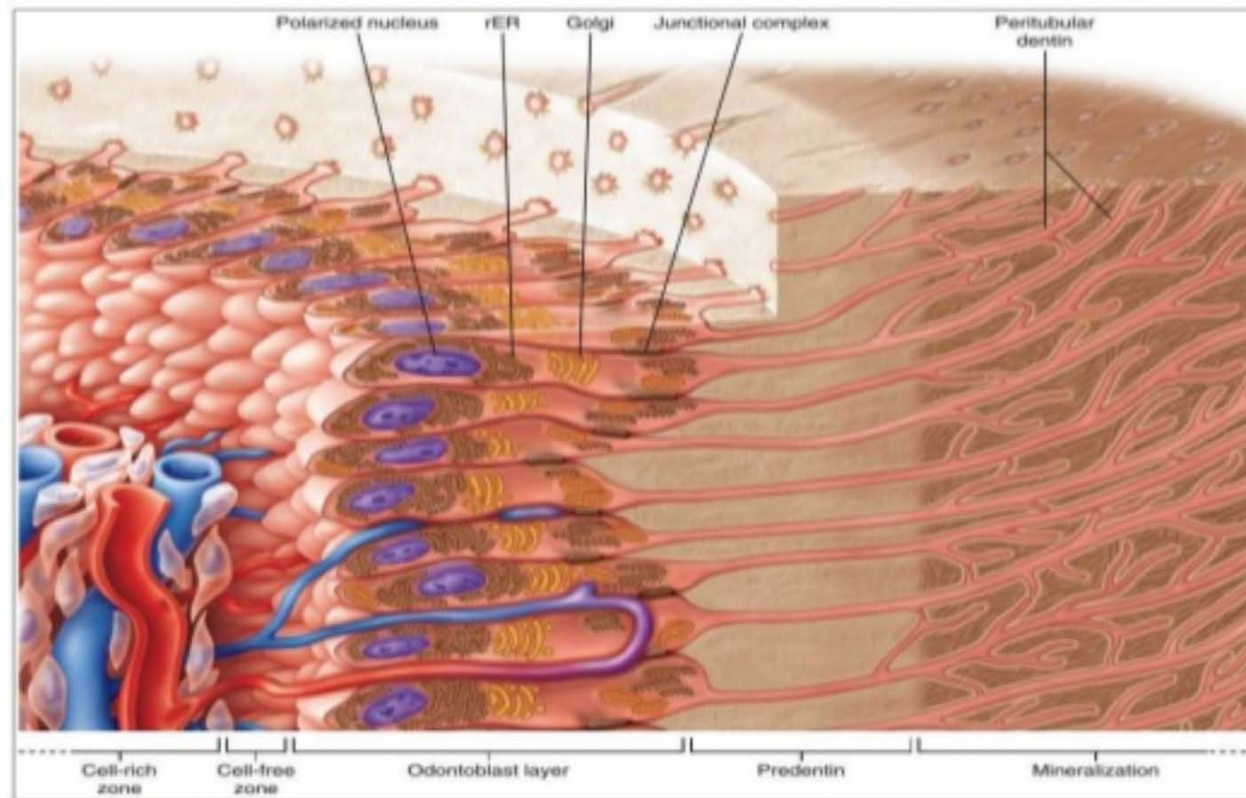
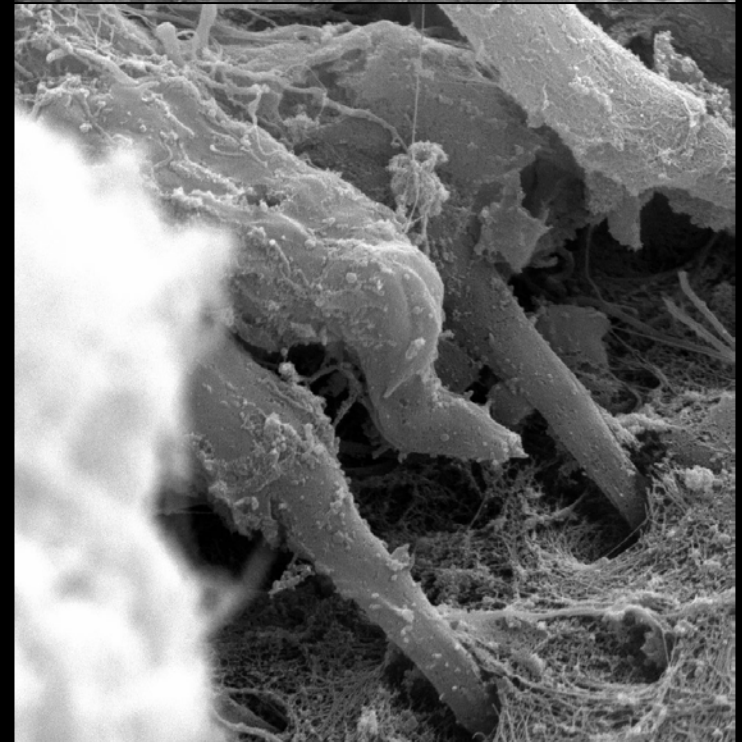
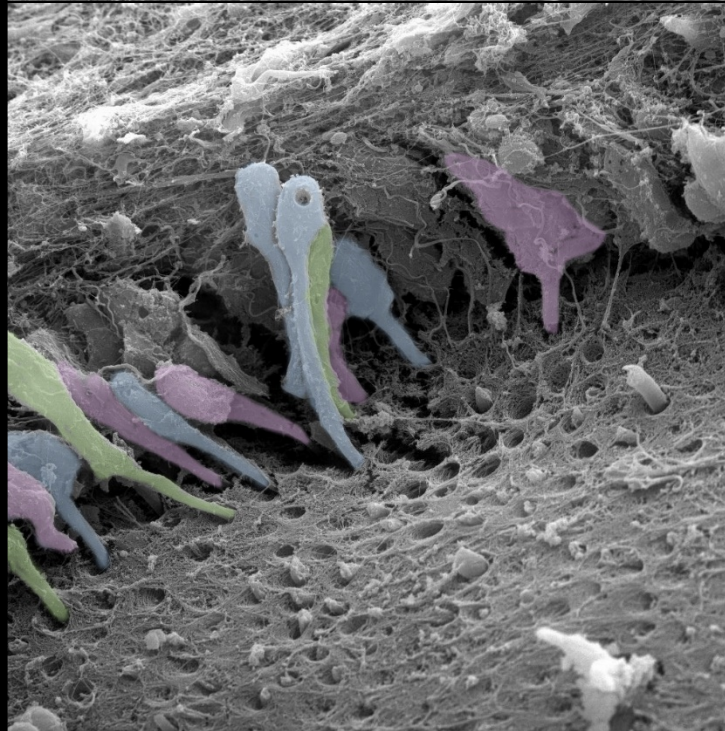
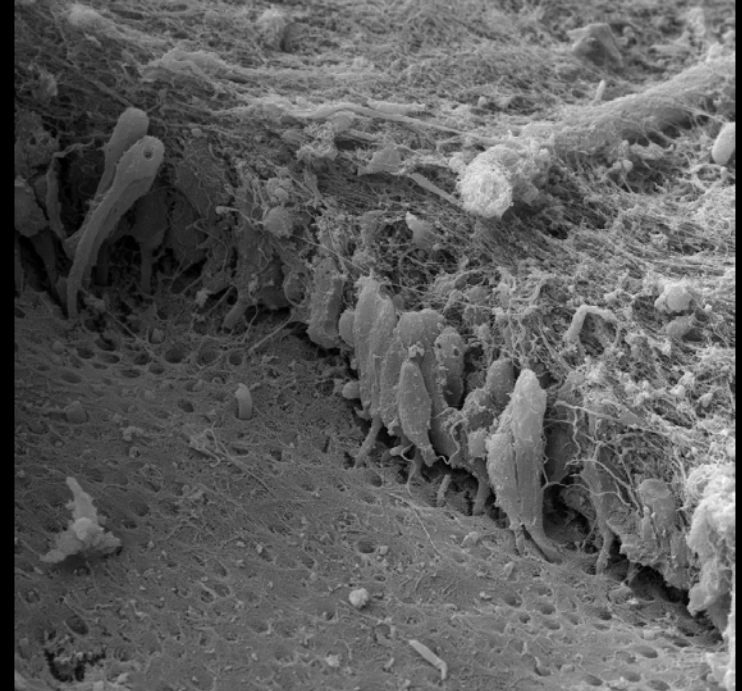
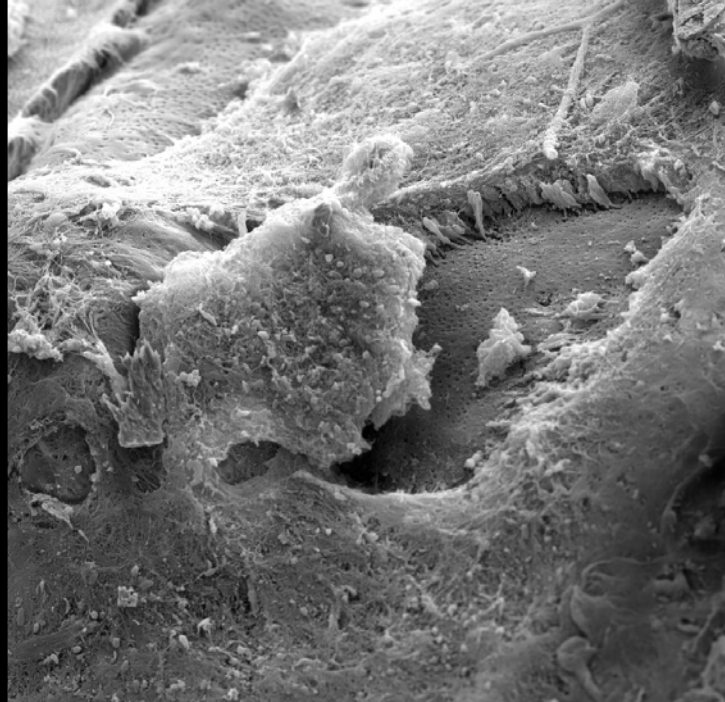


FIGURE 8-40 Schematic representation of the cells bordering pulp. *rER*, Rough endoplasmic reticulum.

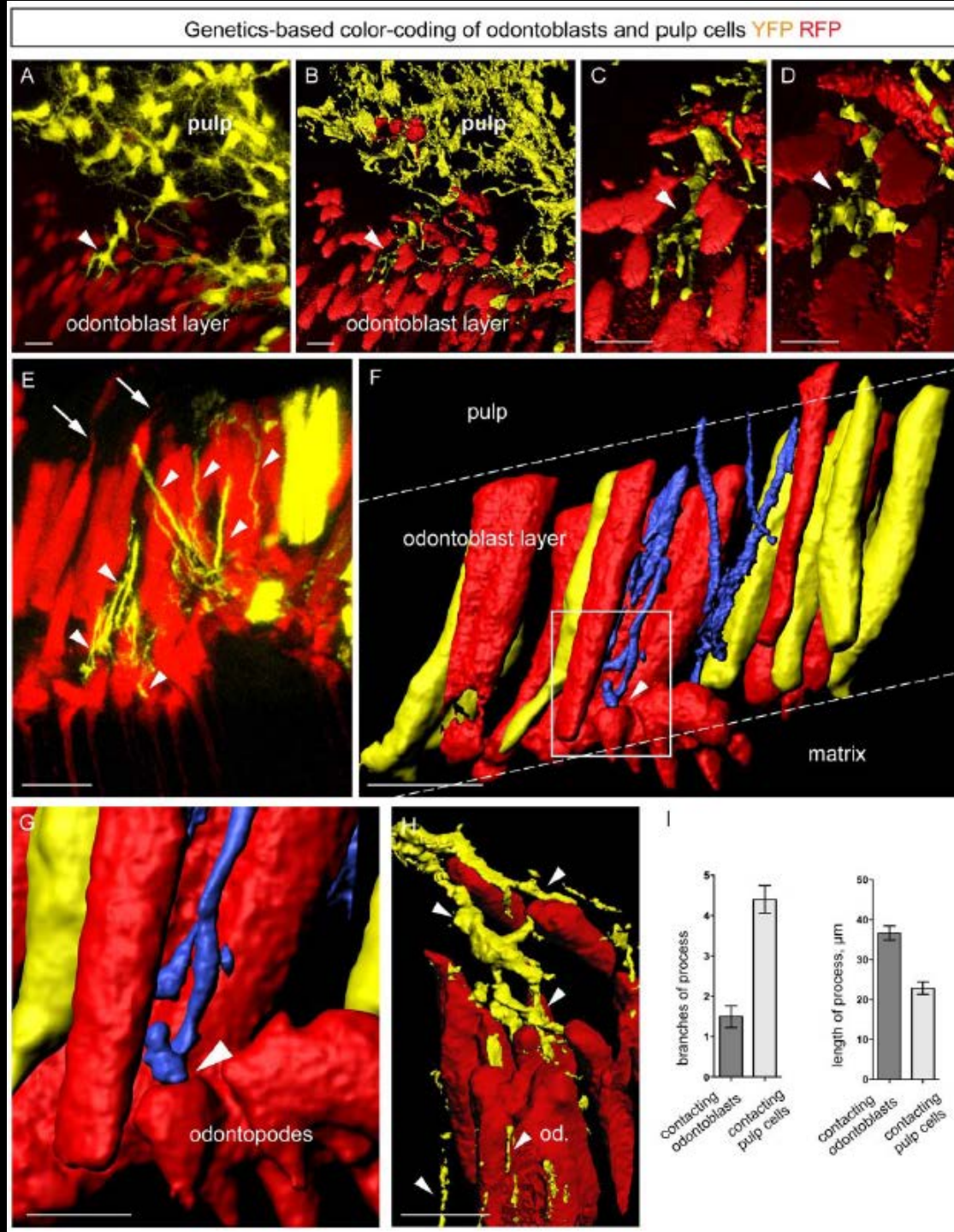


# Odontoblasty



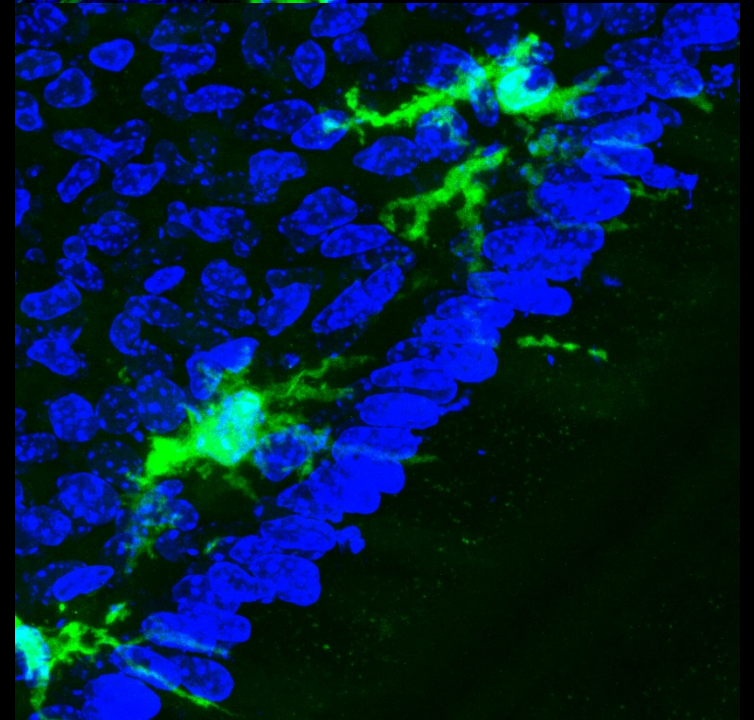
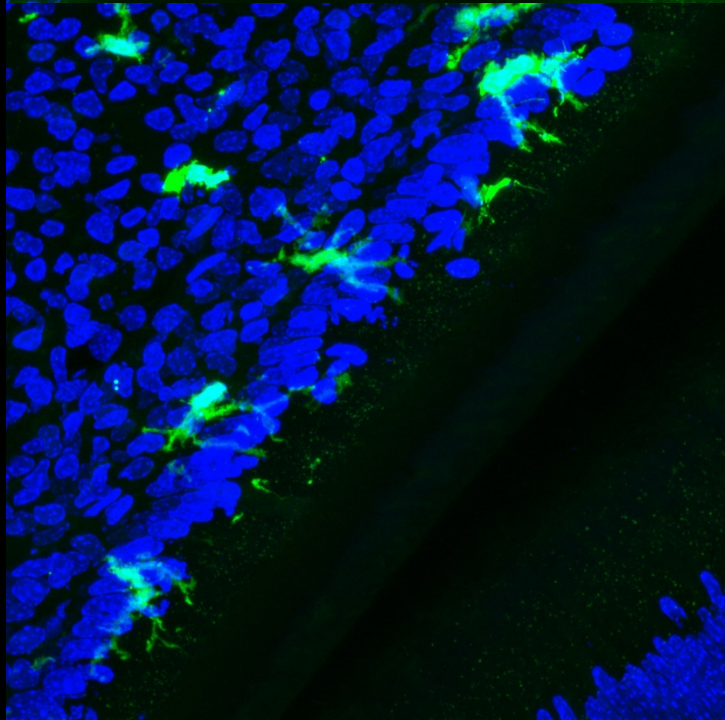
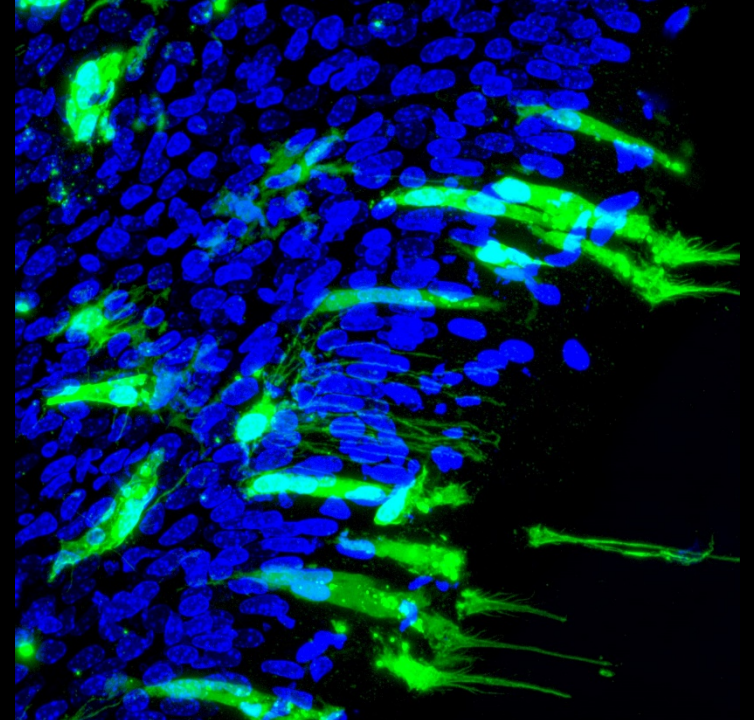
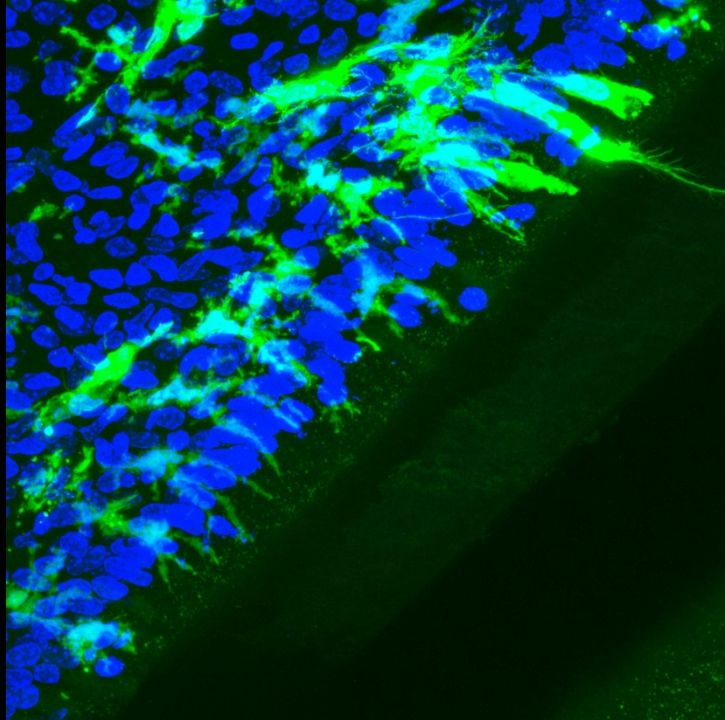


# Odontoblasty



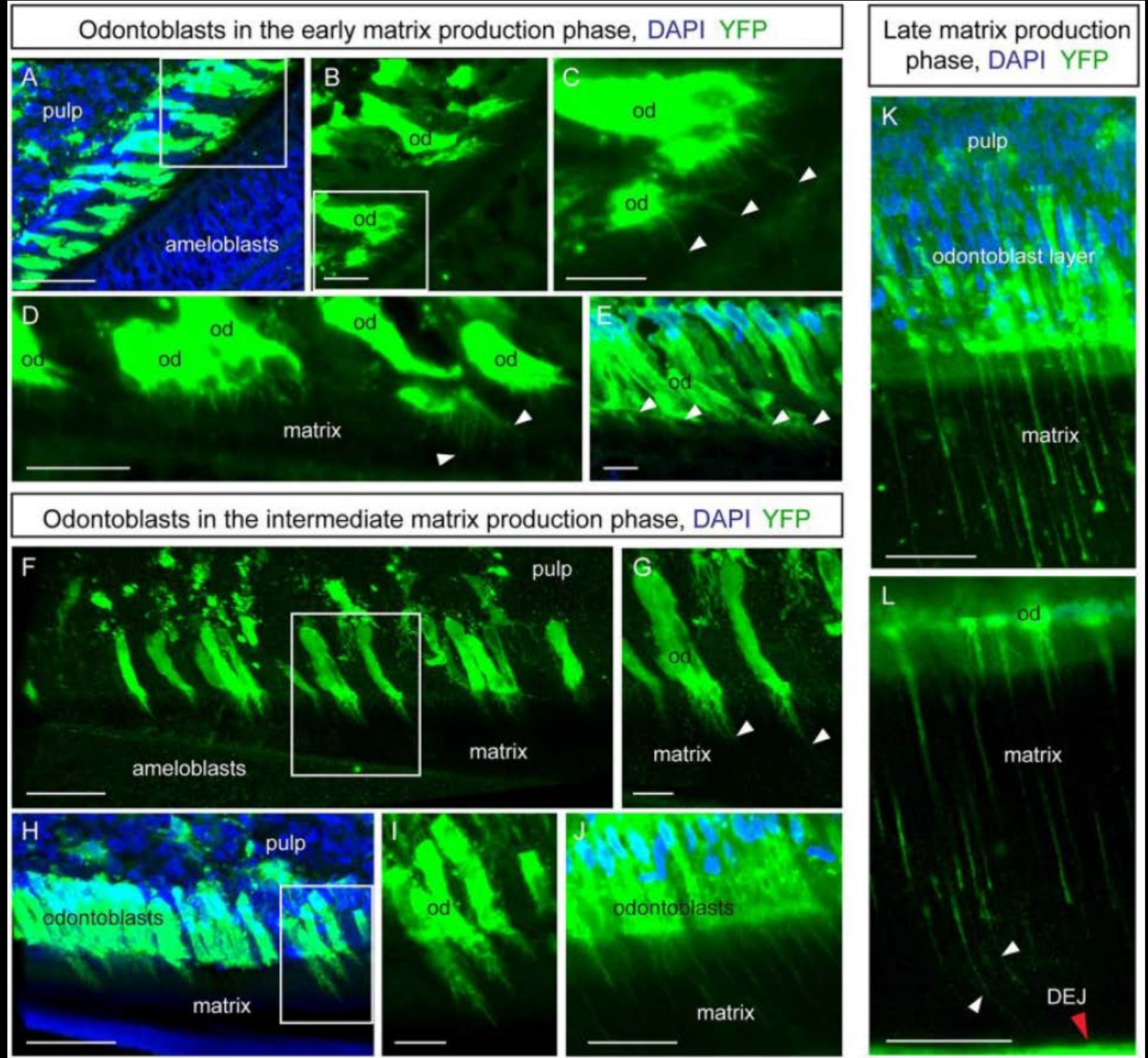


# Odontoblasty



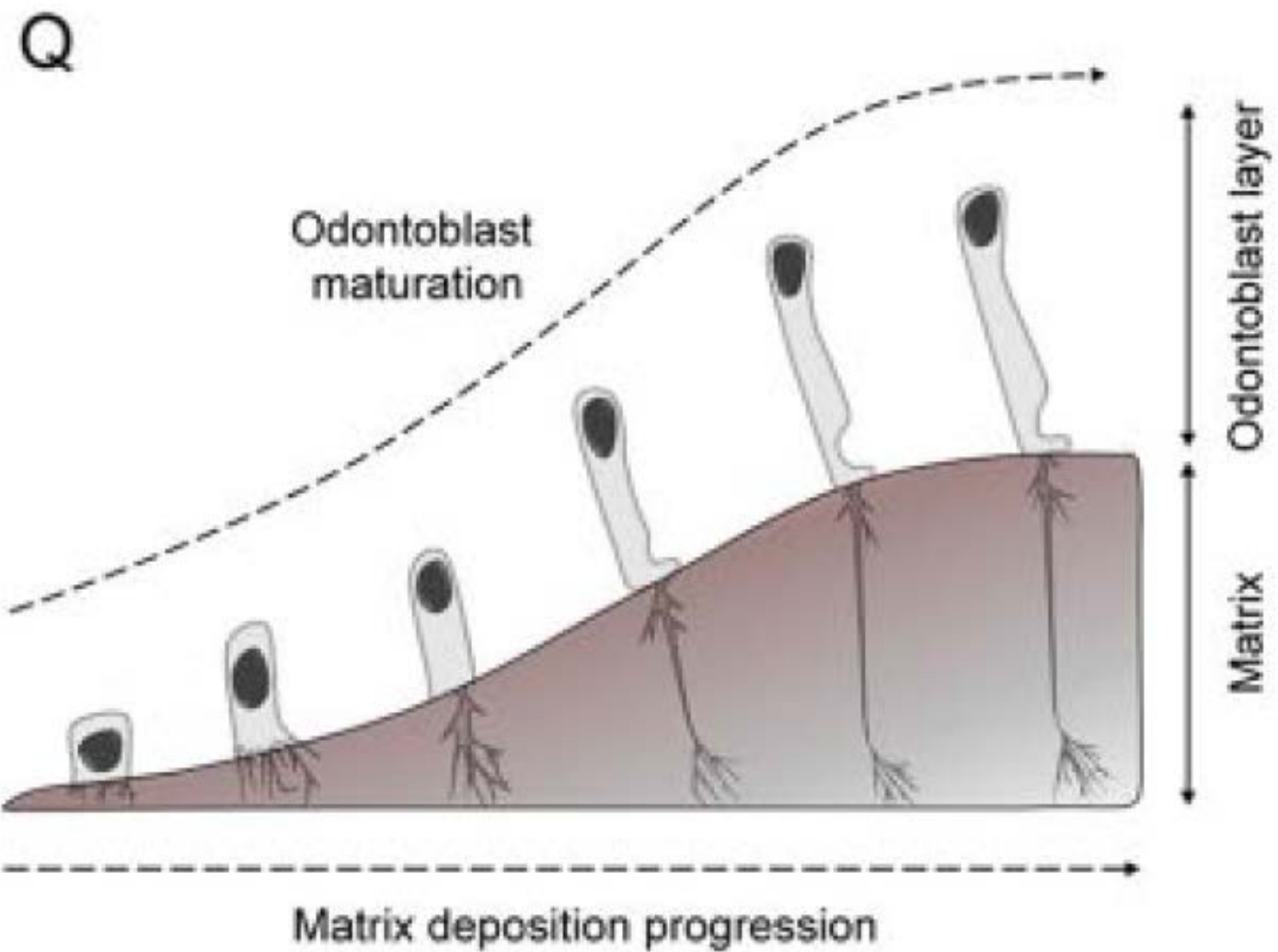


# Vývoj odontoblastů

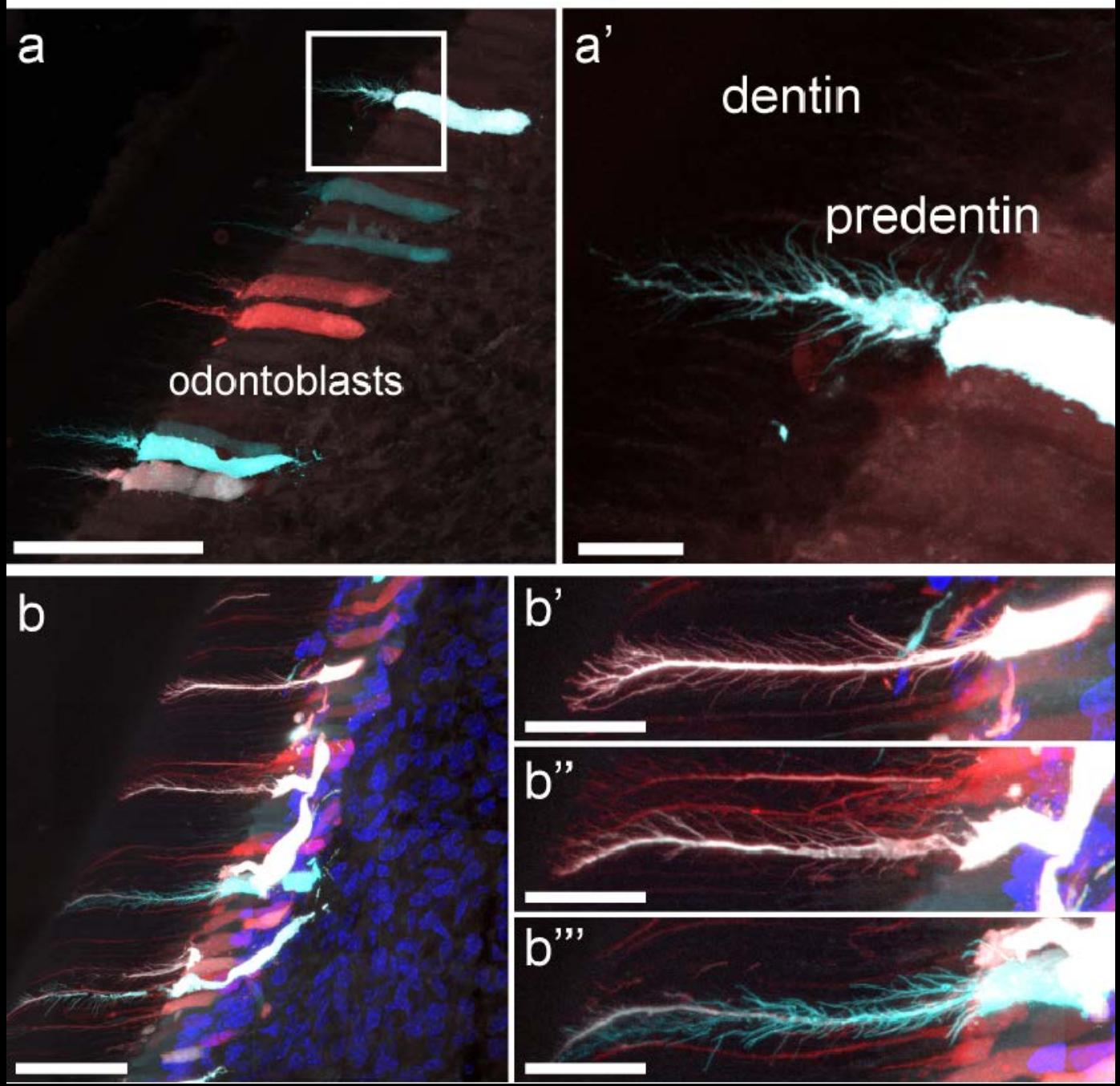




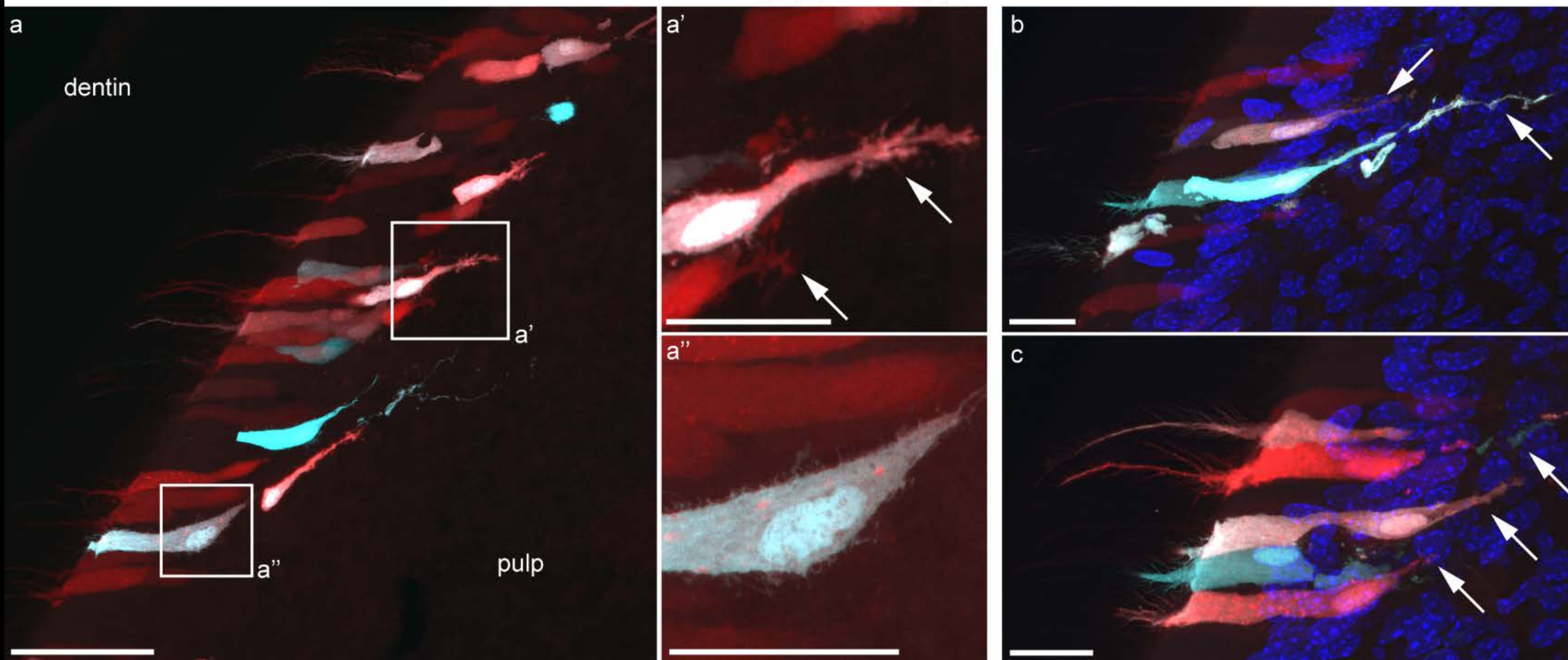
# Vývoj odontoblastů



# Odontoblasts dentinal processes analysis



### Odontoblasts pulp-penetrating processes





**Enamel**

**Dentin**





# Mikroskopická stavba zubní dřeně, věkové změny a funkce

Ektomezenchymový původ

Vyplňuje *cavitas dentis*

Retikulární struktura

U zubů primární dentice má stavbu podobnou rosolovitému vazivu

## Extracelulární matrix (ECM)

### **Vlákná:**

- Kolagenní
- Retikulární, uspořádaná zejména síťovitě

### **Amorfní hmota:**

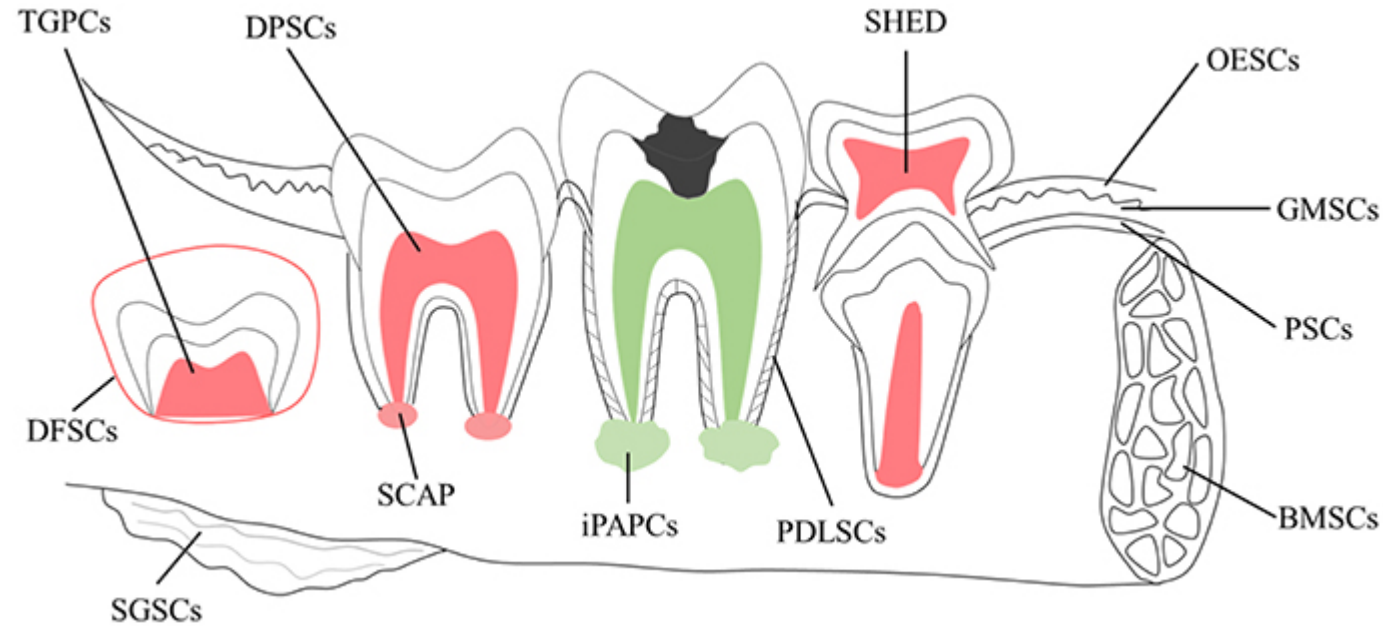
- Glykosaminoglykany a glykoproteiny

## Buněčná část

- Zejména fibroblasty,
- Imunitní systém: makrofágy, plazmatické buňky, dendritické buňky, neutrofilní event. eozinofilní granulocyty, lymfocyty (podél krevních cév)
- Gliové buňky
- Endothelové buňky, perivaskulární buňky
- Dentální mezenchymové kmenové buňky (?)



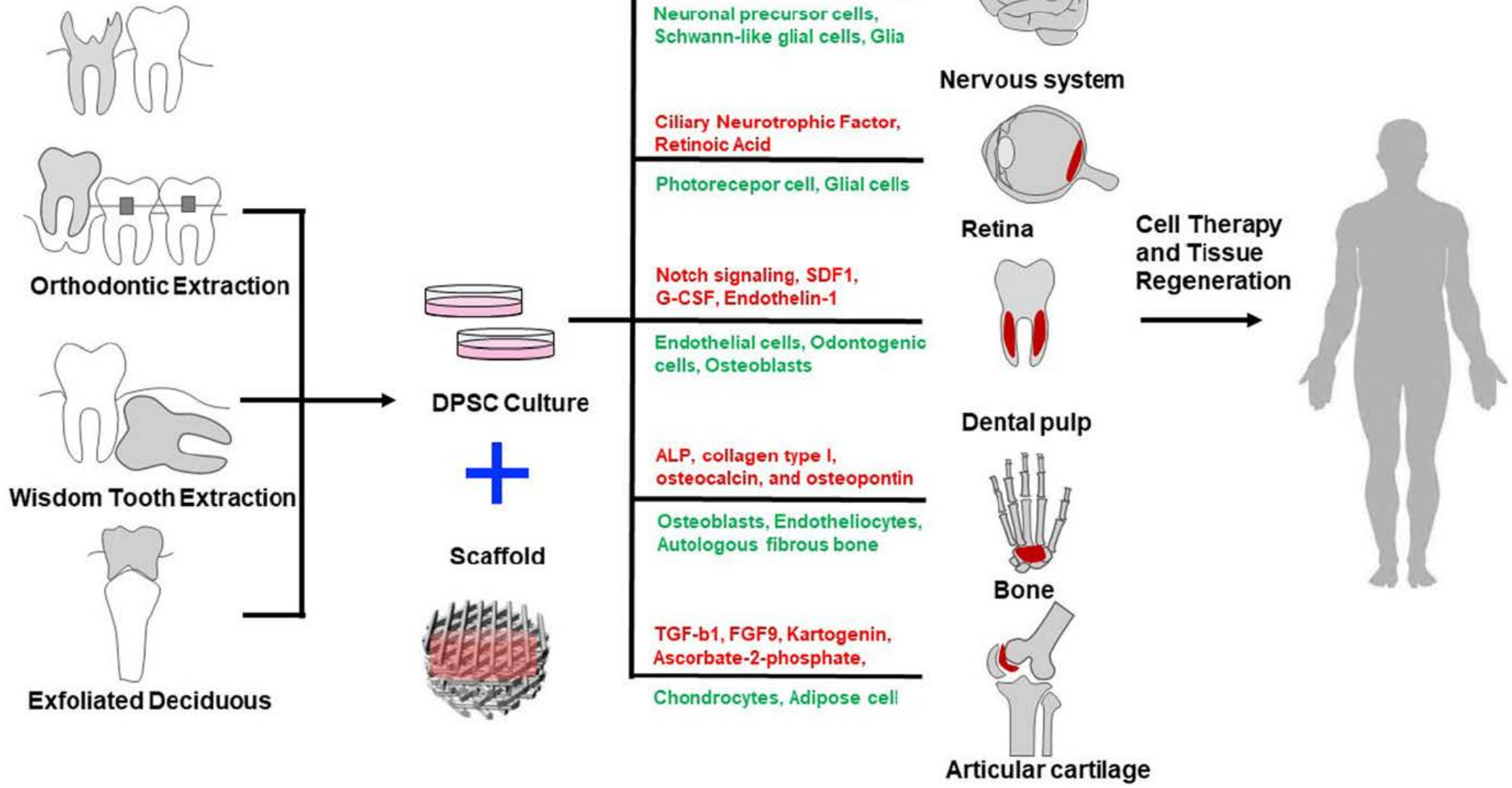
# Stem Cells in (human) teeth



Schematic of potential sources of adult stem cells in the oral environment

<b>TGPCs</b>	<b>tooth germ progenitor cells</b>
<b>DFSCs</b>	<b>dental follicle stem cells</b>
SGSCs	salivary gland stem cells
<b>SCAP</b>	<b>stem cells of the apical papilla</b>
<b>DPSCs</b>	<b>dental pulp stem cells</b>
iPAPCs	inflamed periapical progenitor cells
<b>SHED</b>	<b>stem cells from human exfoliated deciduous teeth</b>
<b>PDLSCs</b>	<b>periodontal ligament stem cells</b>
BMSCs	bone marrow stem cells
OESCs	oral epithelial stem cells
GMSCs	gingival-derived mesenchymal stem cells
PSCs	periosteal stem cells

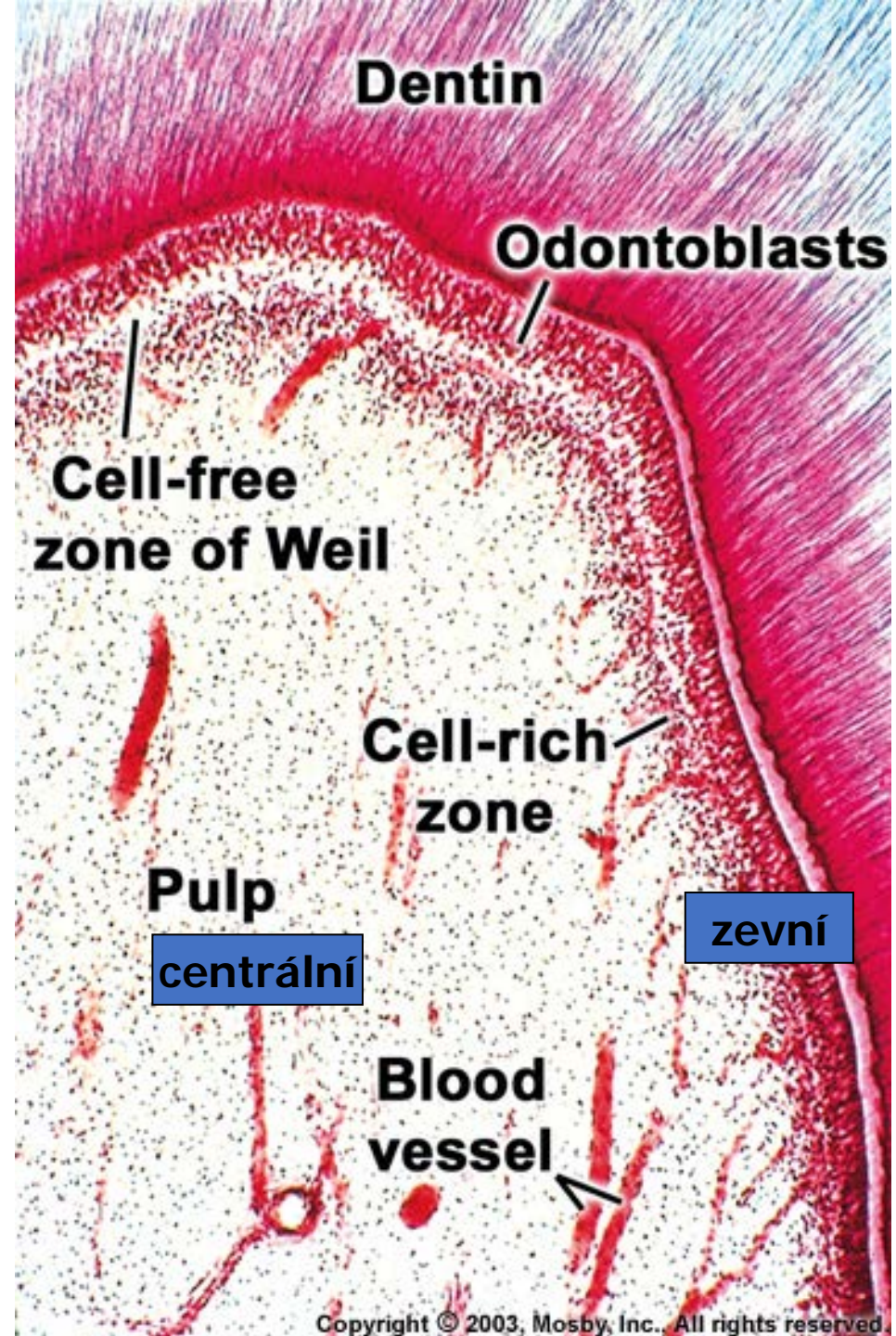
# Dental Pulp stem cell sources and multilineage application capability



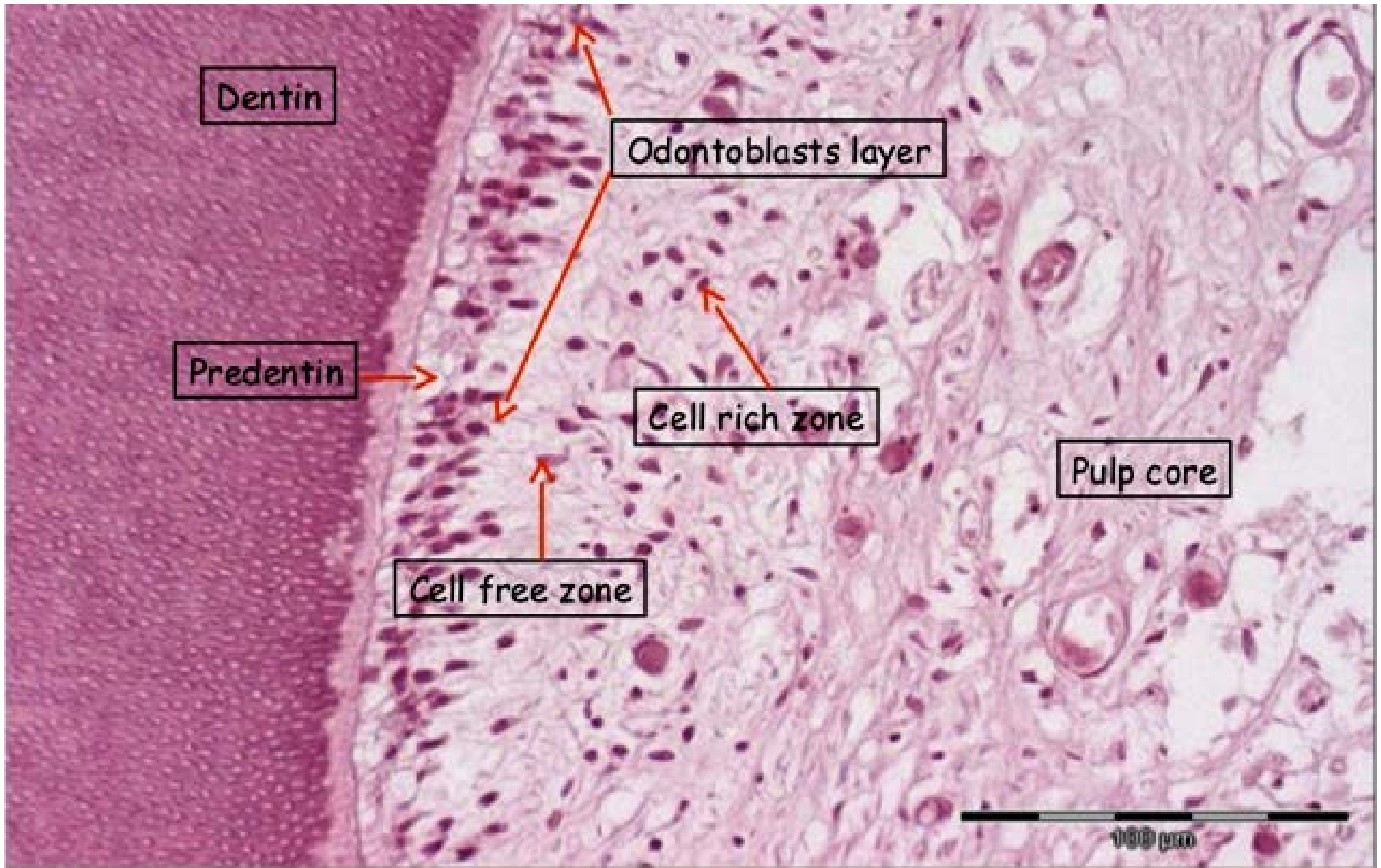
# Stratifikace pulpy

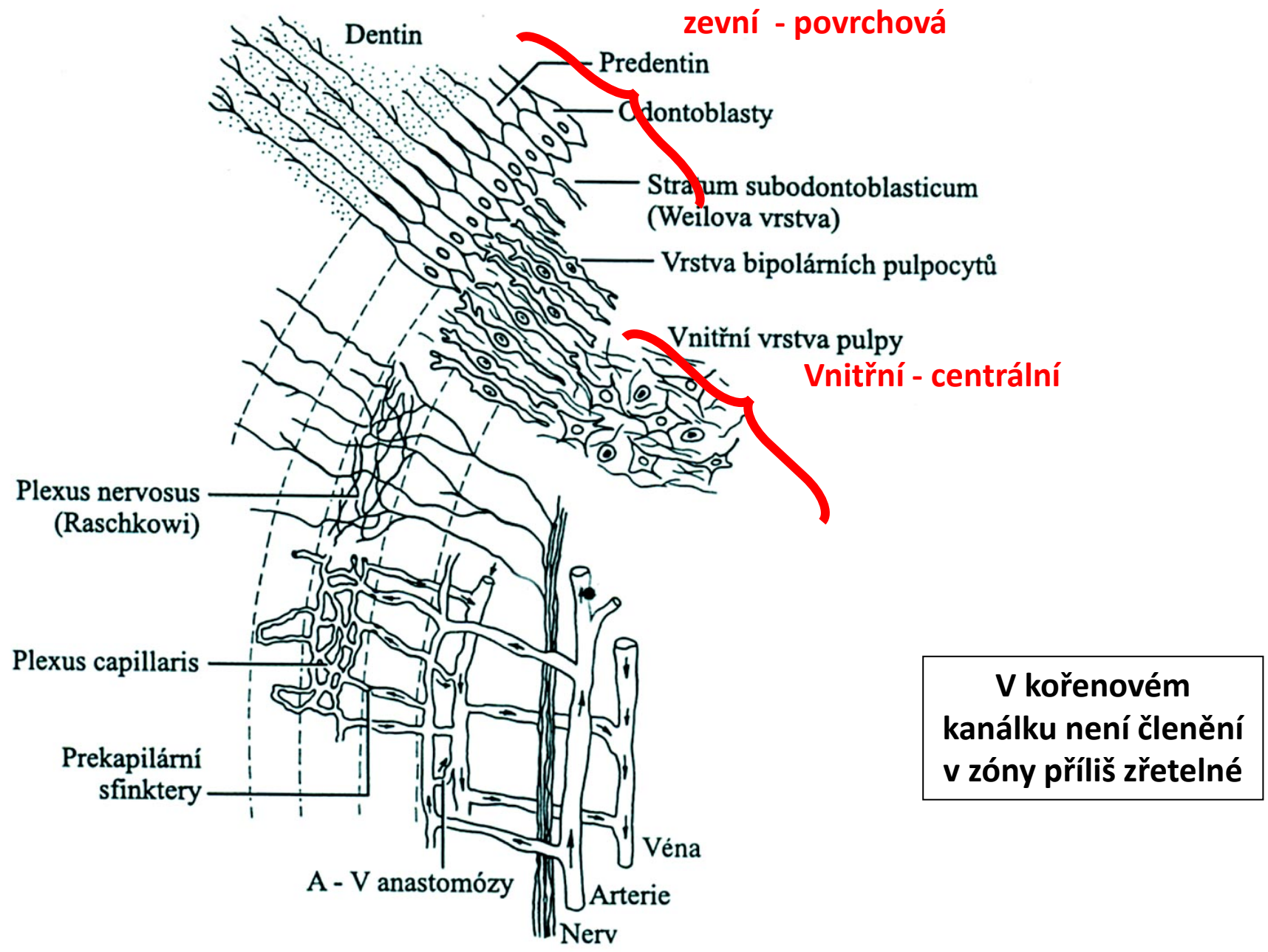
Na korunkové pulpě rozlišují 2 vrstvy:

- Zevní - povrchová
- Vnitřní - centrální









Obr. 15-6. Schematický náčrt mikroskopické stavby zubní pulpy, její inervace a cévního zásobení

# Krevní a mízní cévy

velmi bohaté zásobení (zvláště v mladém věku)

## Arterie (2-10)

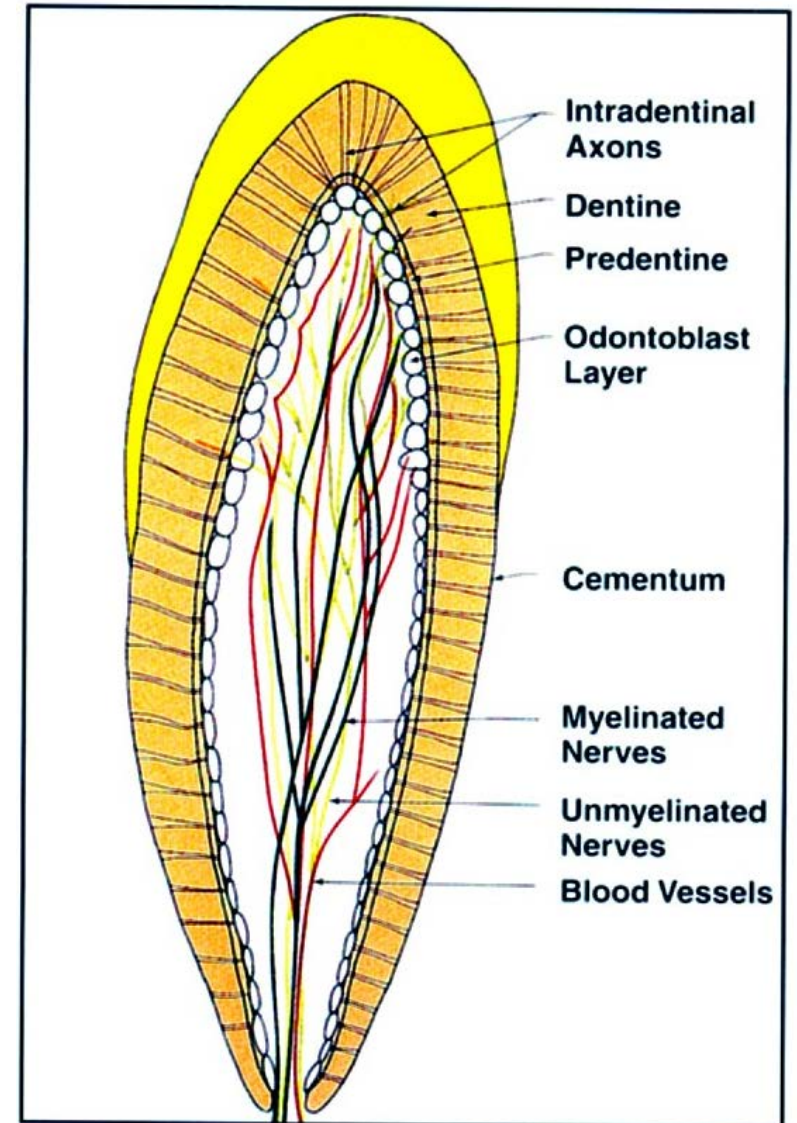
- Probíhají podélně středem pulpy
- Hojné postranní větévky
- Rozpadají se v terminální síť – až k odontoblastům

## Subodontoblastická kapilární pleteň

- Arterie – velmi úzká lumina, tlustá stěna zesílená několika vrstvami hladkých svalových buněk
- Stěna vén a venul je velmi tenká, což nápadně kontrastuje s jejich širokými průsvity

## Mízní oběh

- Začíná mízními kapilárami, které se spojují v malé lymfatické cévy
- Opouštějící zubní dřeň společně s krevními cévami a nervovými vlákny skrze foramen apicis radice dentis



.32 General distribution of myelinated nerves (dark green), unmyelinated nerves (light green) and blood vessels (red) in the





# Inervace dřeně

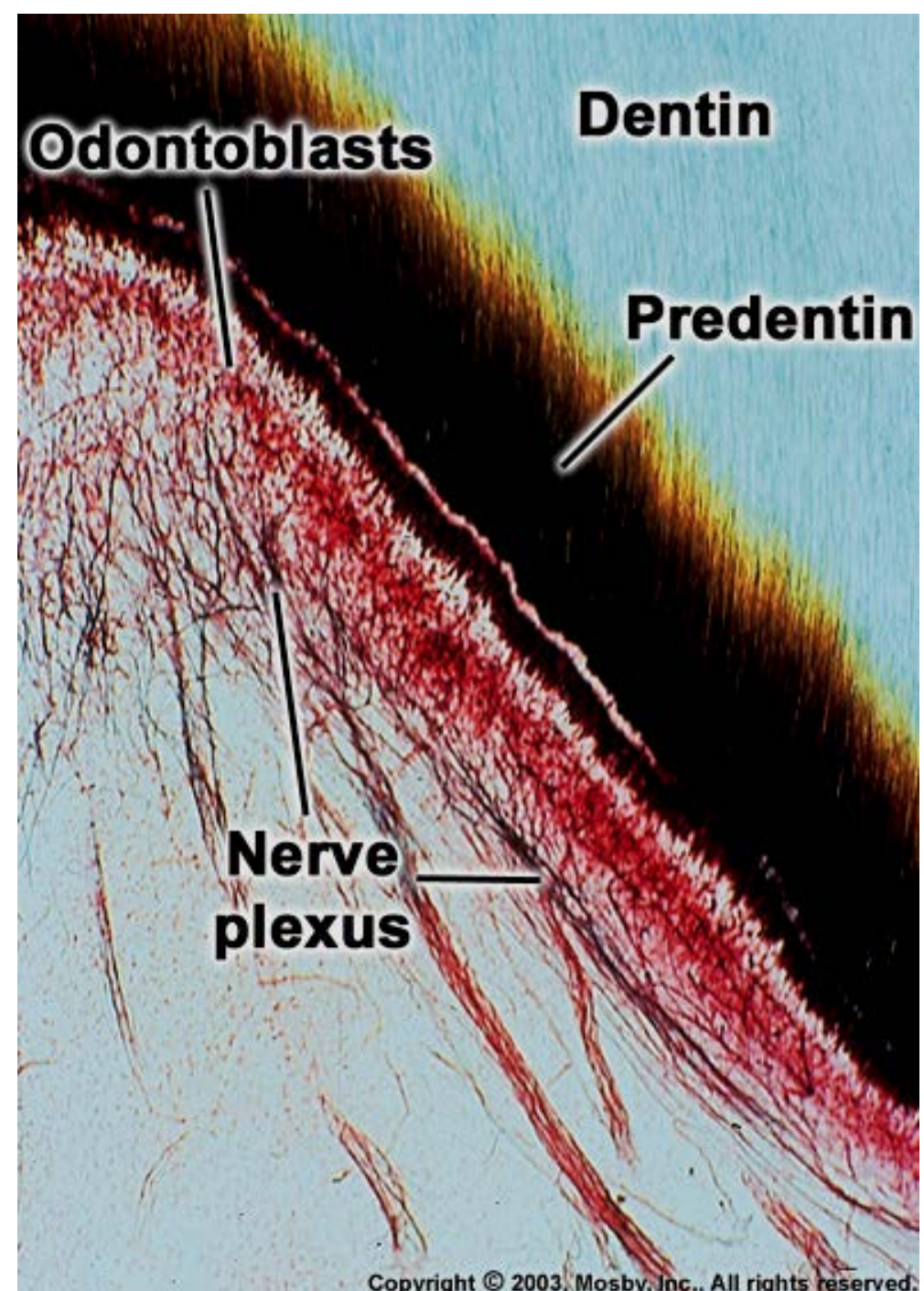
Myelinizovaná a nemyelinizovaná

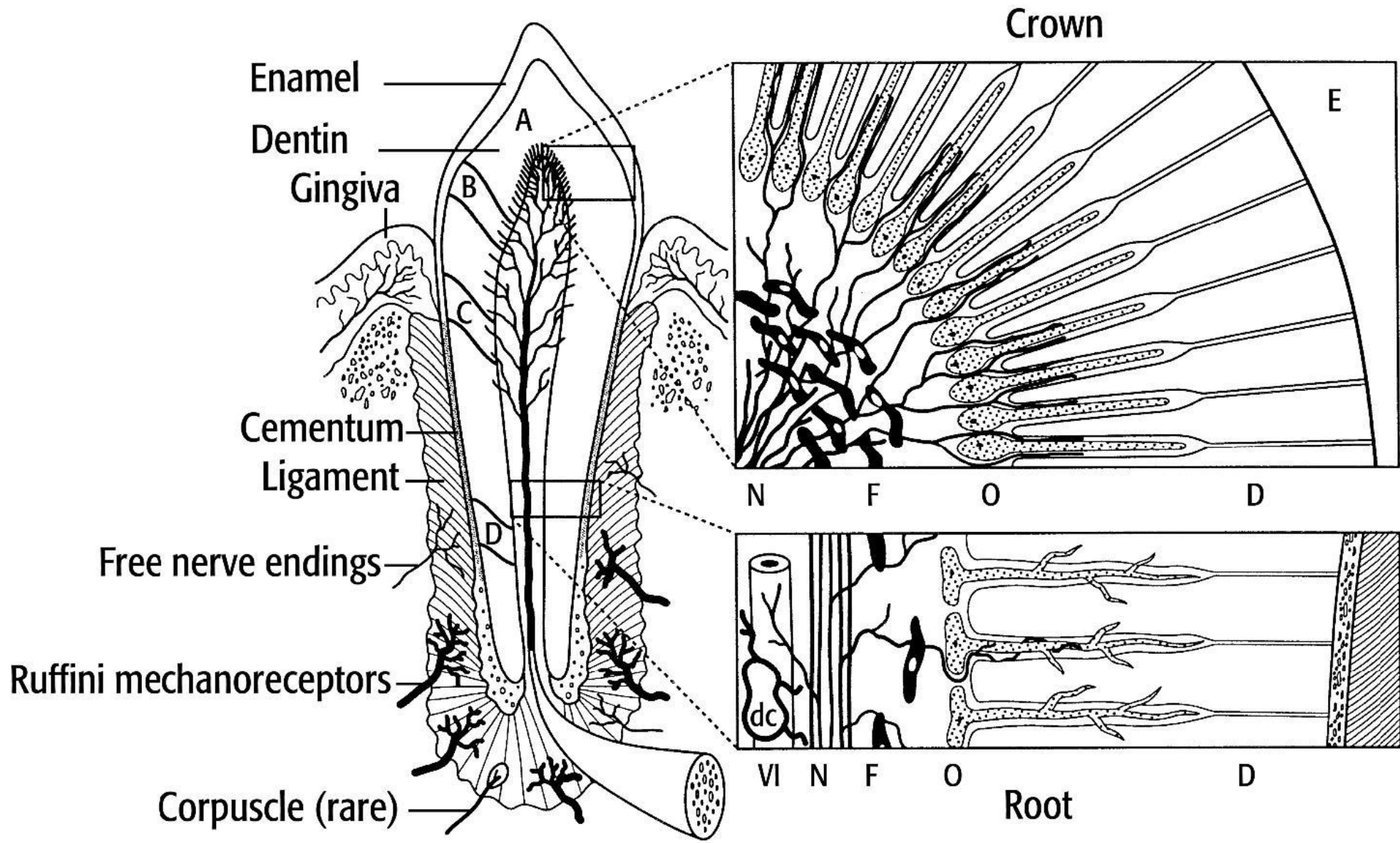
**Myelinizovaná** nervová vlákna se v zubní dřeni bohatě větví a dosahují až k bázím odontoblastů, pod kterými vytvářejí hustou pletěň:

## **Plexus subodontoblasticus Raschkowi**

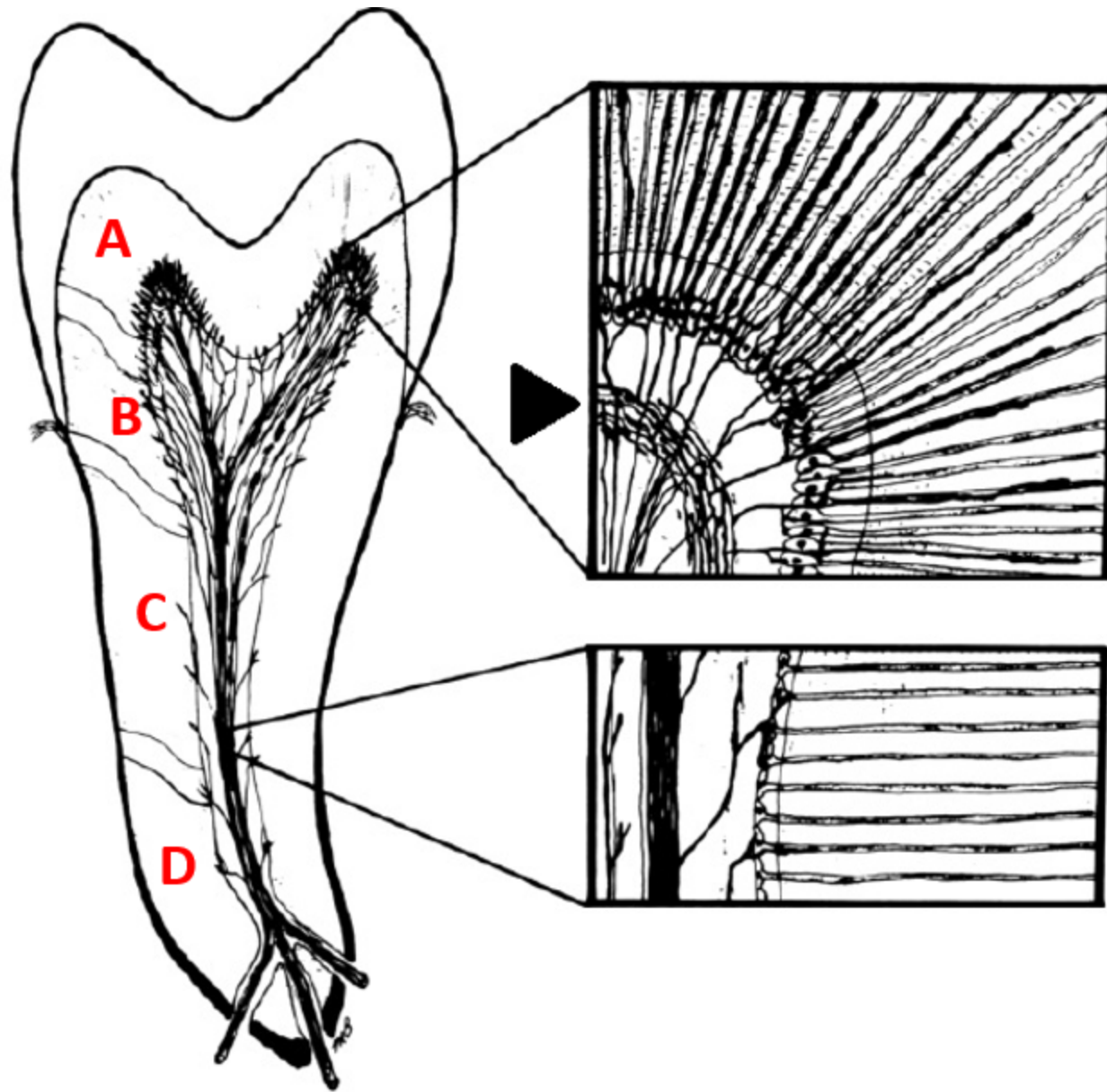
Vlákénka končí na tělech odontoblastů, část vstupuje do predentinu a dentinových kanálků

**Nemyelinizovaná** nervová vlákna inervují krevní cévy v zubní pulpě

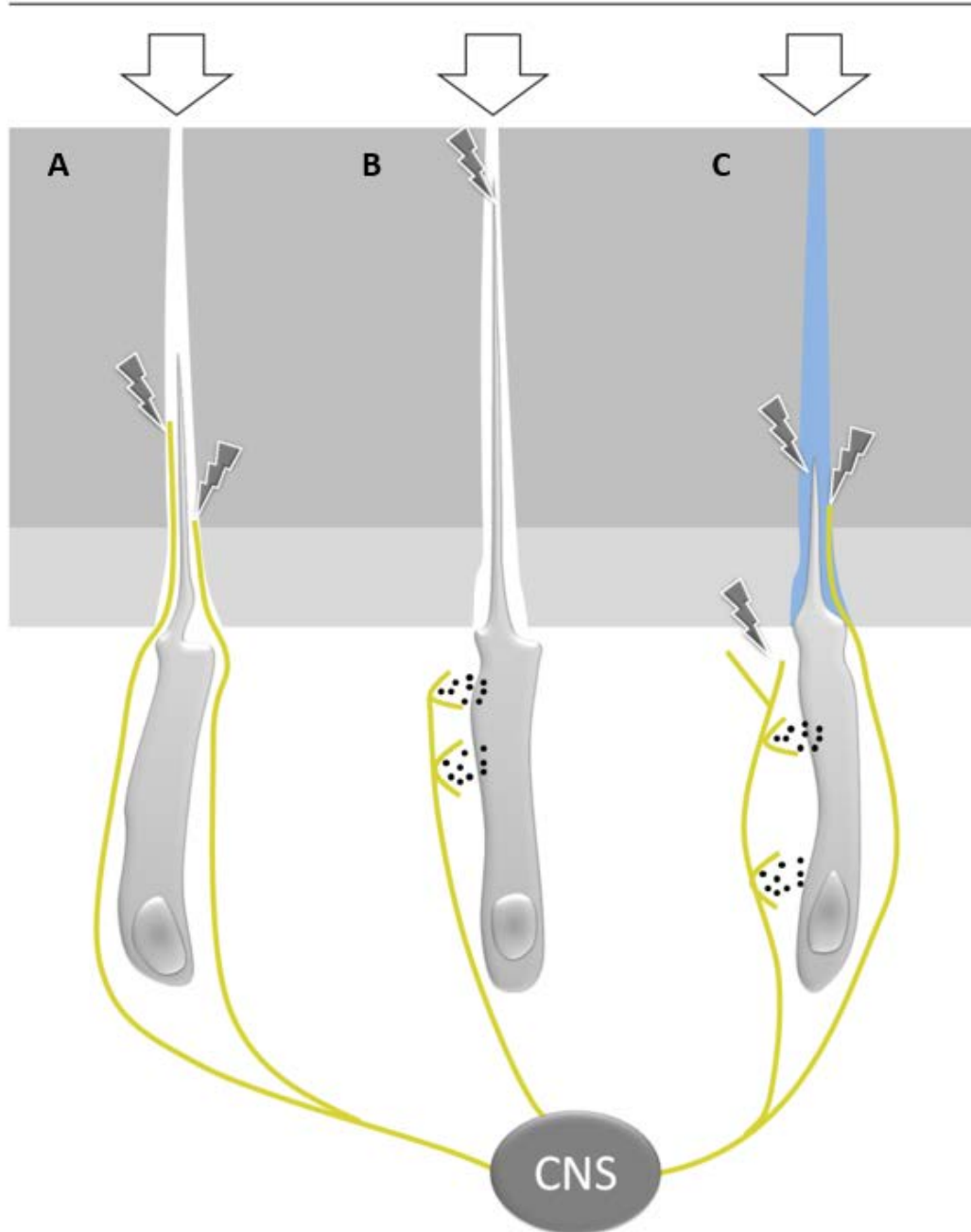






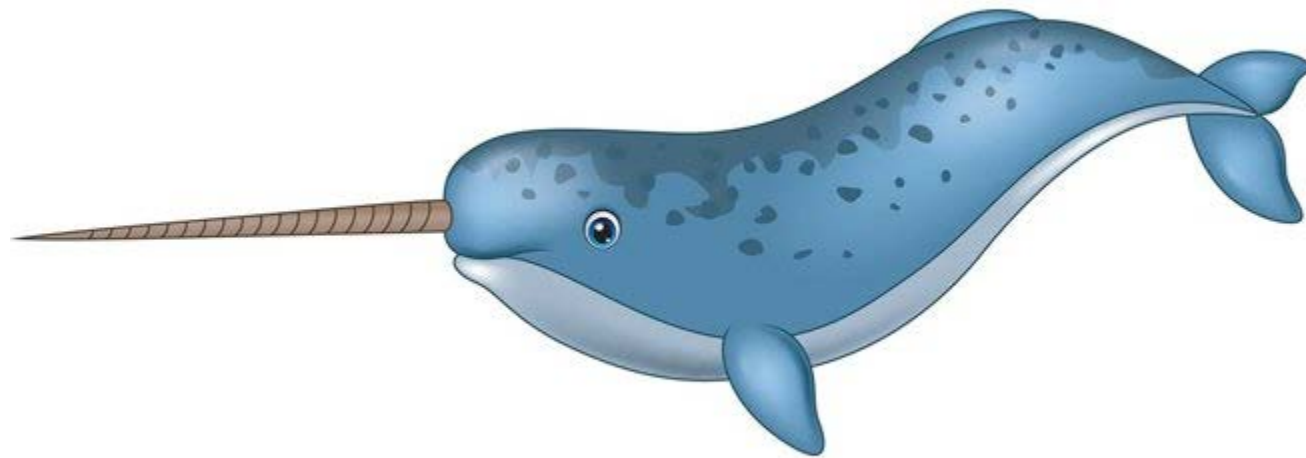


**Teplotní změny, mechanické stimuly,  
chemické látky, změny osmolarity**



**Teorie percepce vjemů zubní pulpy**

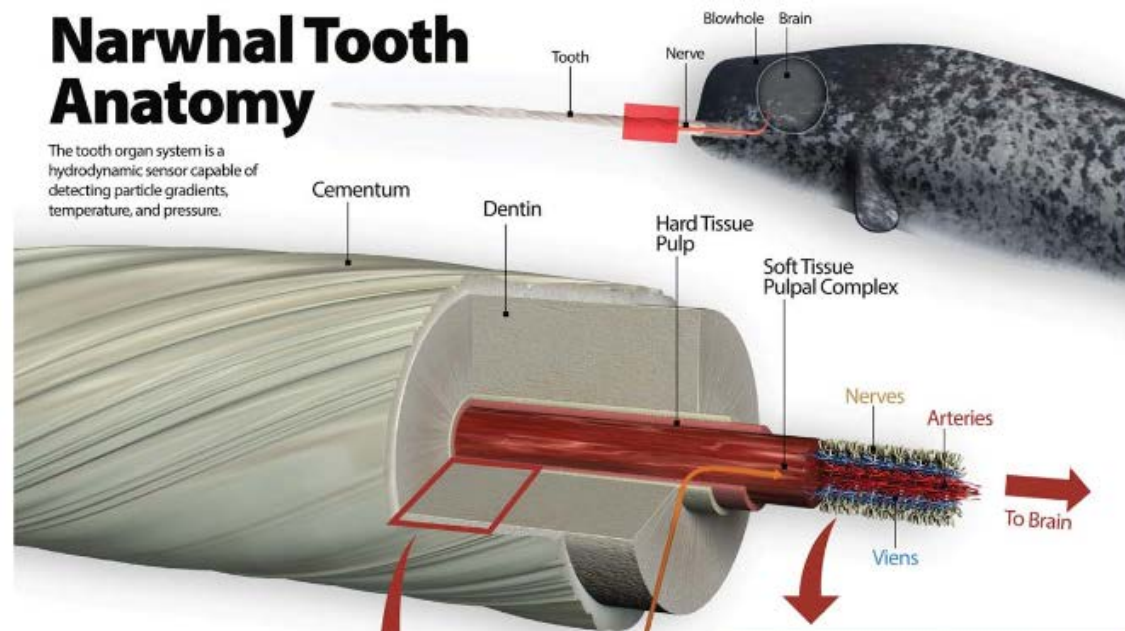
- a) Pomocí nervových zakončení v pulpě a dentinu
- b) Odontoblasty fungující jako senzorycké buňky
- c) Hydrodynamická teorie



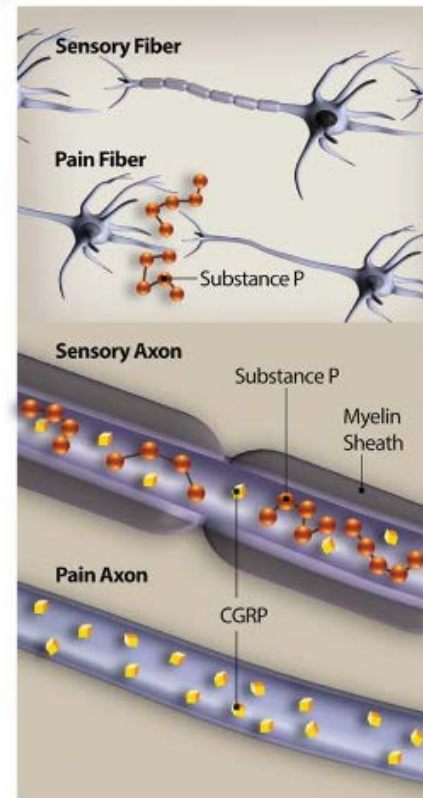
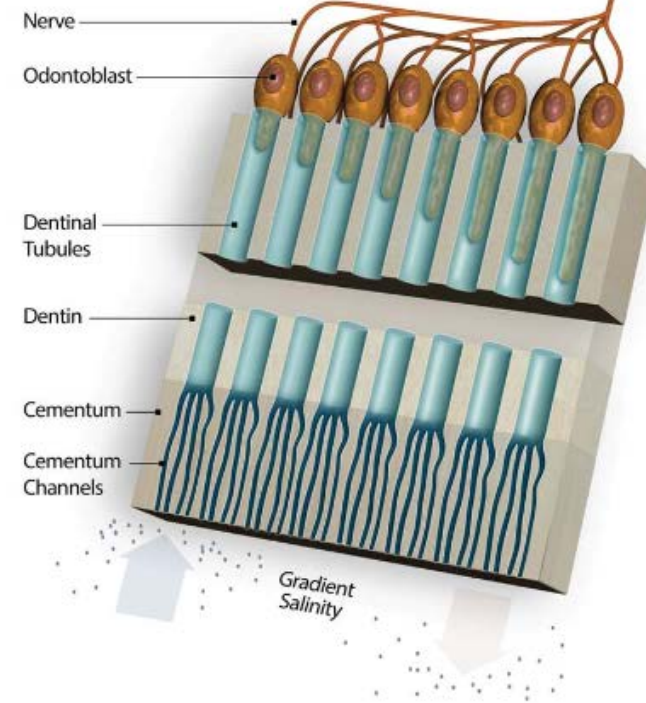


# Narwhal Tooth Anatomy

The tooth organ system is a hydrodynamic sensor capable of detecting particle gradients, temperature, and pressure.



## Hard Tissue



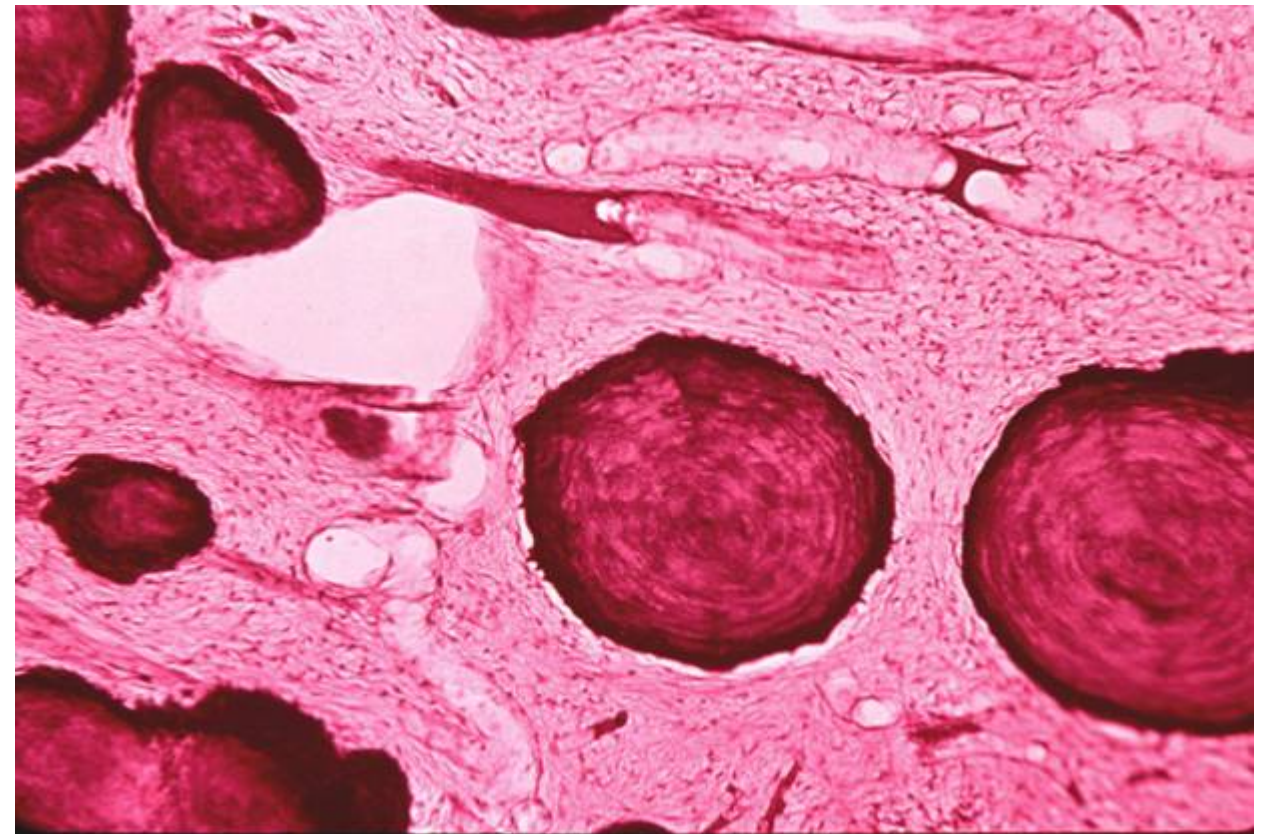
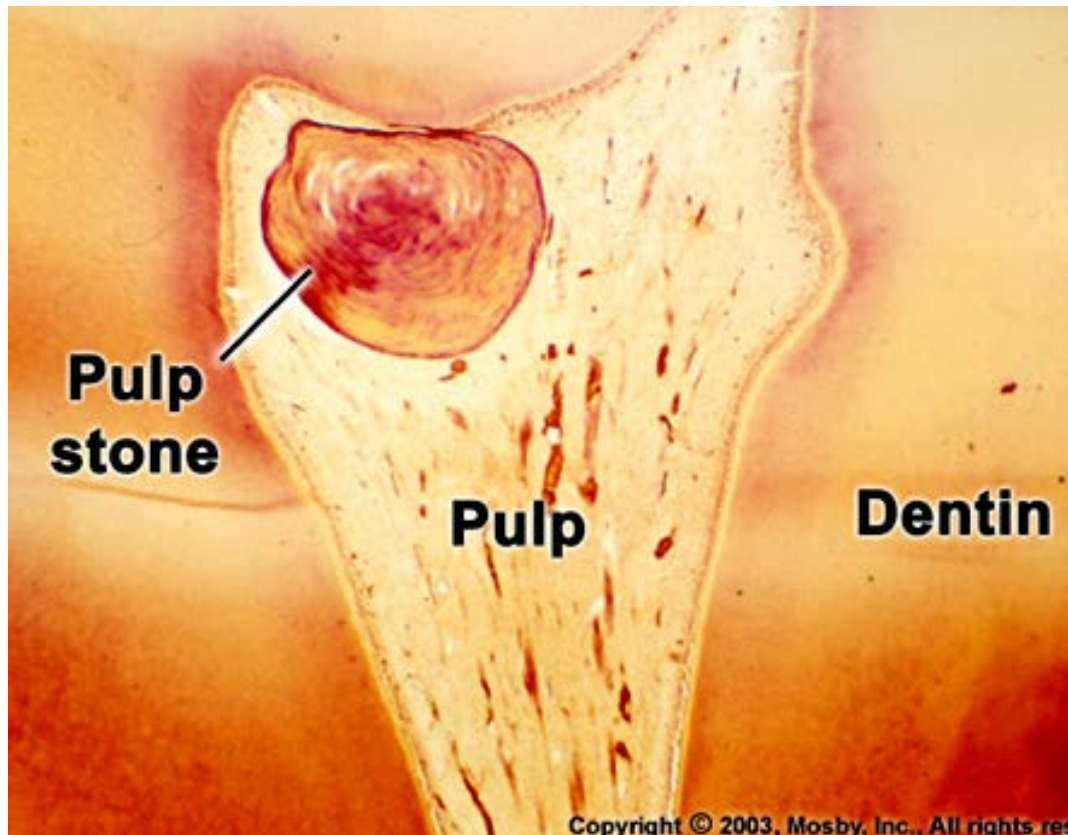
# Věkové změny pulpy

Maximum rozvoje pulpa dosahuje bezprostředně po prořezání  
Mění se s věkem (chemické složení, struktura a objem)

**Chemické složení** – amorfní hmota ztrácí slizovitý charakter a ubývá jí

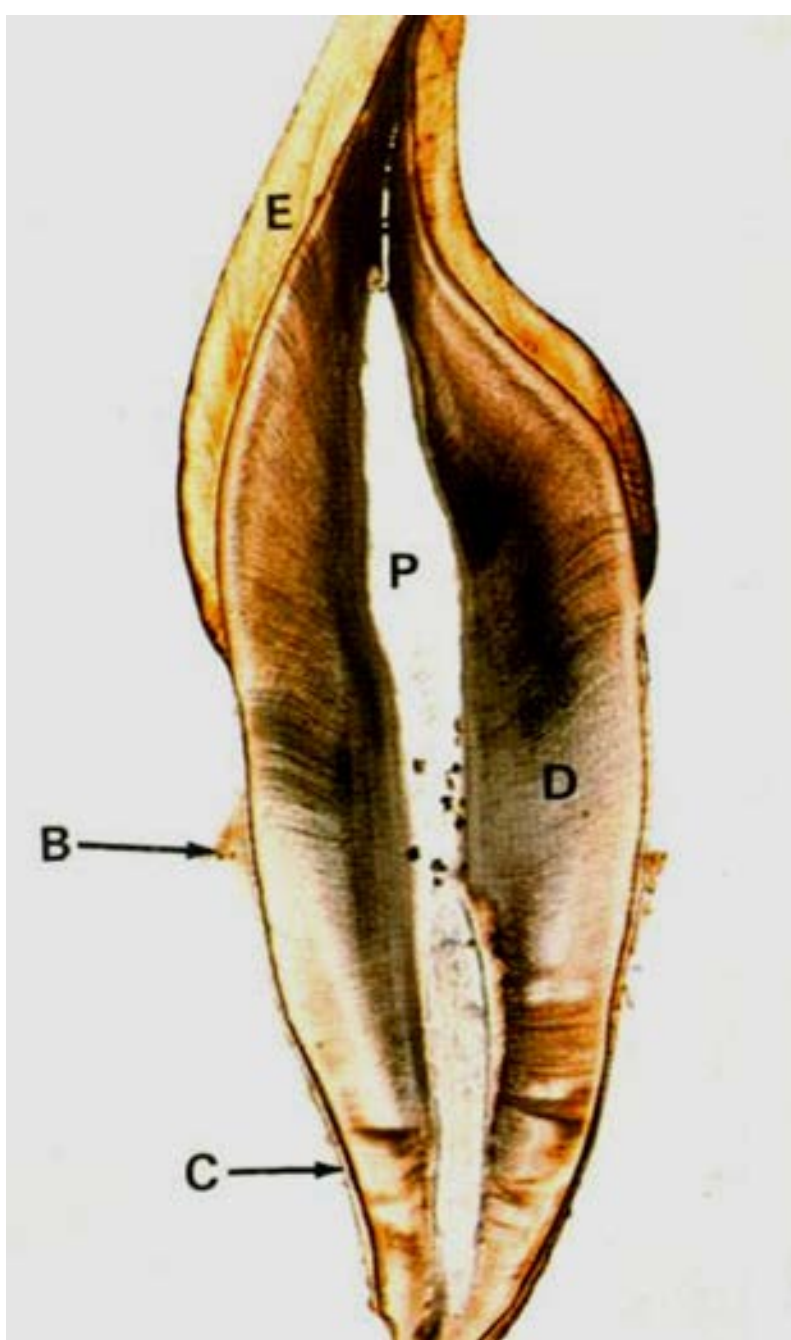
**Struktura** – úbytek buněk, přibývání vláken - přeměna v husté kolagenní vazivo

**Objem** – úbytek následkem ukládání sekundárního a terciárního dentinu a tvorby dentiklů

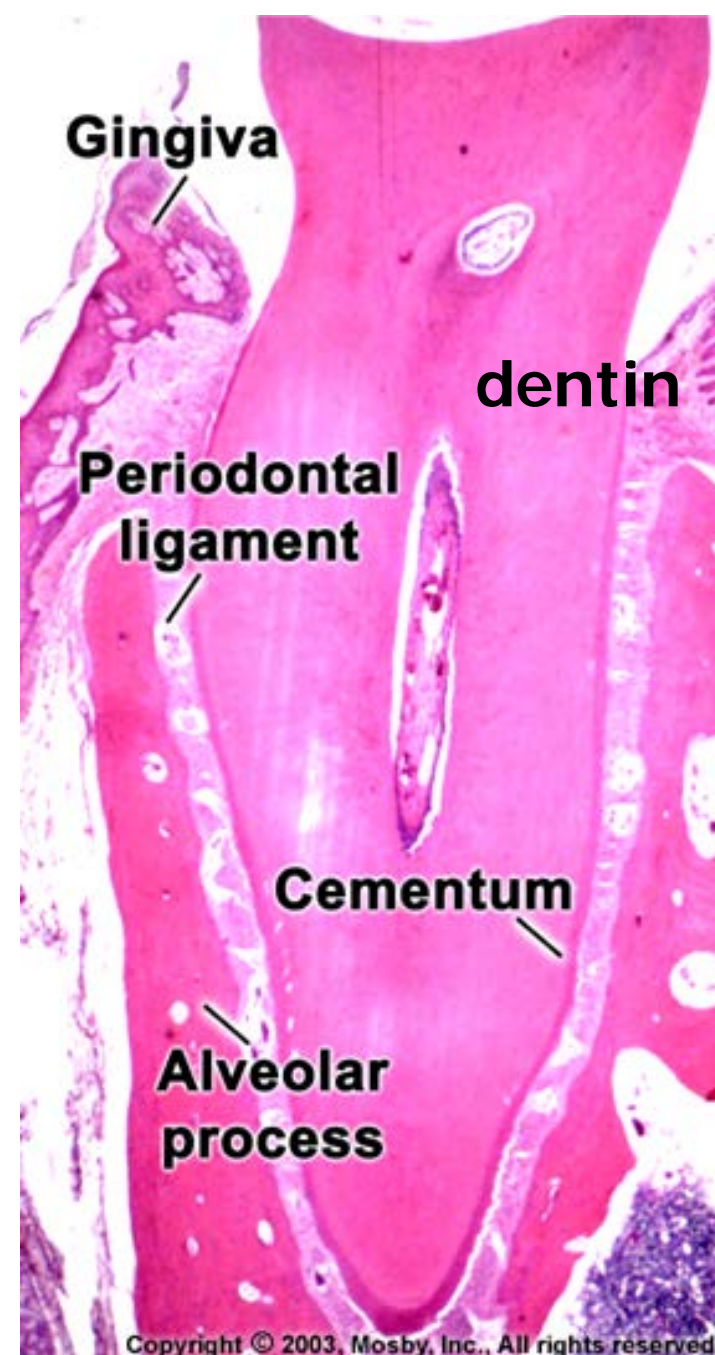








Podélný výbrus



Dekalcifikovaný řez

# Mikroskopická stavba dentinu, typy dentinu, klinický význam dentinu

Hlavní zubní hmota  
Obsahuje části živých buněk  
Nemá (kostní) lamely ani cévy  
Derivuje z ektomezenchymu

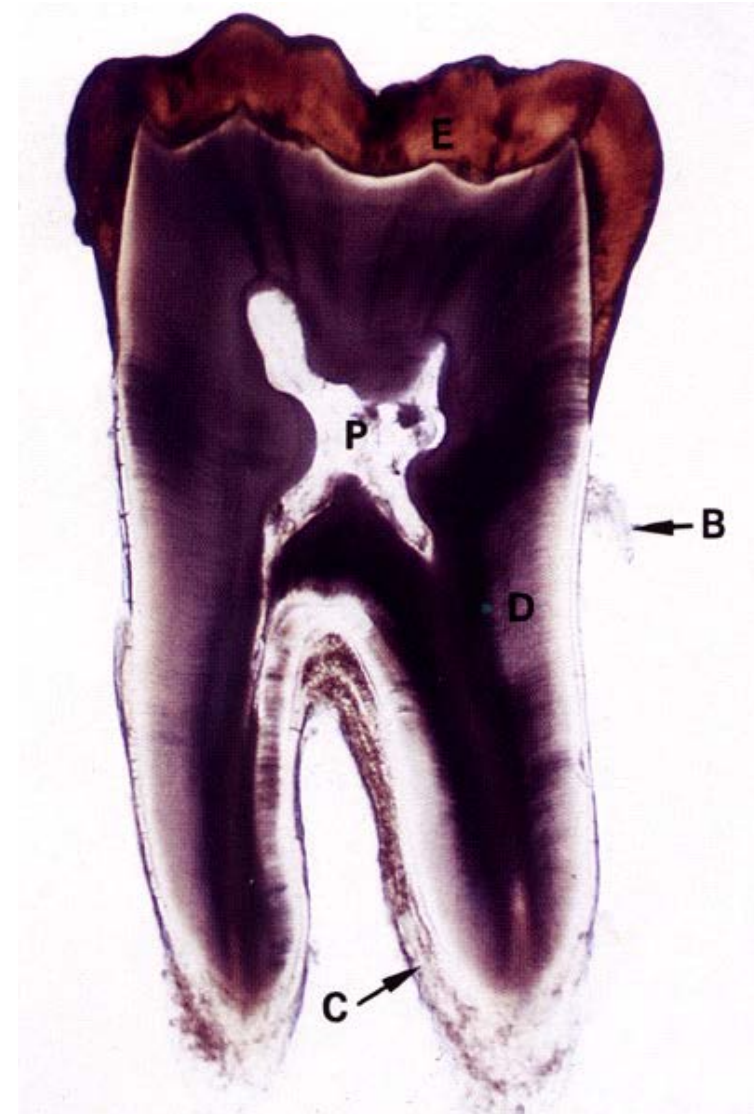
**Funkční i vývojové spojení s pulpou  
(dentino-pulpální komplex)**

## **Fyzikální vlastnosti**

Slabě nažloutlá barva (**slonová kost**)  
Tvrďší než kost a cement, ale měkčí než sklovina  
Index lomu **1,62** (stejný jako u emailu)  
Specifická hmotnost **2.14 g/cm<sup>3</sup>** (nižší)

**Pružný a permeabilní** (permeabilita klesá s věkem)

**Tloušťka 2-4 mm** (u dočasných zubů polovina)



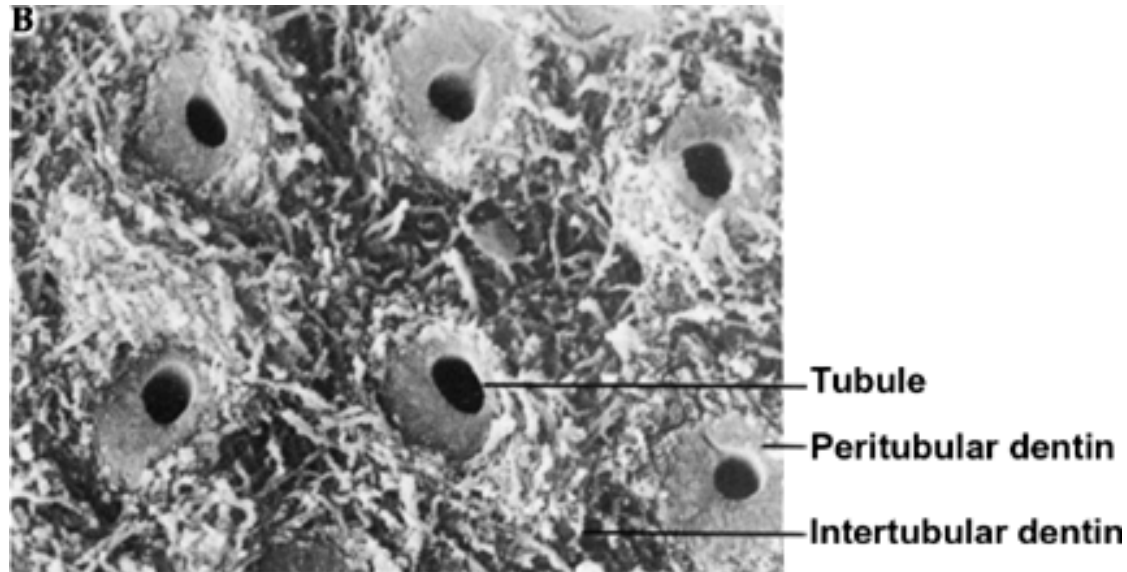
# Dentinová matrix

Složena z kolagenních fibril (kolagen typu I) seskupených do svazečků

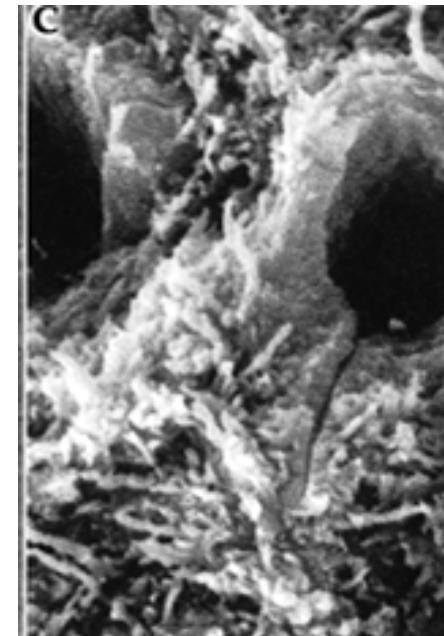
Vlákna probíhají rovnoběžně s povrchem zubu od hrotu kořene k vrcholu korunky (kolmo na průběh dentinových tubulů)

Základní hmota amorfní - glykosaminoglykany, proteoglykany a lipidy, impregnována krystalky hydroxylapatitu

**V dentinové matrix kanálků kolagenní vlákna chybějí**, obsahuje víc krystalů hydroxyapatitu, má kompaktní vzhled a je asi o 15 % tvrdší než matrix mezi kanálky



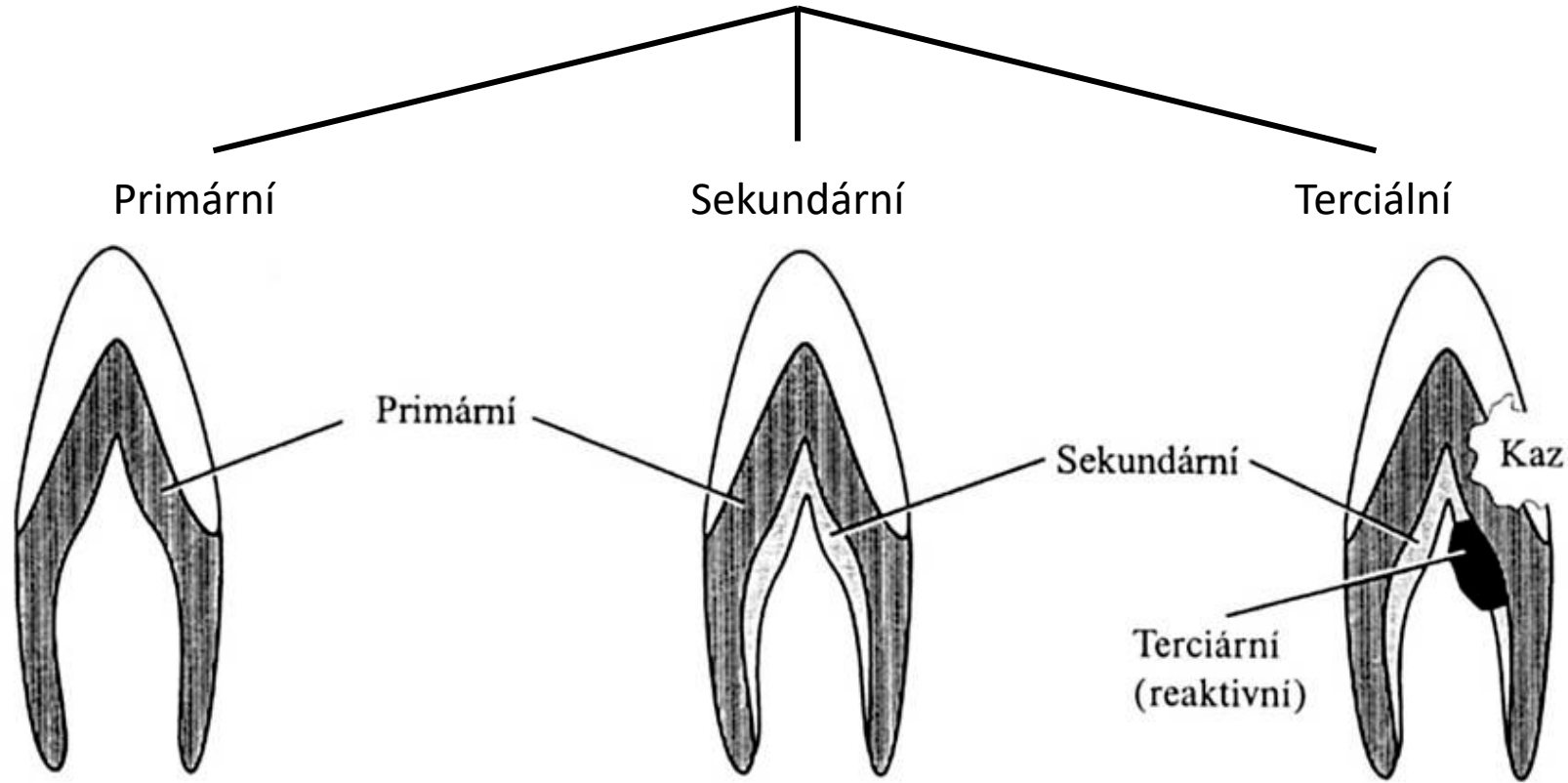
Copyright © 2003, Mosby, Inc., All rights reserved.



© 2003, Mosby, Inc., All rights reserved.



# Typy dentinu



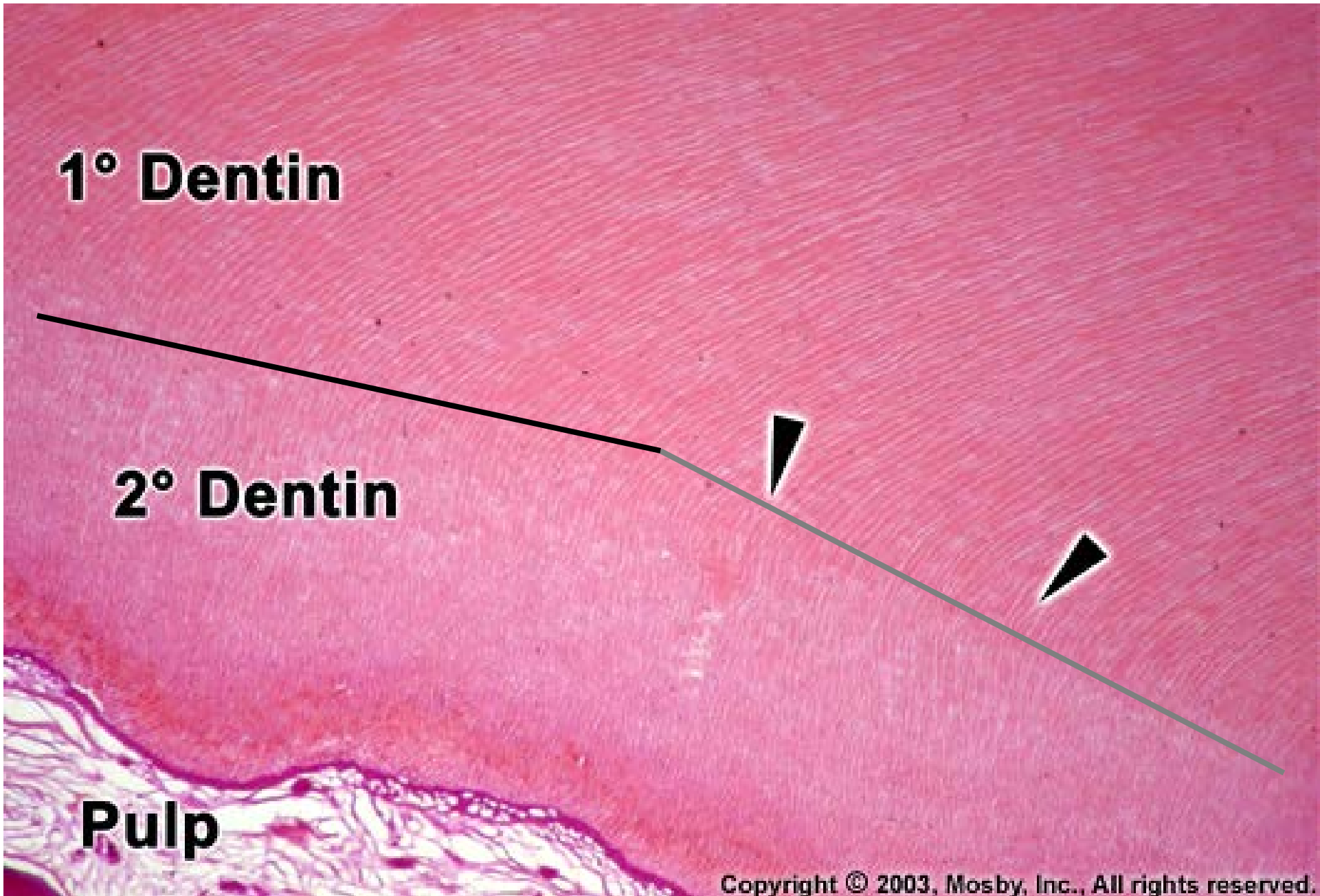
## Sekundární dentin

Ukládá se **po ukončení vývoje kořene**, když jejich korunky dosáhly okluzní roviny a zuby jsou funkčně zatěžovány

### Pouze u zubů trvalé dentice

Ukládá se pomalu a prakticky po celou dobu existence trvalého zubu, od primárního dentinu může být oddělen výraznější inkrementální linií

Důsledkem ukládání sekundárního dentinu je redukce dřeňové dutiny

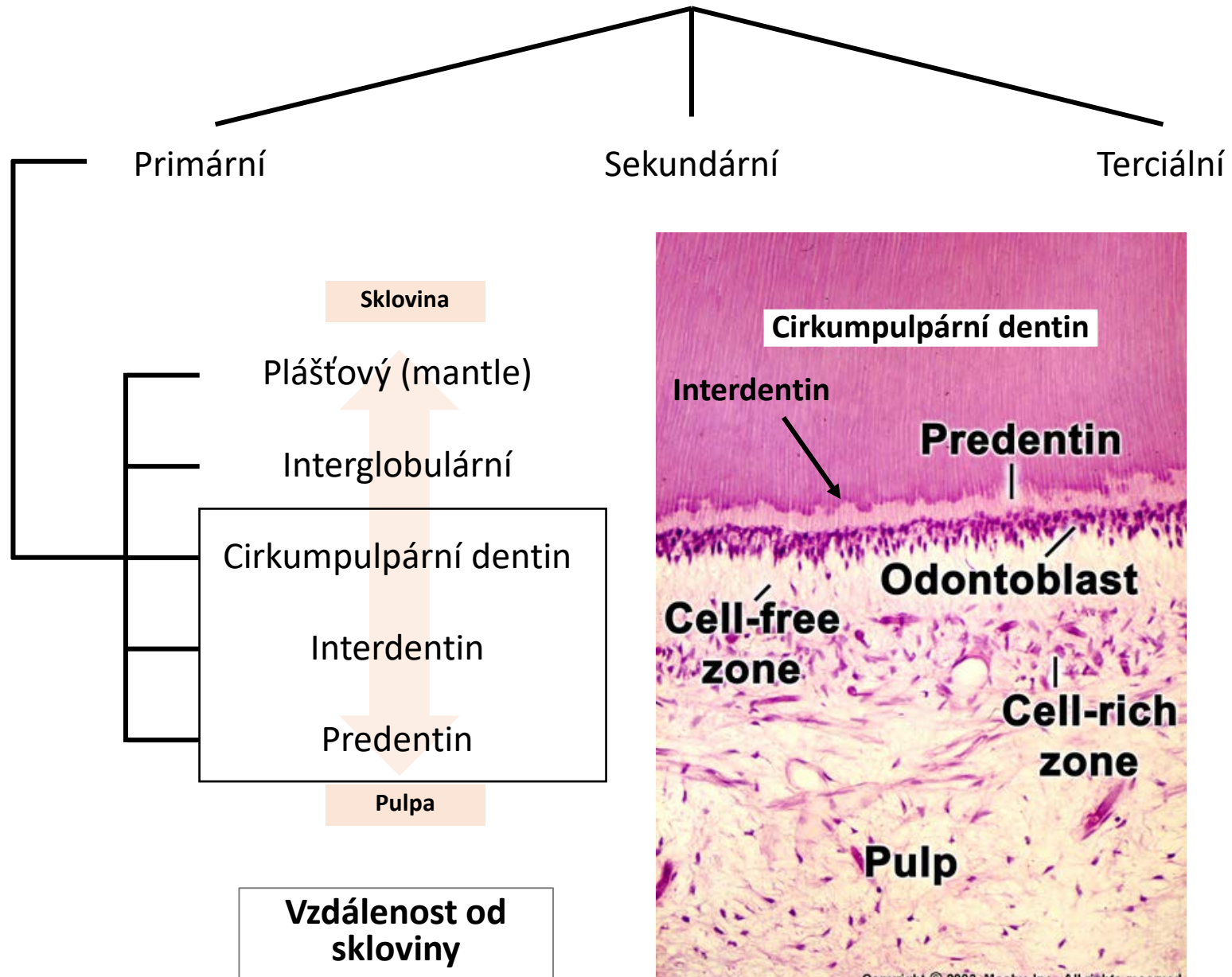


**1° Dentin**

**2° Dentin**

**Pulp**

# Typy dentinu





## Cirkumpulární dentin

90 % dentinu

Obsahuje dentinové tubuly

## Interdentin

Tenká zóna mezi cirkumpulárním dentinem a predentinem, kde končí/začíná mineralizace dentinu

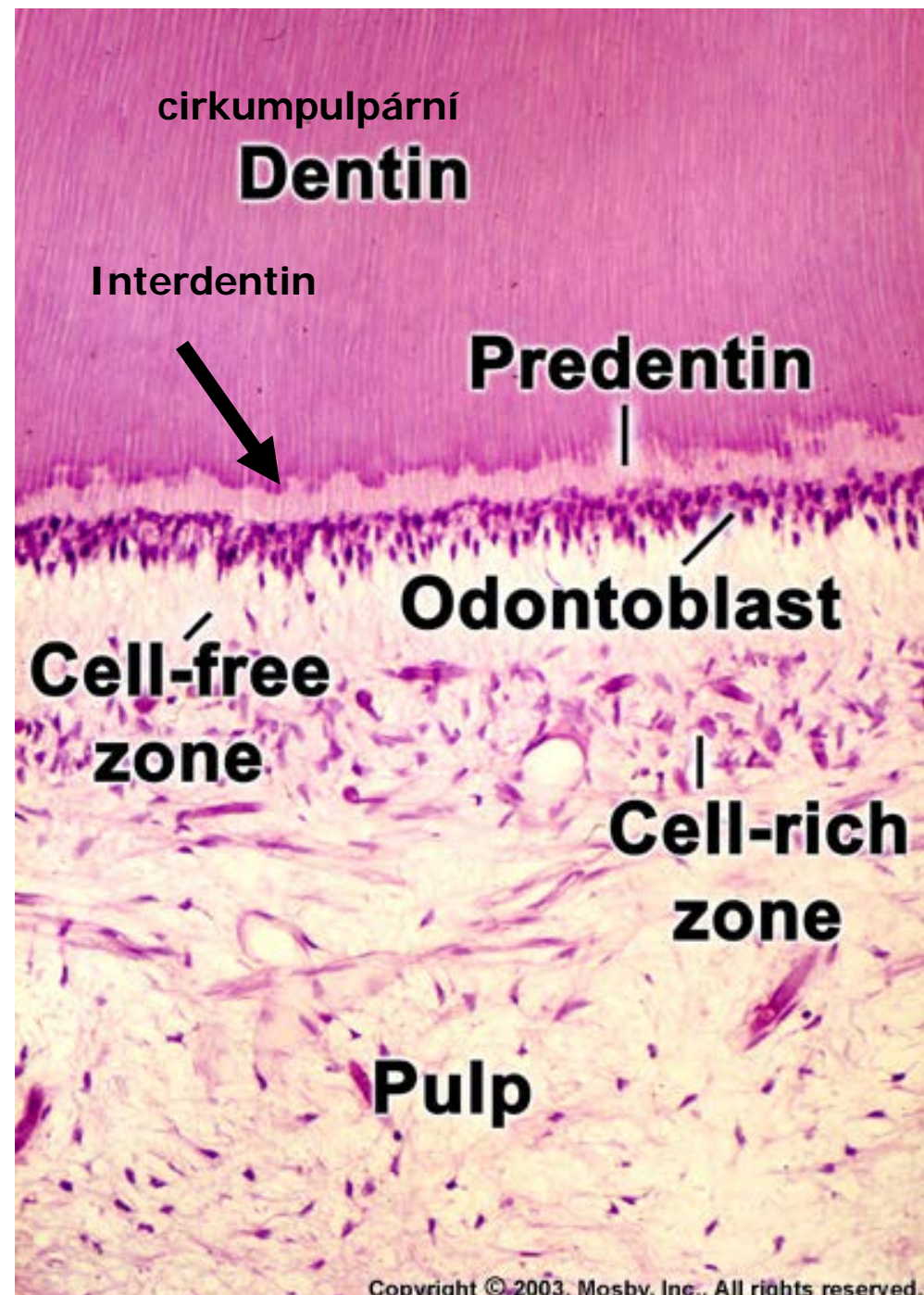
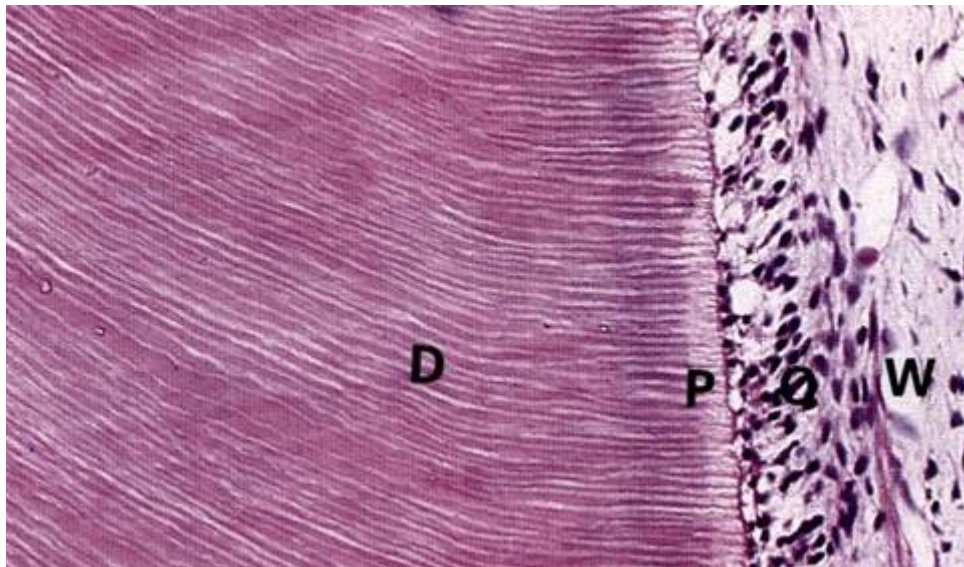
## Predentin (dentinoid)

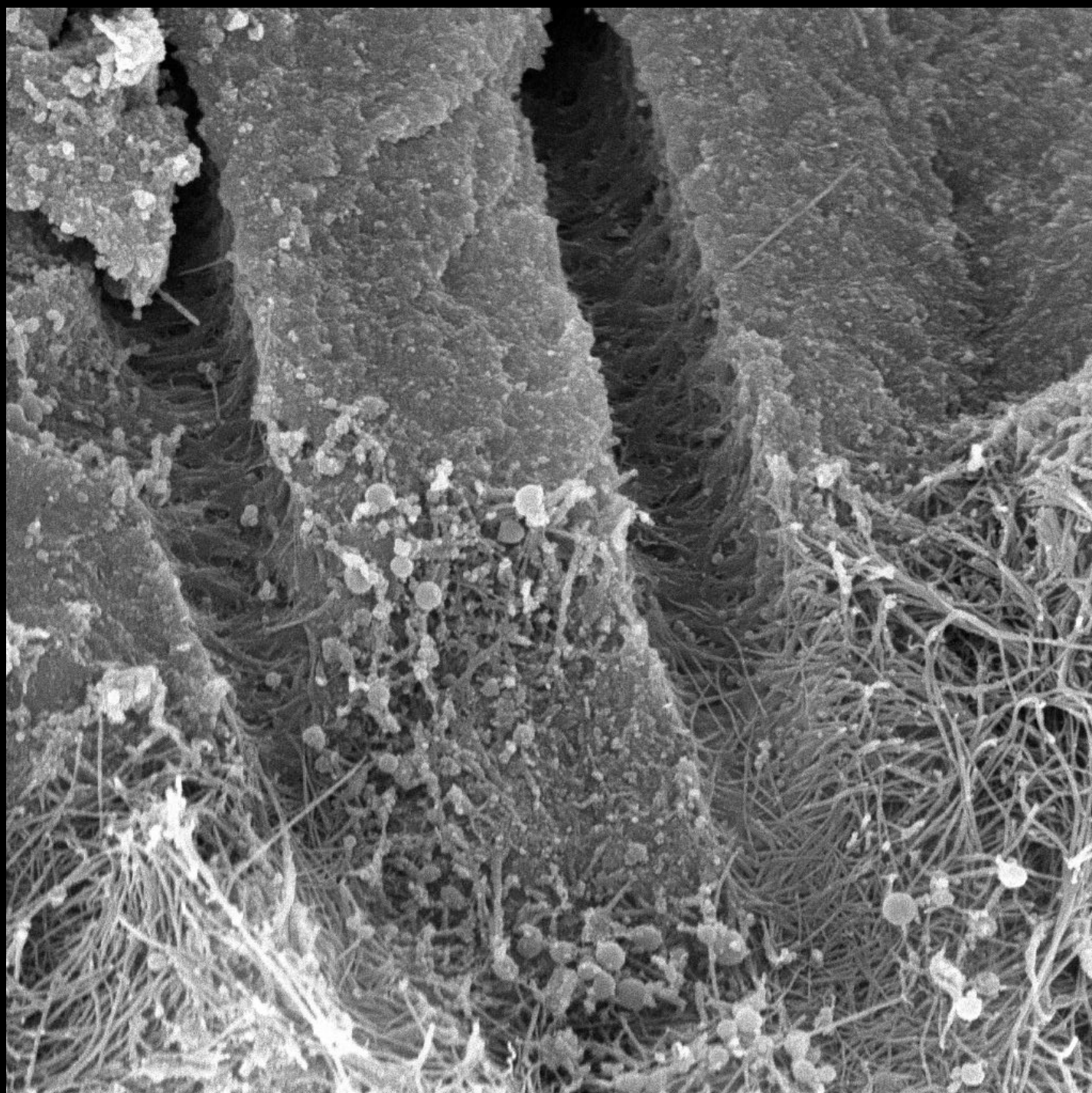
Nekalcifikovaná vrstva v blízkosti odontoblastů

U dočasných i trvalých zubů

Tvoří kolagenovou kostru pro mineralizaci

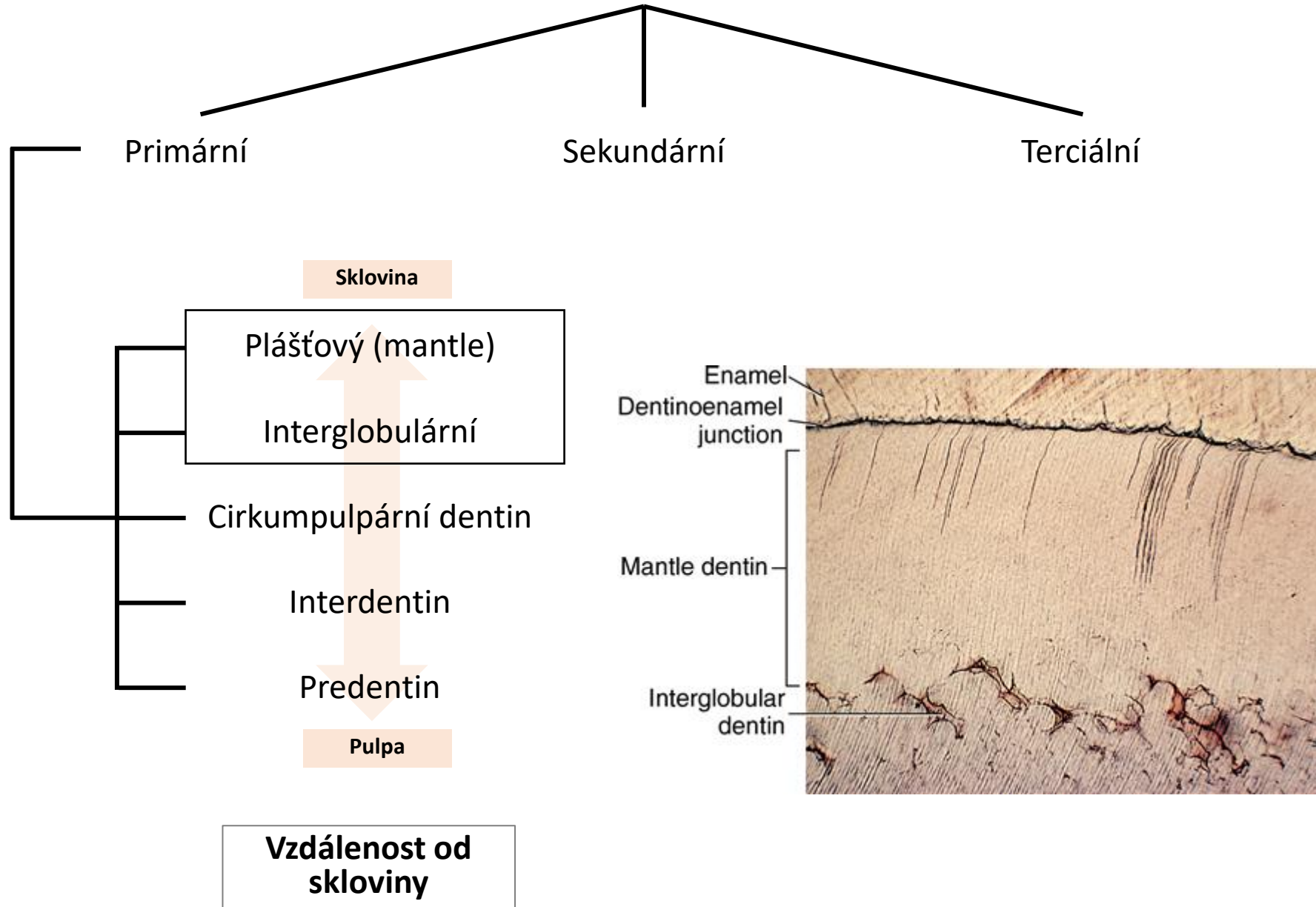
Na HE preparátech má růžové zbarvení







# Typy dentinu





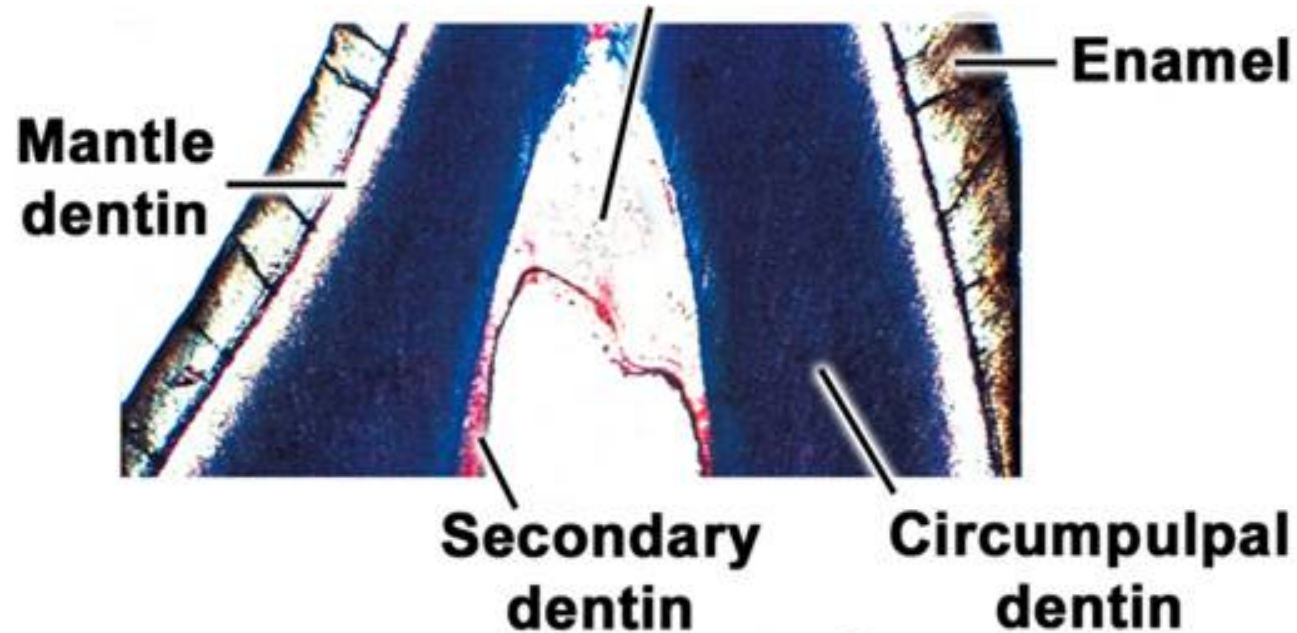
## Plášťový dentin

Prvně uložený dentin, **tloušťka asi 30 μm**

Proměnlivá mineralizace

Kolagenní vlákna orientována kolmo na povrch DEJ (tzv. Korffovy svazečky)

Končí v něm větvené terminální úseky dentinových tubulů s Tomesovými vlákny, tenší průsvit tubulů



Copyright © 2003, Mosby, Inc., All rights reserved.

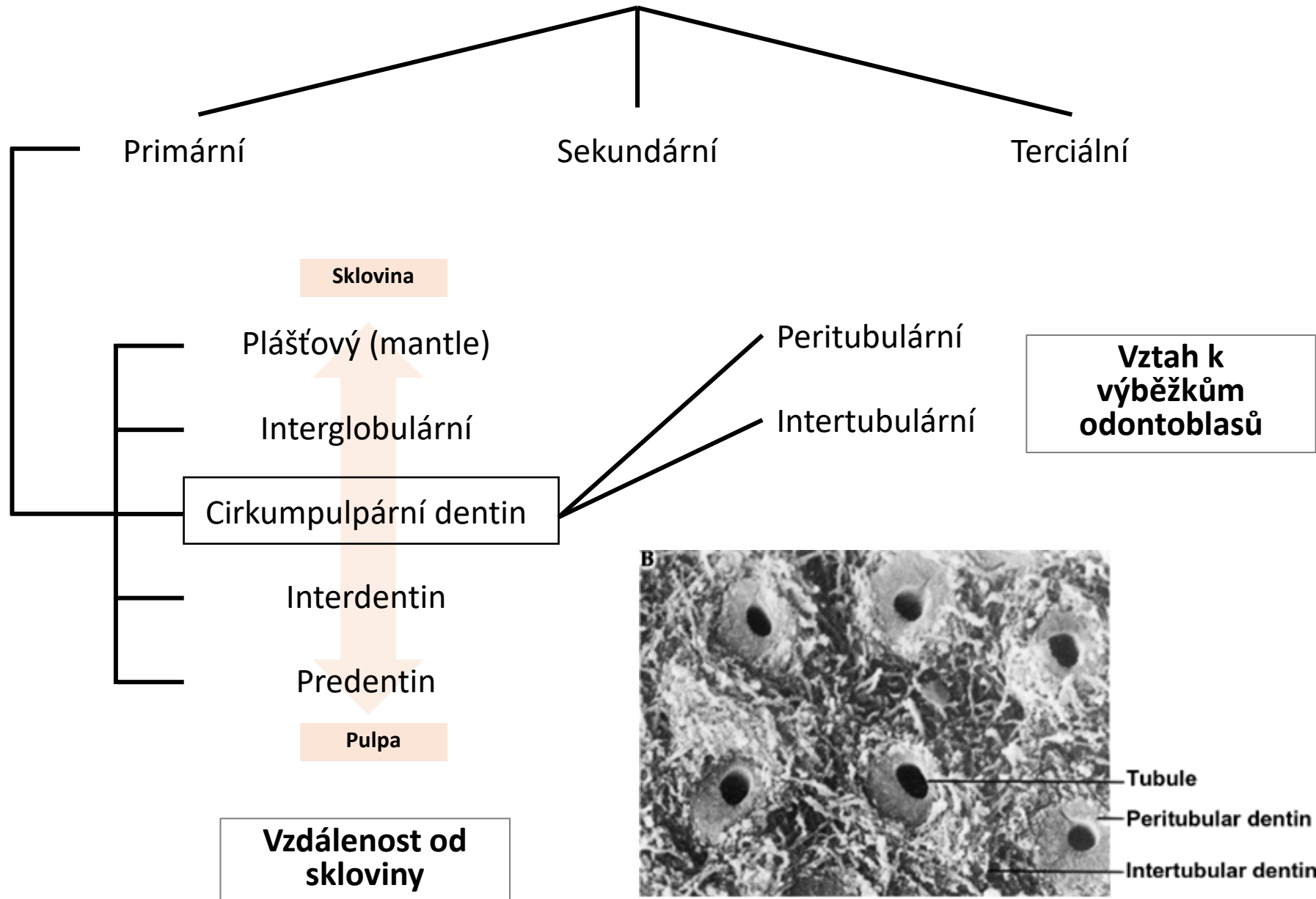
## Interglobulární dentin

Nedokonale zvápenatělý dentin na rozhraní plášťového a cirkumpulpálního dentinu

Nedošlo zde k fúzi dentinových globulí (kalcisférity)

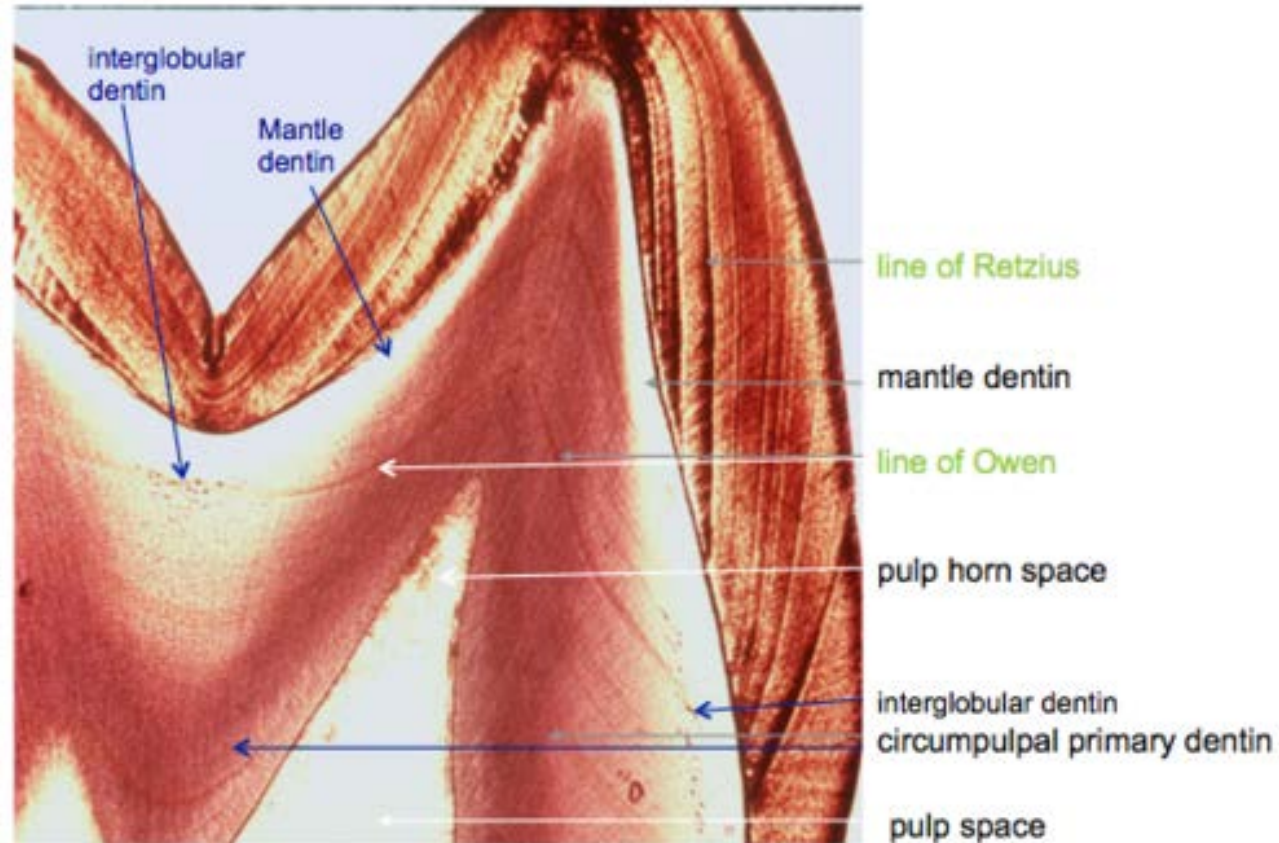
Na zubních výbrusech - podoba lakun a jemných zrníček

# Typy dentinu

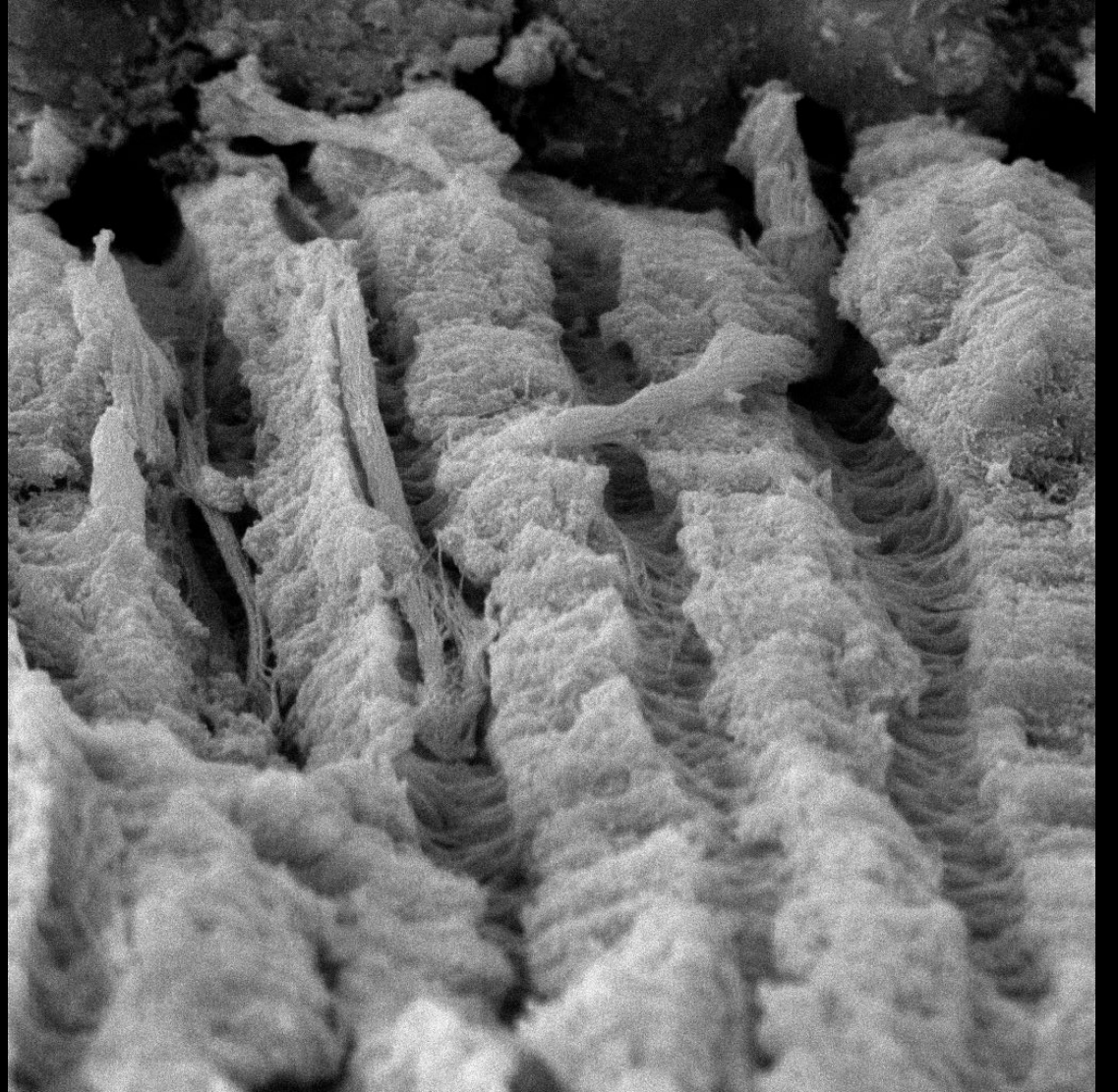
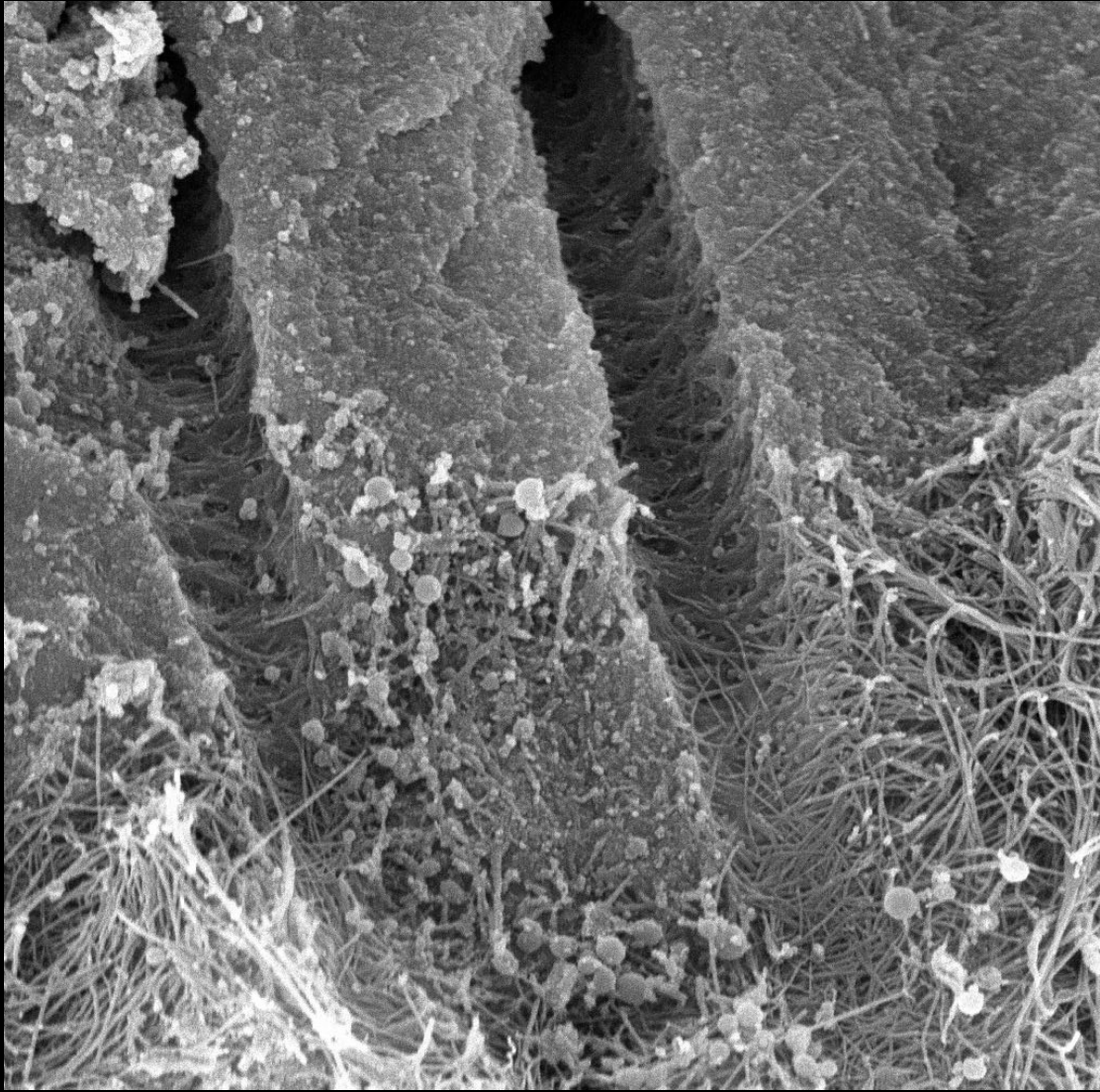


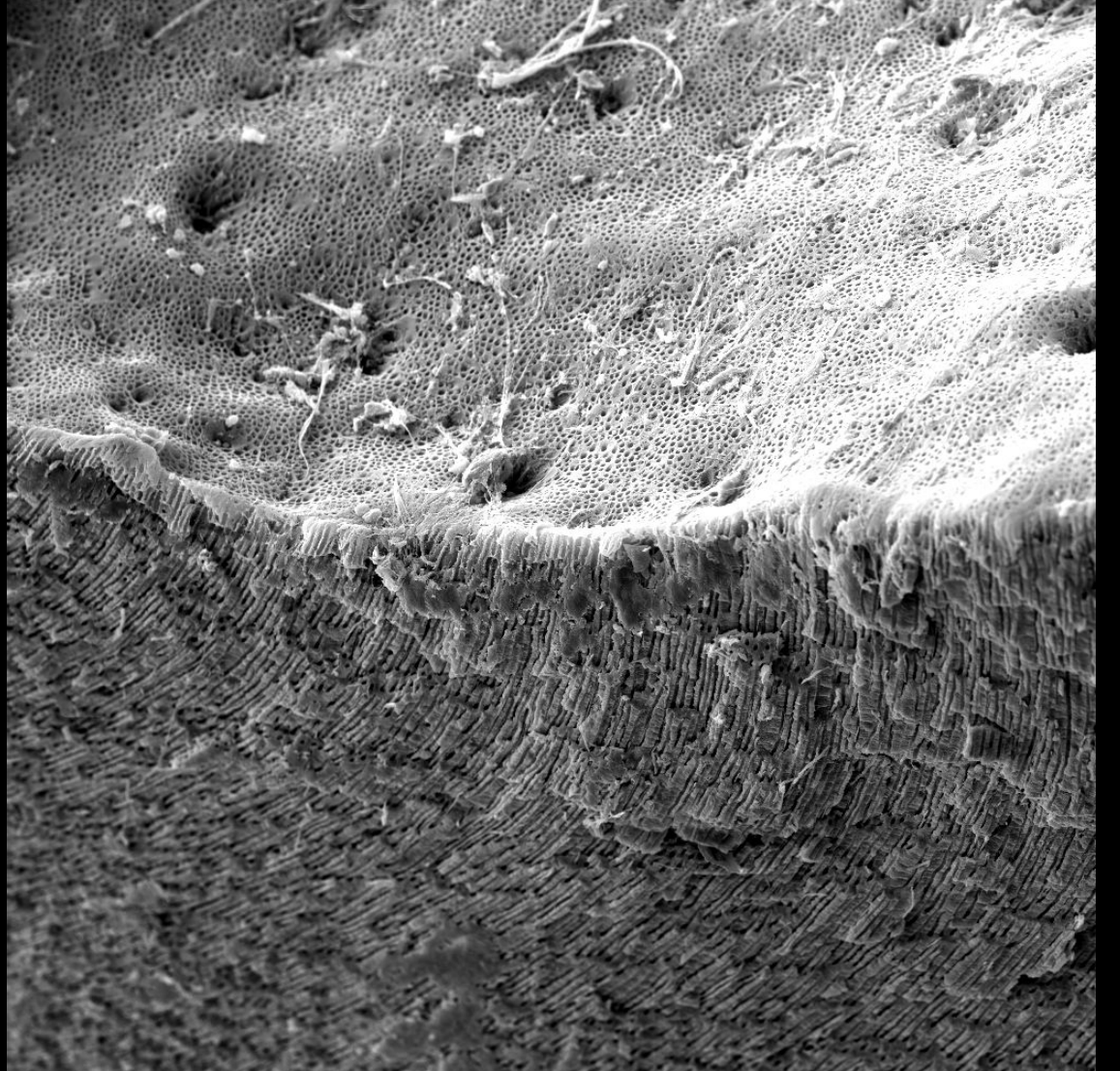
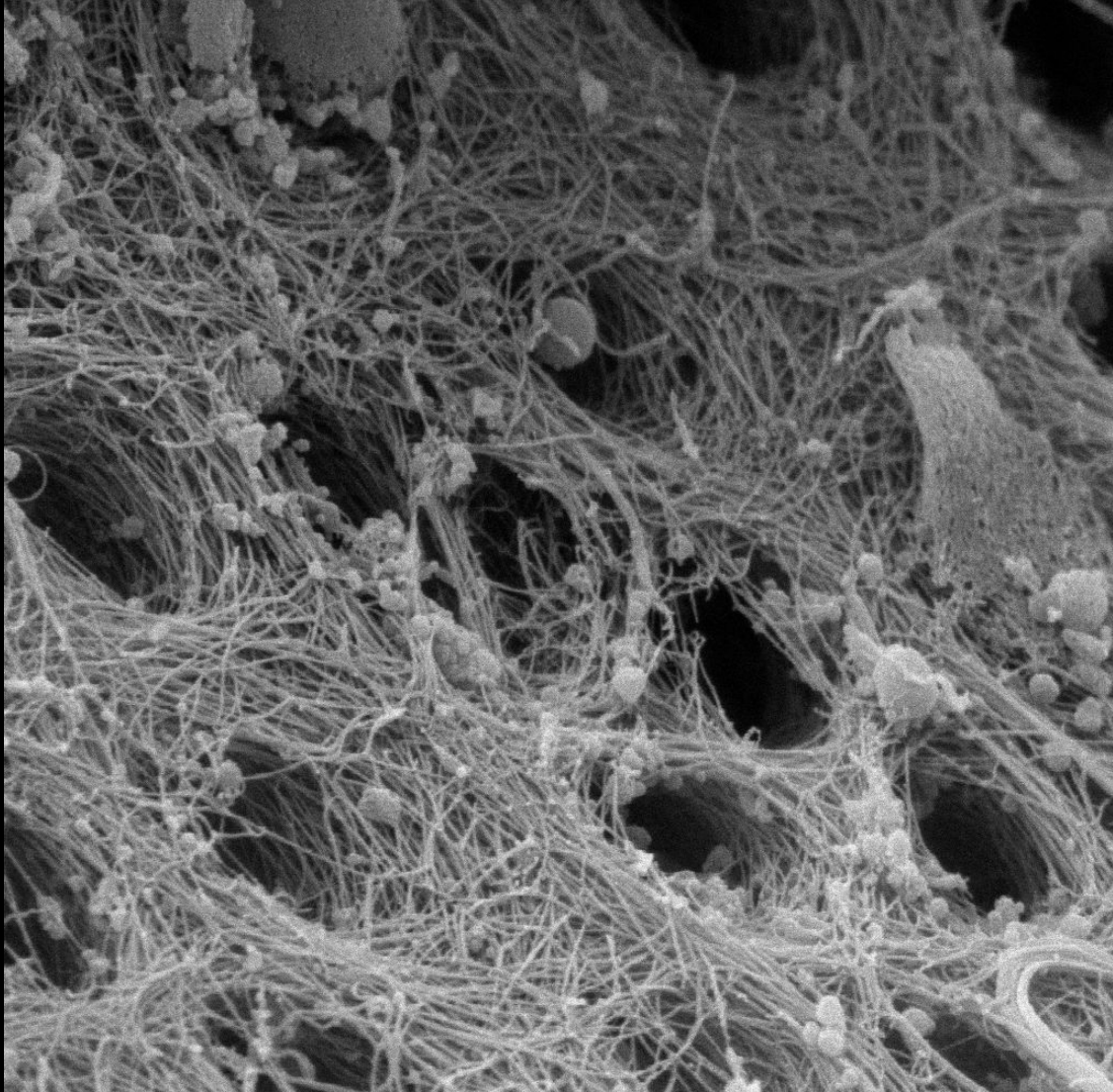
## Cirkumpulpální dentin (von Ebnerův)

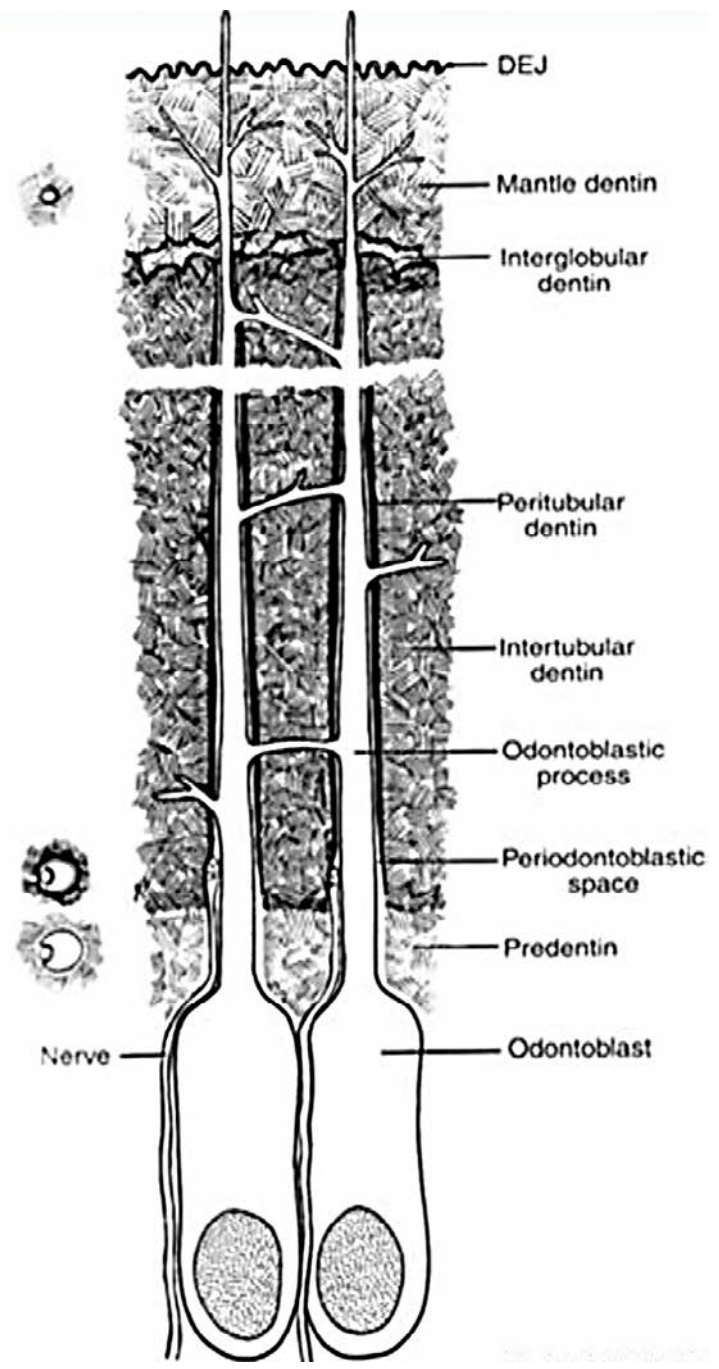
- Kolagenní vlákna probíhají šikmo až kolmo na průběh tubulů
- Mineralizace má *globulární charakter*.
- V této části dentinu se dentinové tubuly nevětví.





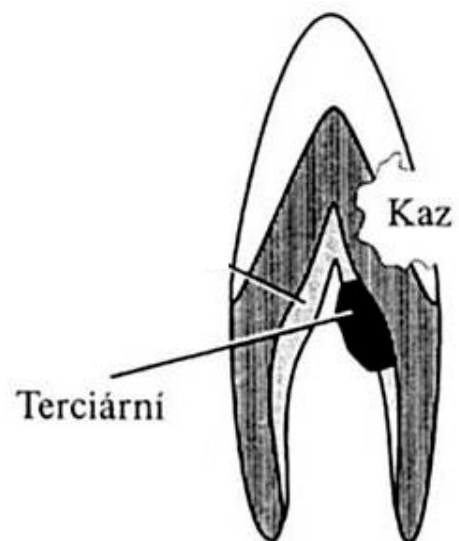
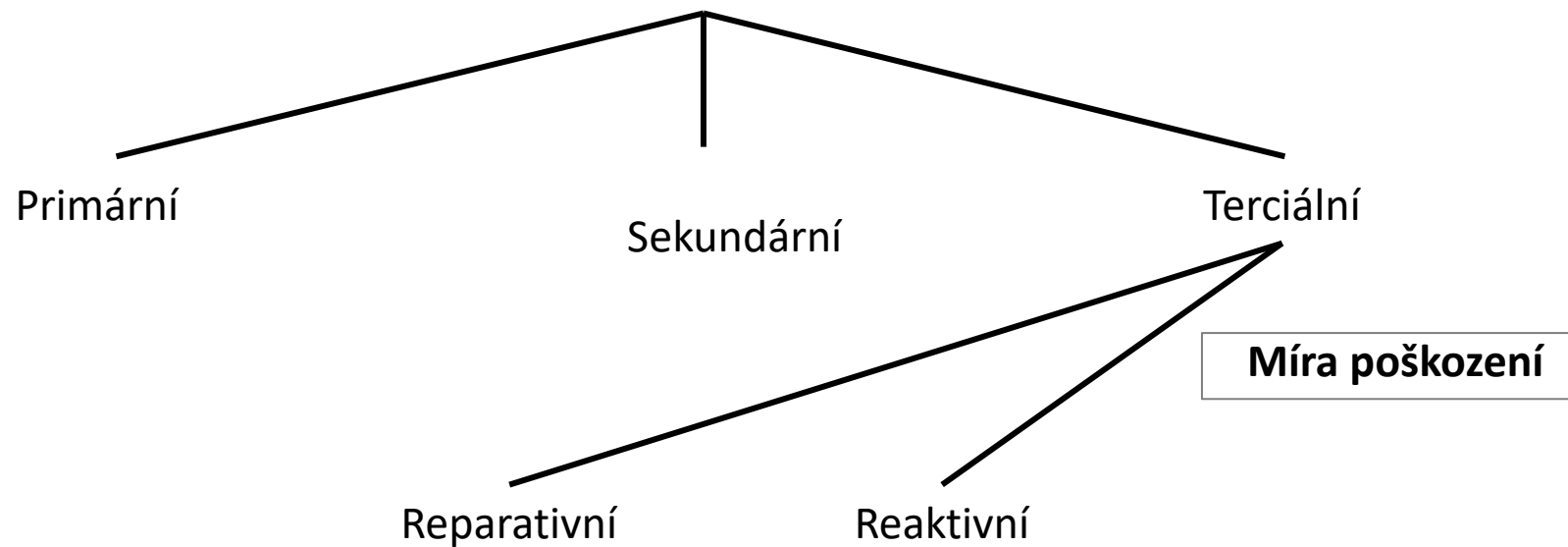




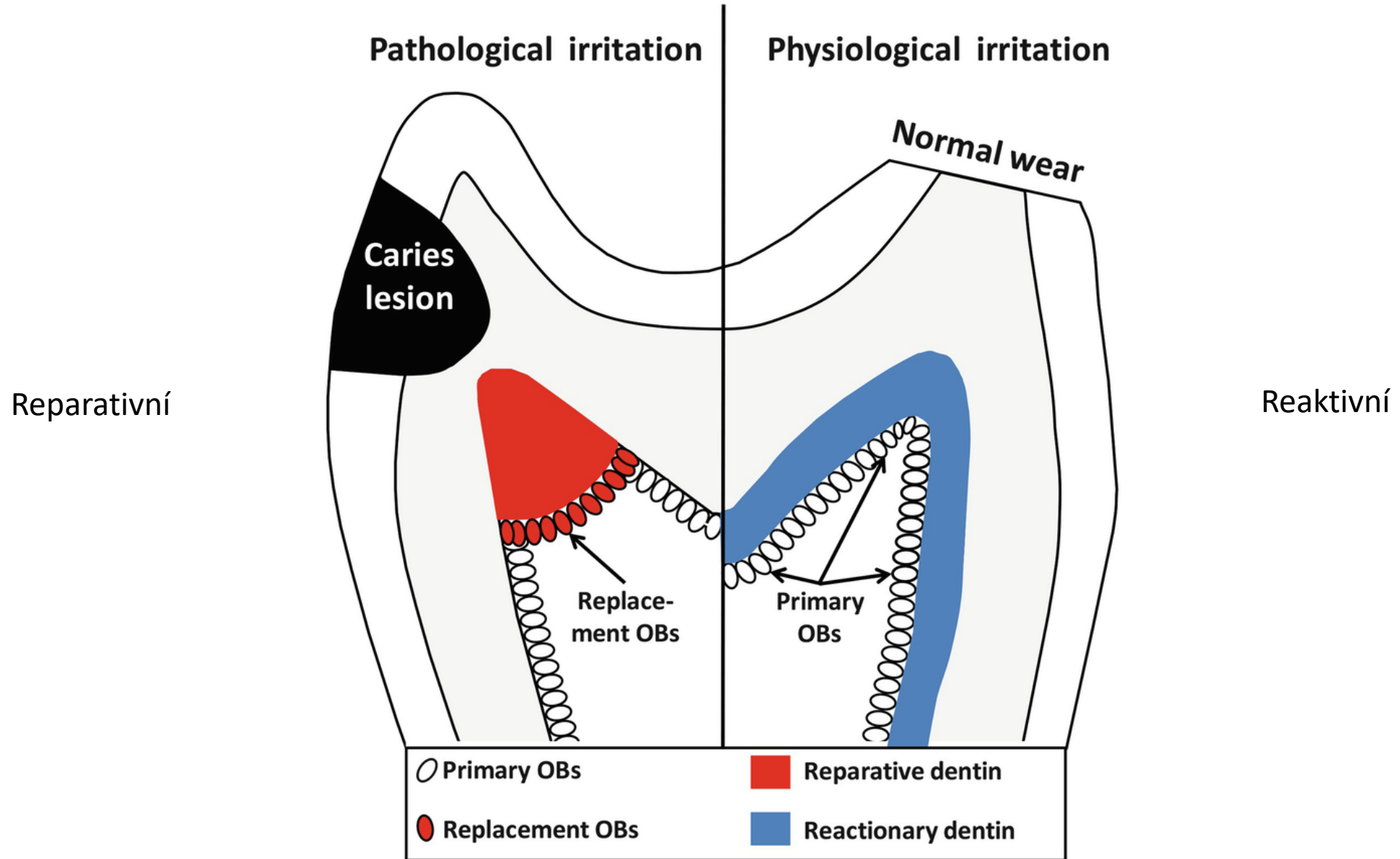




# Typy dentinu

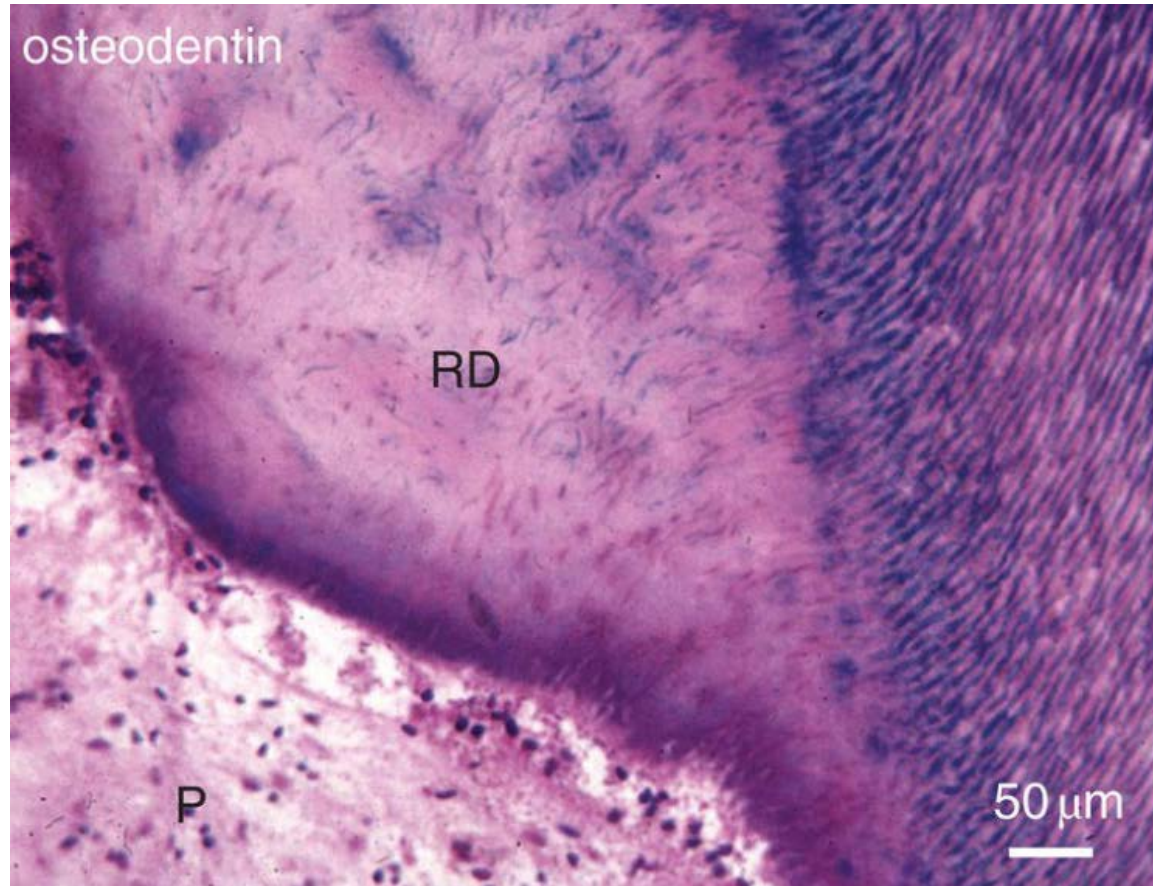


# Tertiary dentinogenesis



# Tertiary dentinogenesis

## Reparative<sup>?</sup> dentin



**Důvod tvorby:**

**Struktura:**

**Dentinové tubuly:**

**Dentin-produkující b.:**

**Buněčná těla:**

**Hlavní funkce:**

Reakce na větší poškození dentinu

Amorfní struktura

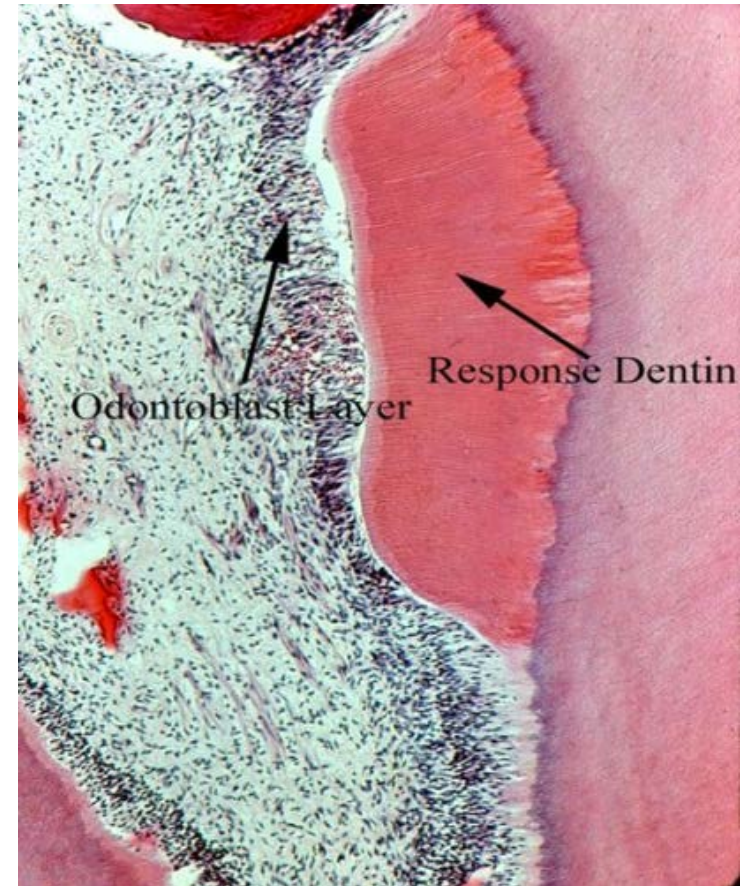
Nejsou

Nově diferencované z pulpy

V dentinu mohou být (osteodentin)

Ochrana před infekcí

## Reactionary<sup>?</sup> dentin



Stimuly menšího rozsahu

Uspořádaná

Jsou

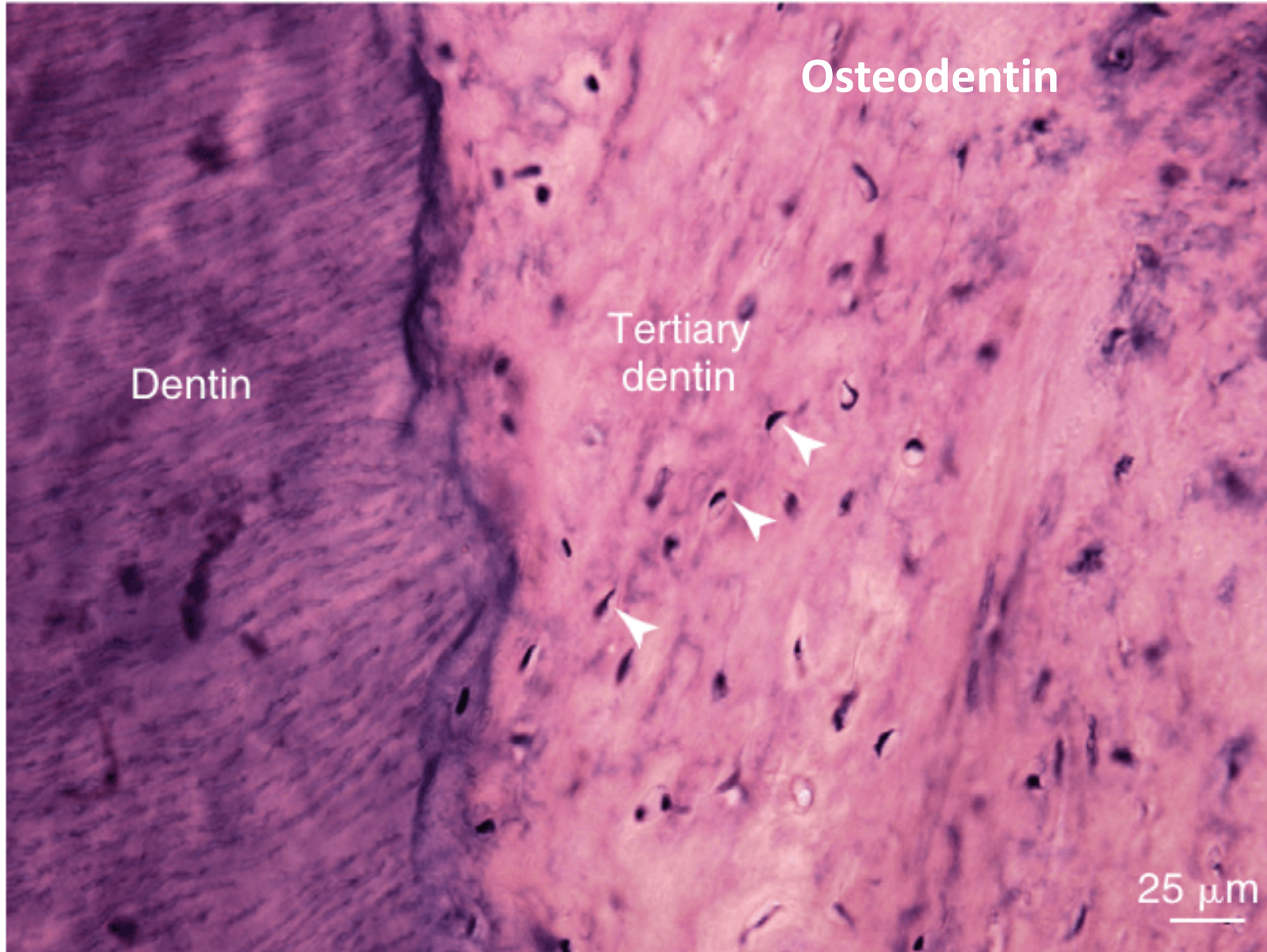
Odontoblasty

V dentinu nejsou

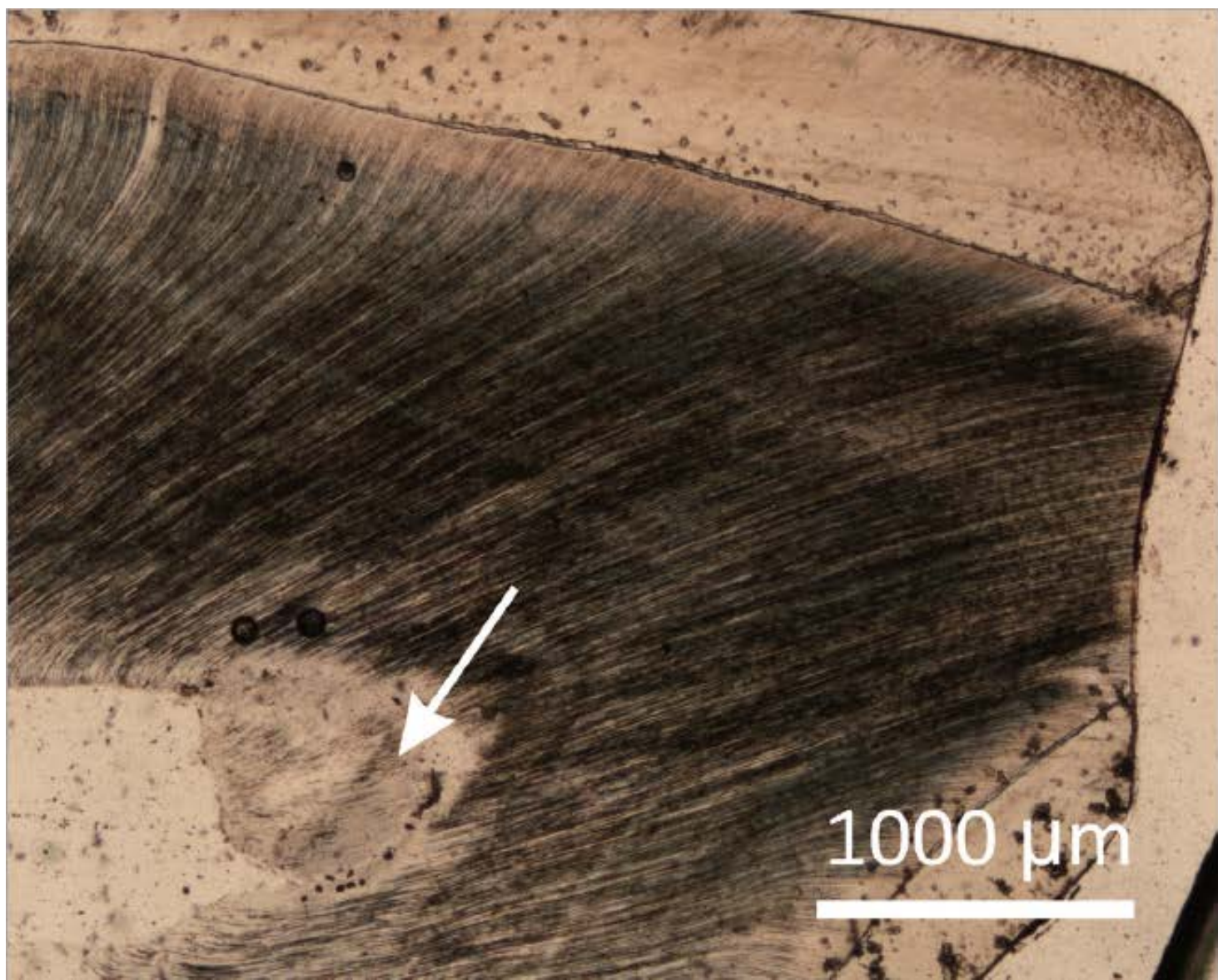
Zesílení stěny zubu



# Tertiary dentinogenesis







Histologický výbrus vysoce abradovaného horního dočasného špičáku v oblasti korunky a vrcholu dřeňové dutiny, kde se pod vlivem vnějších stimulů ukládá *terciární dentin*. Šipka ukazuje na **reakční dentin**, formu terciárního dentinu, která vzniká jako pomalá reakce zubu na poškození atricí/abrazí. Jako rychlá odpověď při poškození zubu kazem se vytváří *dentin reparační*. Foto: AH

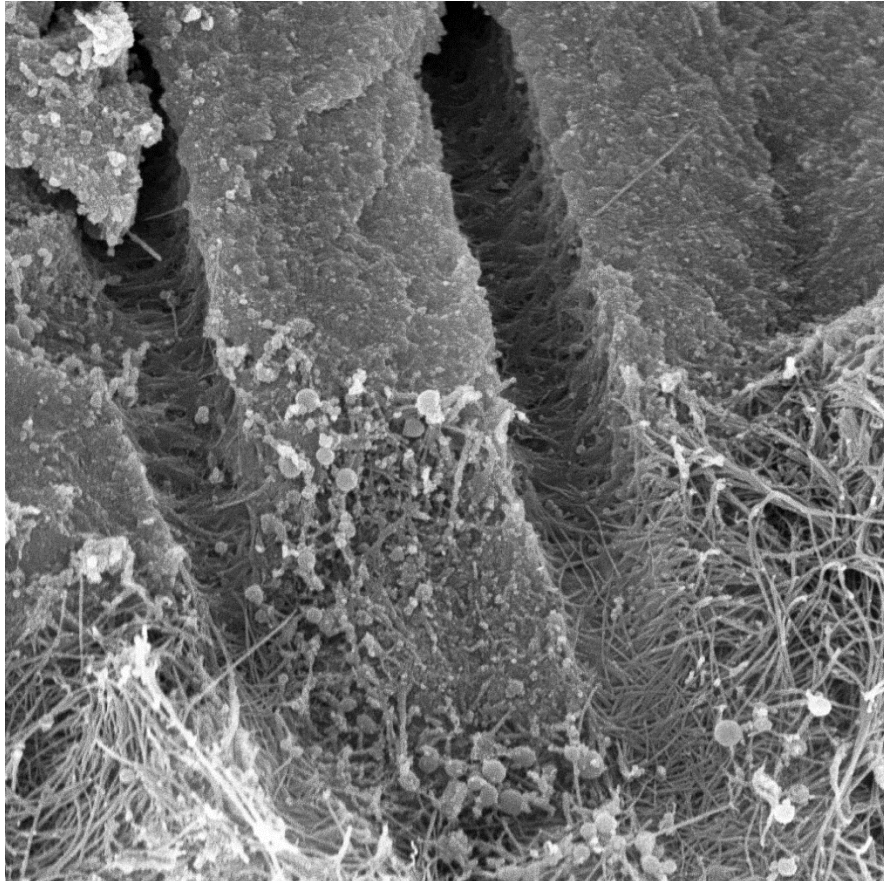
# Chemické složení

Anorganická část  
70 %

Voda  
10 %

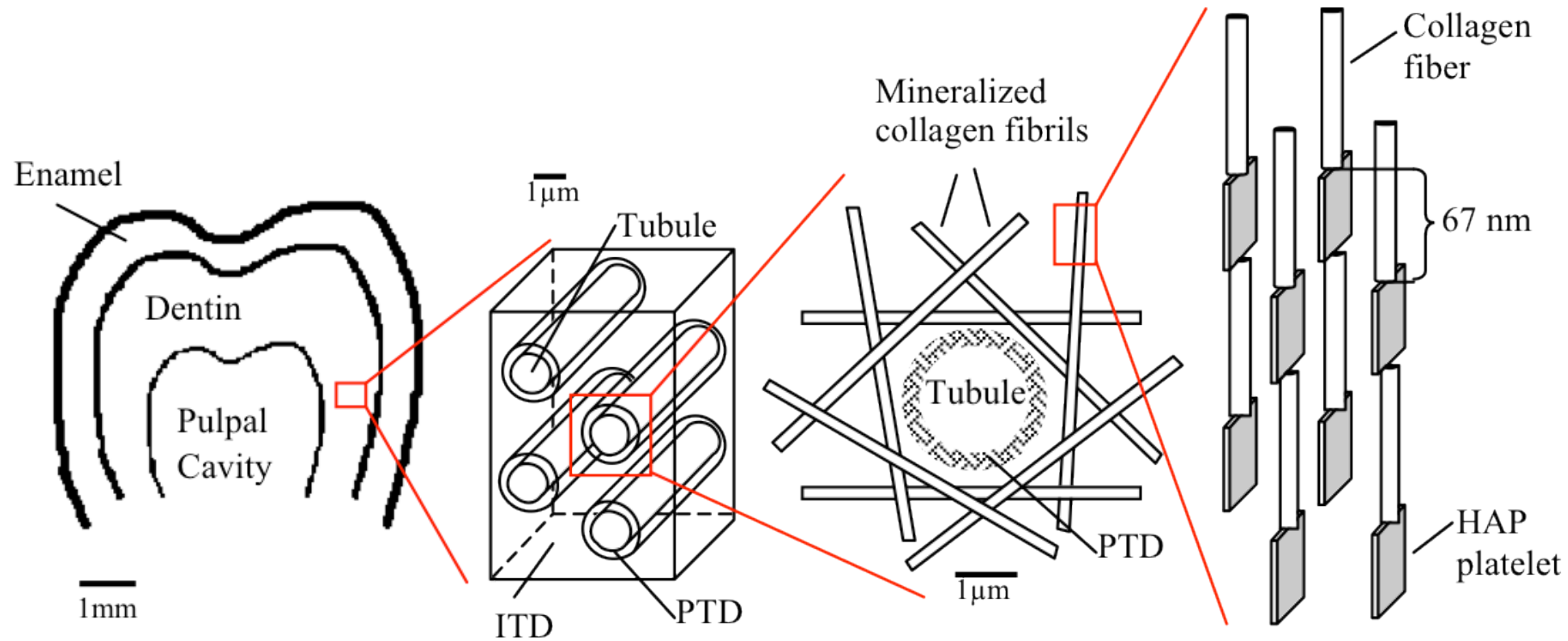
Organická část  
20 %

- Krystaly hydroxylapatitu
- Krystaly jsou menší než ve sklovině
- Přiloženy ke kolagenním vláknům



- **Kolageny** - kolagen I, stopově III a V (90 %)
- **Nekolagenové proteiny** (8 %)
  - a) Fosforiny - donory Ca a fosfátů, kontrola růstu krystalů
  - b) Gla-proteiny (gama-karboxyglutamát proteiny, kyselý charakter) + glykoproteiny (osteonektin, osteopontin, sialoprotein I a II) - přenašeče vápníku, růst krystalů
  - c) Proteoglykany - kontrola růstu krystalů
- **Fosfolipidy** (2 %)





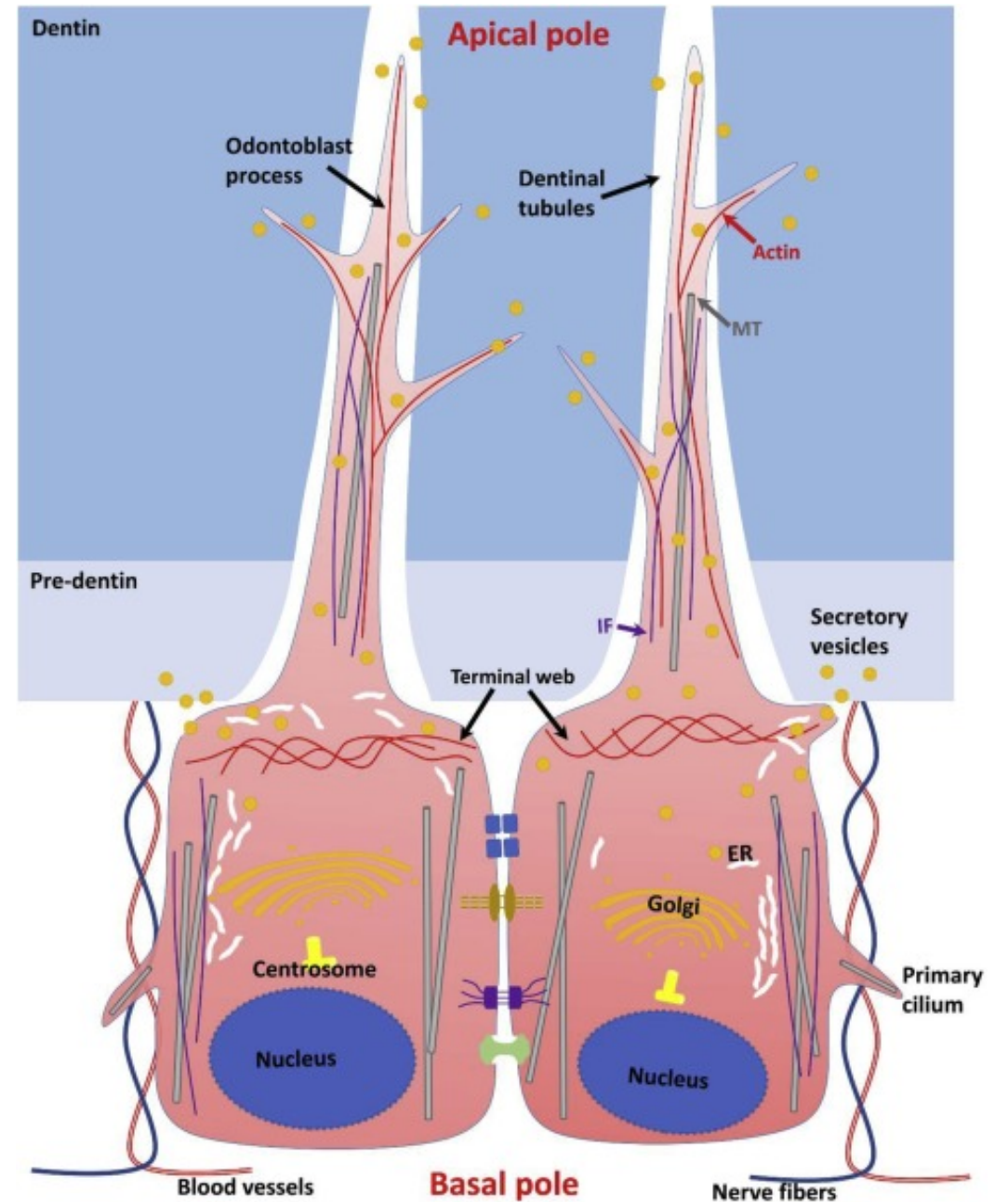
# Spojovací komplex

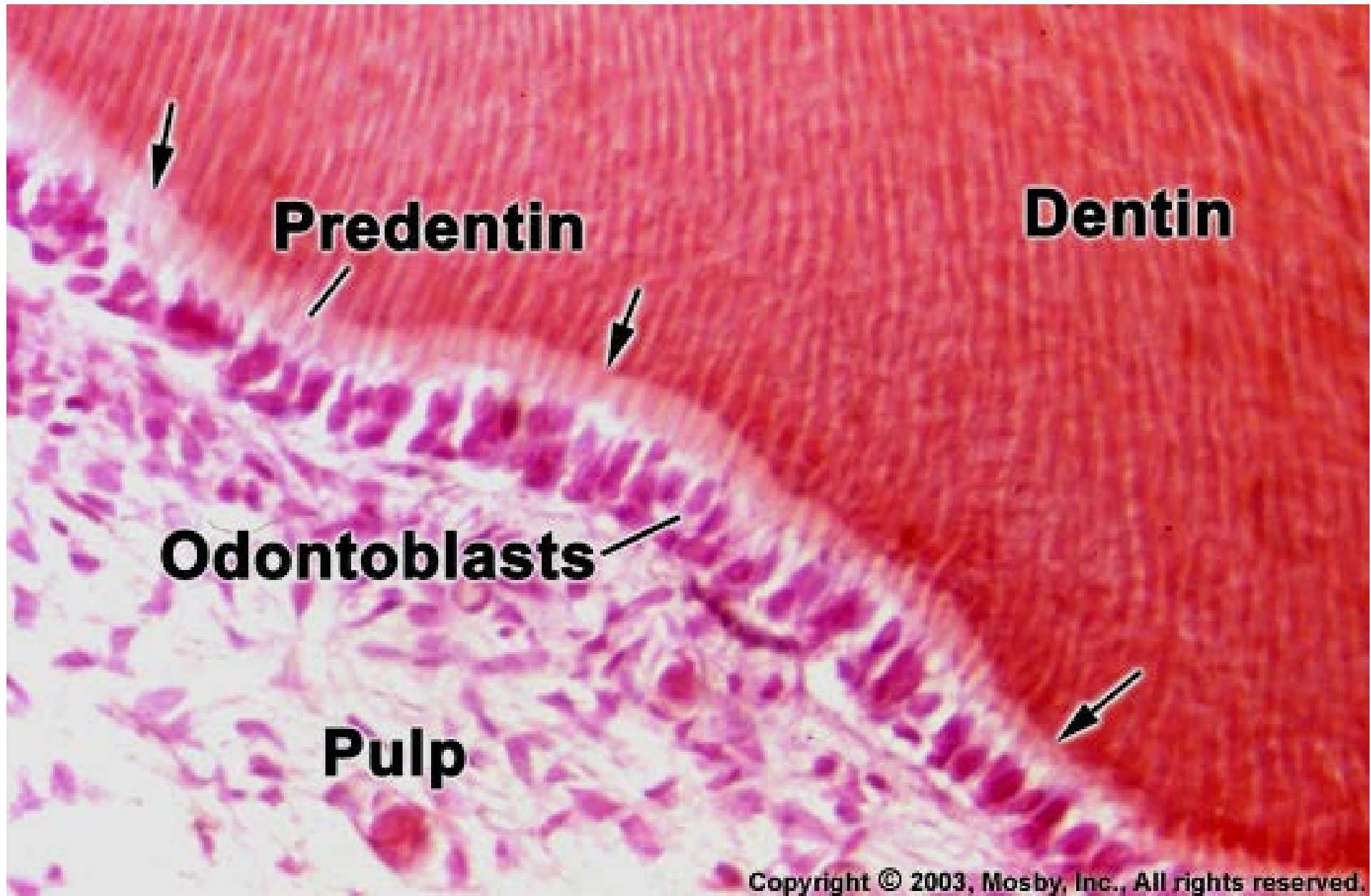
Mezi apexy odontoblastů jsou četné spojovací komplexy:

Tight junctions, Gap junctions, Desmozomy - synchronizace činnosti odontoblastů

Nad spojovacími komplexy se apex zužuje a přechází v tenký a dlouhý výběžek s krátkými bočními větvemi - Tomesovo vlákno

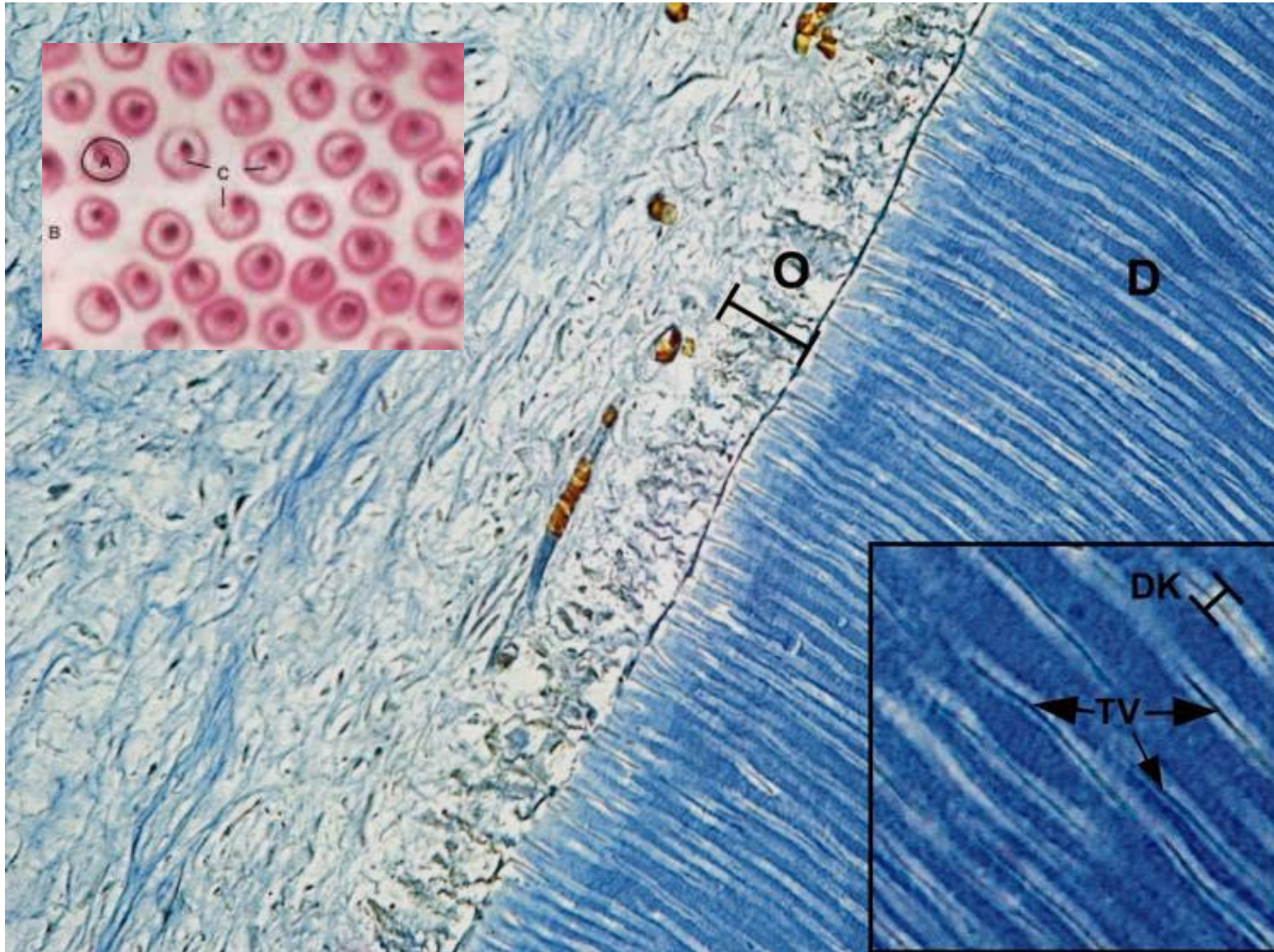
Může být přítomen i bazální výběžek





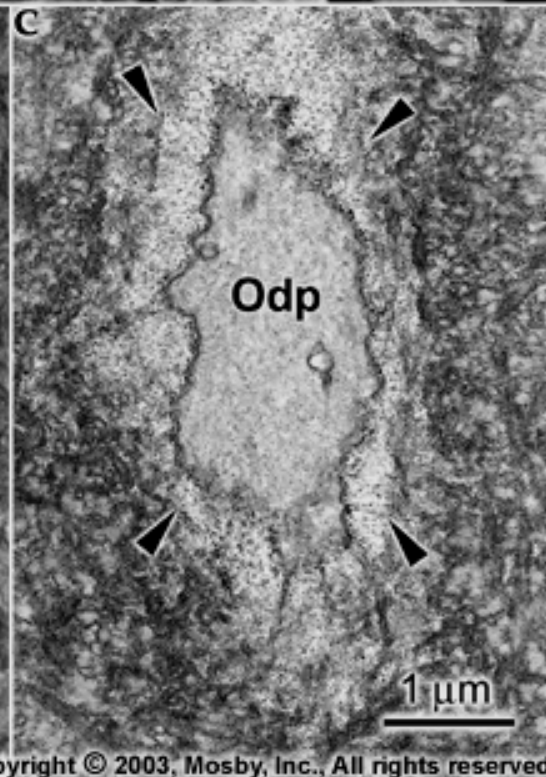
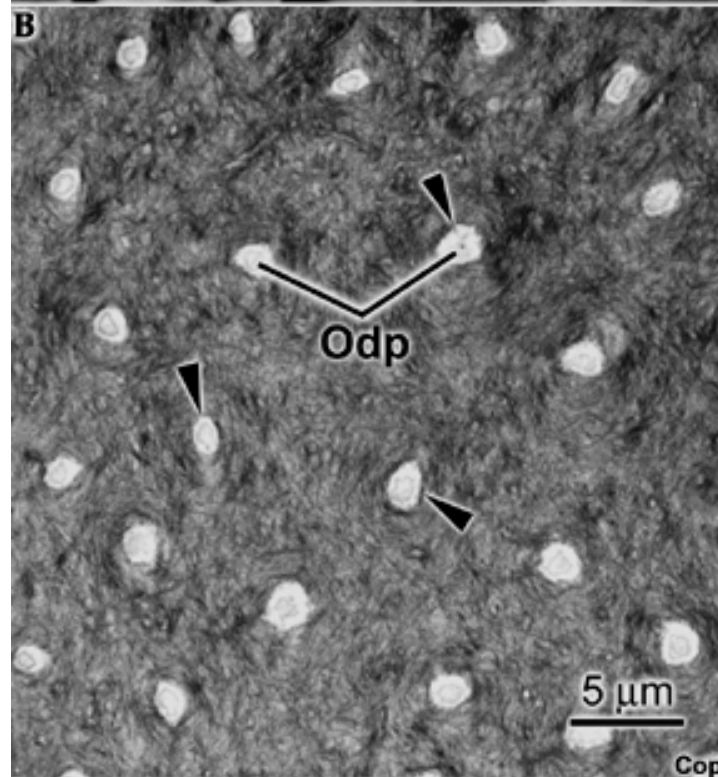
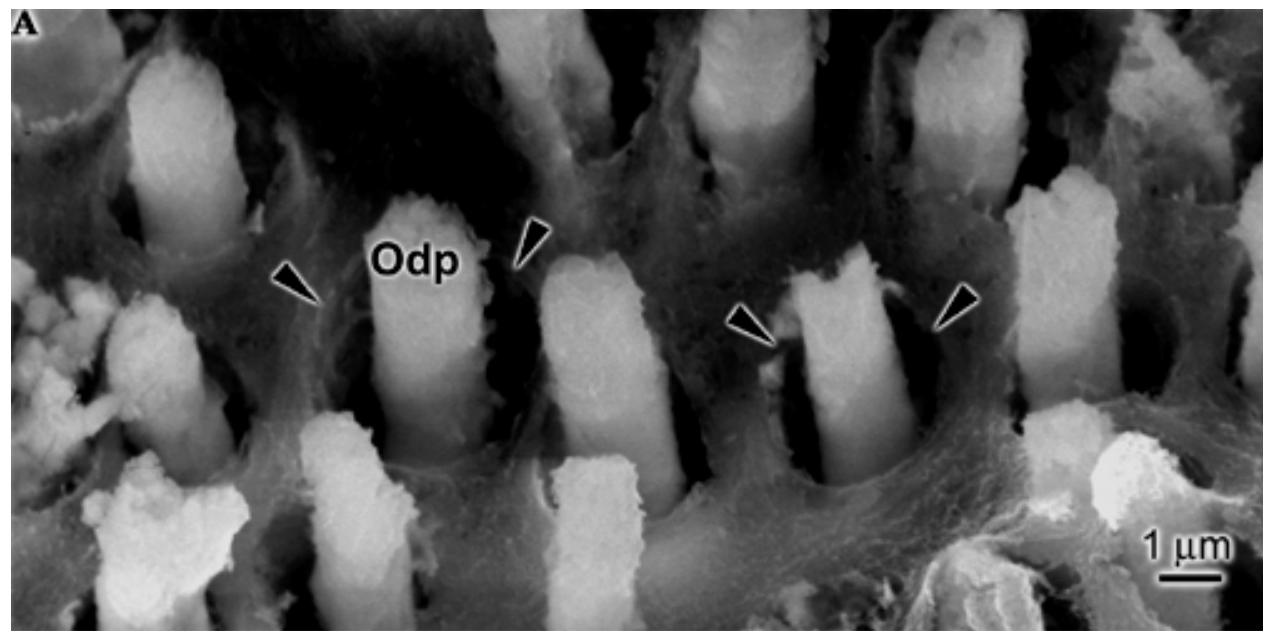


Každé vlákno je uloženo v kanálku - **Dentinový kanálek** (tubulus)



D-dentin, DK-dentinové kanálky, TV-Tomesova vlákna, O-odontoblasty, Pu-pulpa.

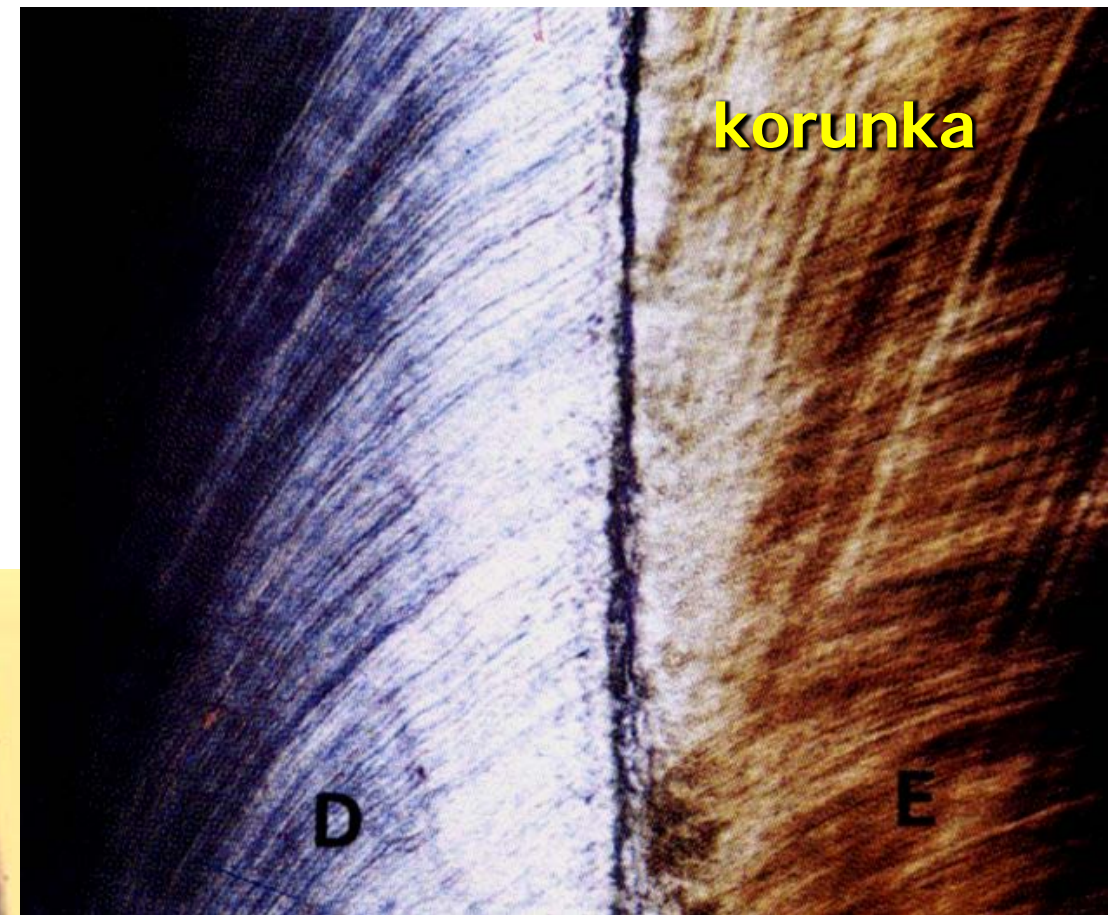
# Tomesova vlákna



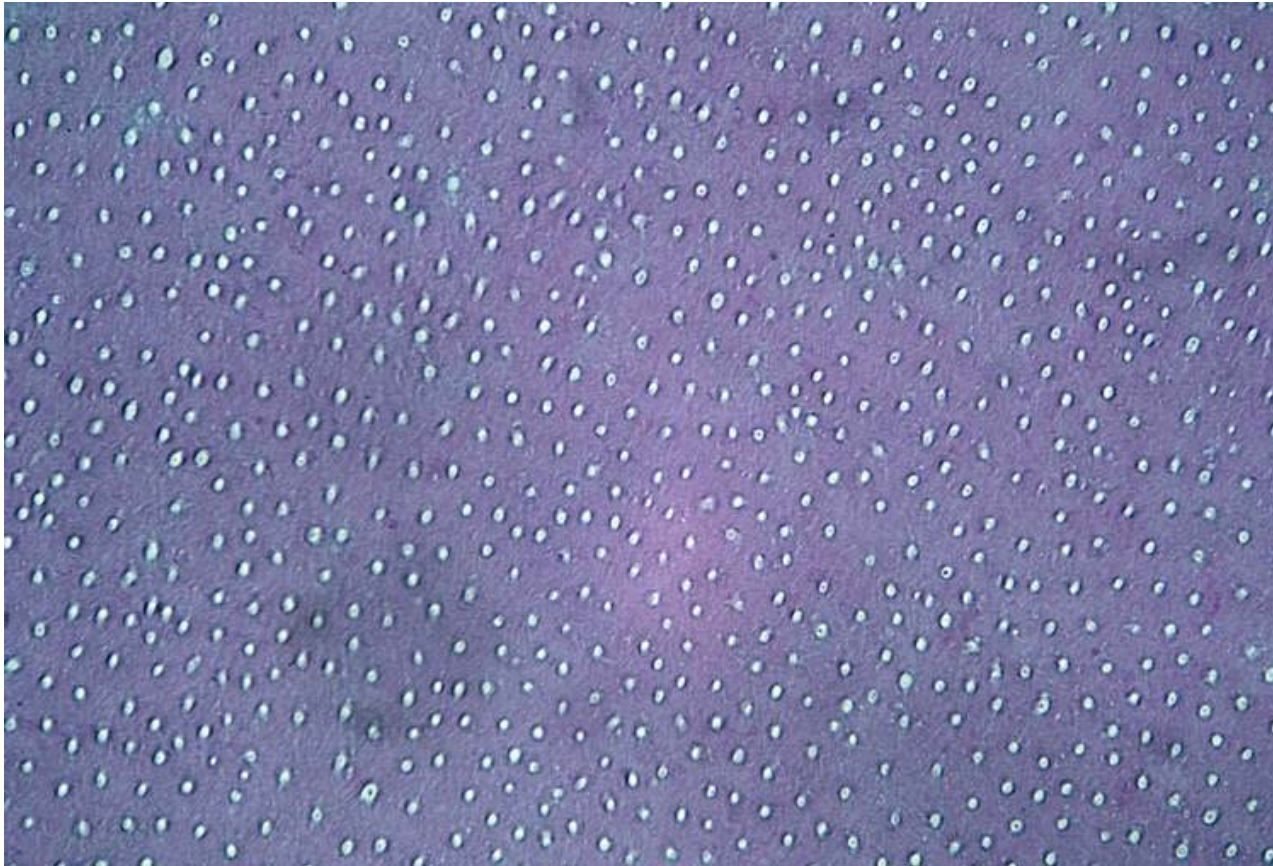


Kanálky s Tomesovými vlákny prostupují celou tloušťkou dentinu a podmiňují jemné radiální žíhání dentinu

Patrné na barvených řezech, ale i výbrusech







**Dentinové tubuly**  
(příčný řez)



**Dentinové tubuly s Tomesovými vlákny**  
(příčný řez)

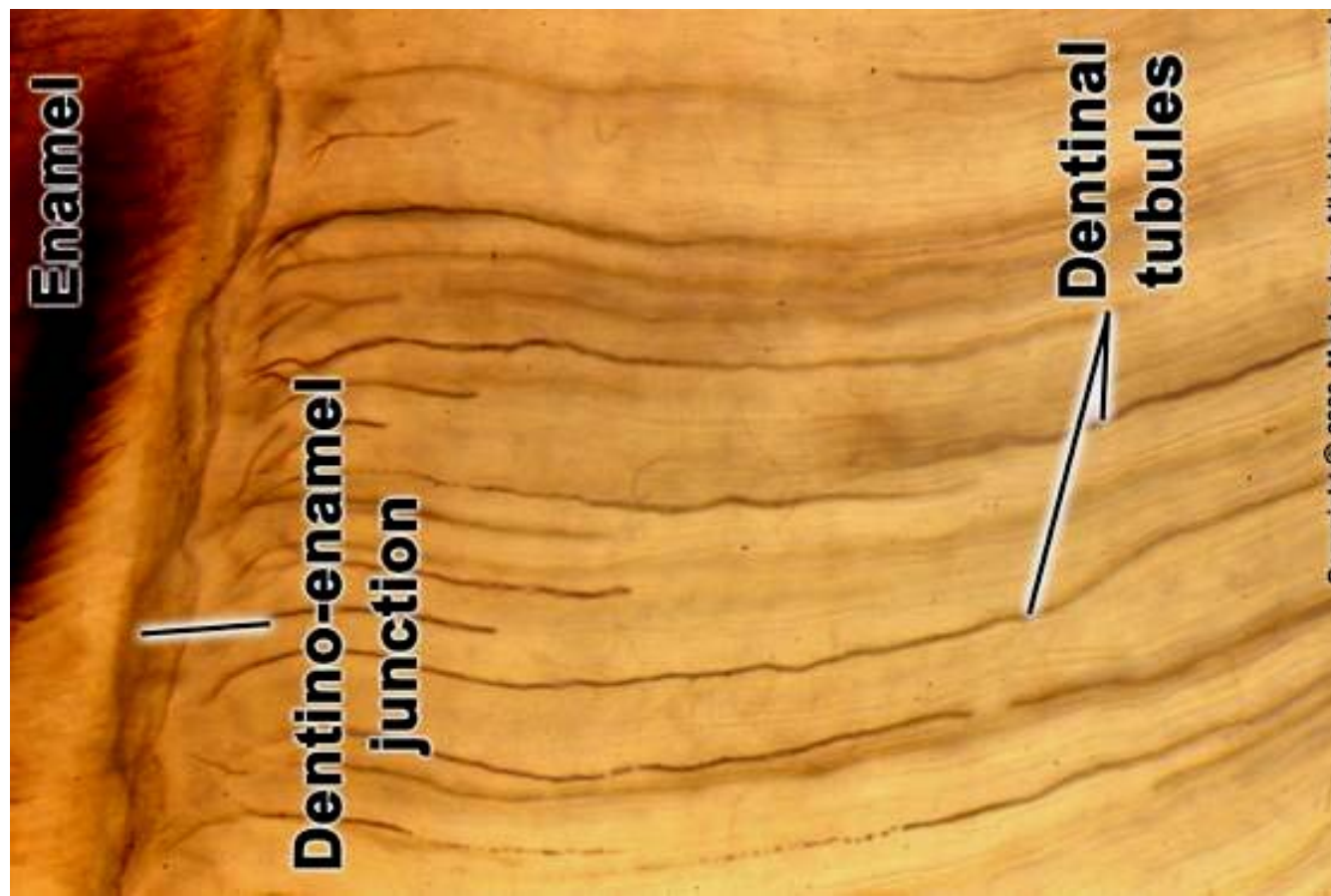
Na 1 mm<sup>2</sup> plochy připadá kolem 50 000 tubulů

# Průběh dentinových tubulů

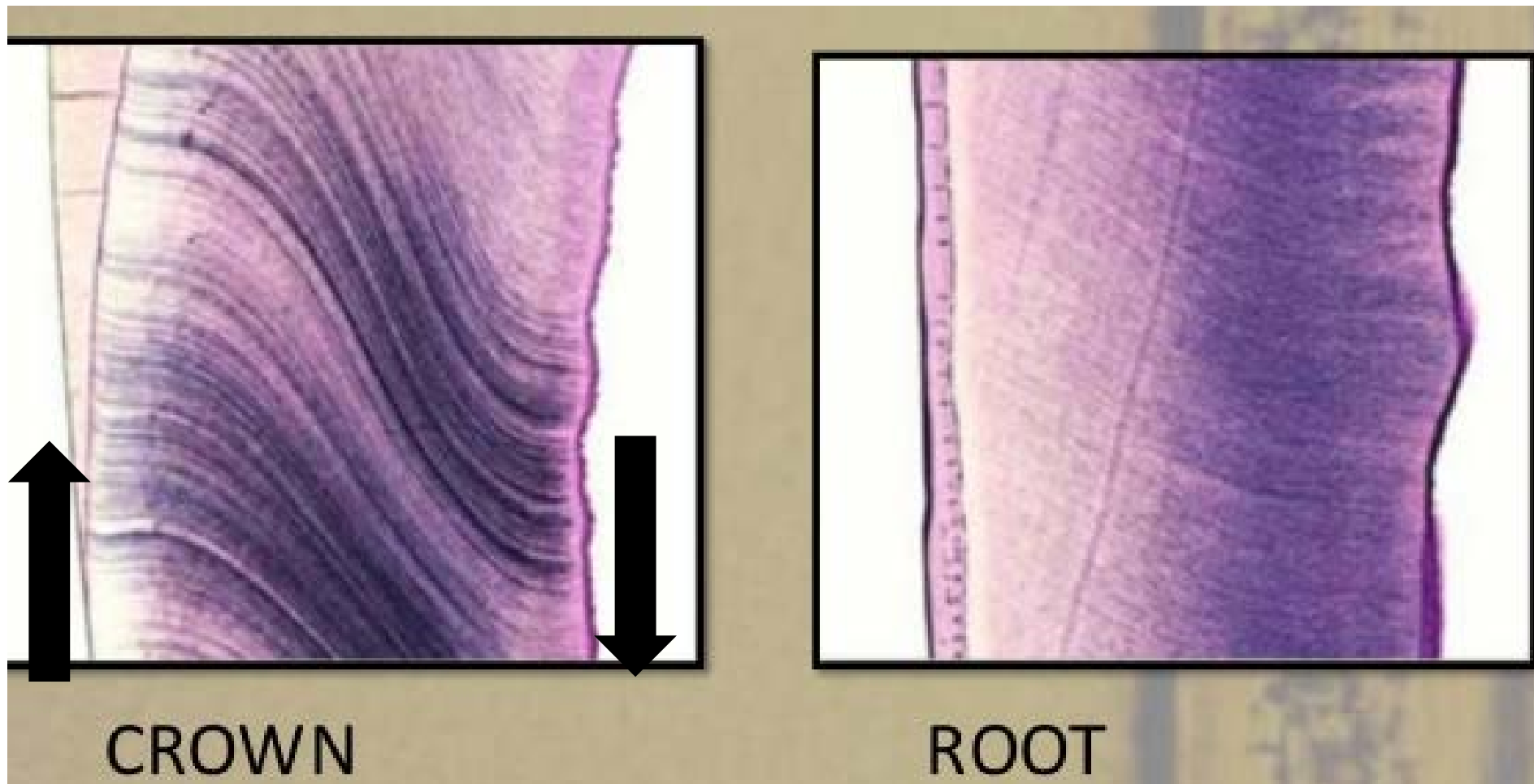
**Esovitý průběh** (2 ohyby - primární ohnutí) směrem od dřeně směrem k dentinosklovinné (cementodentinové)



**Schregerovy čáry**  
(Korunková část dentinu)



## Primární ohnutí tubulu

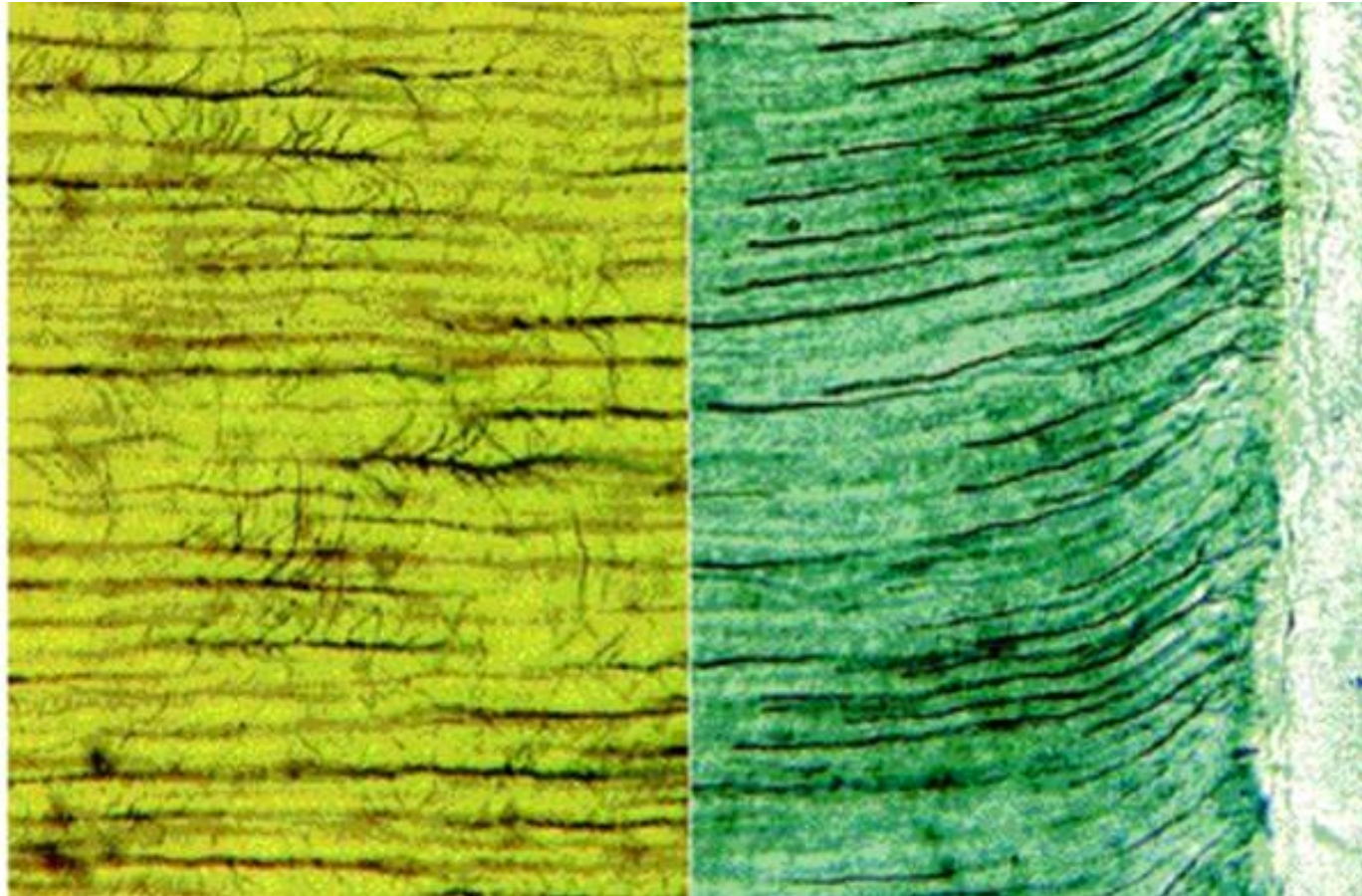
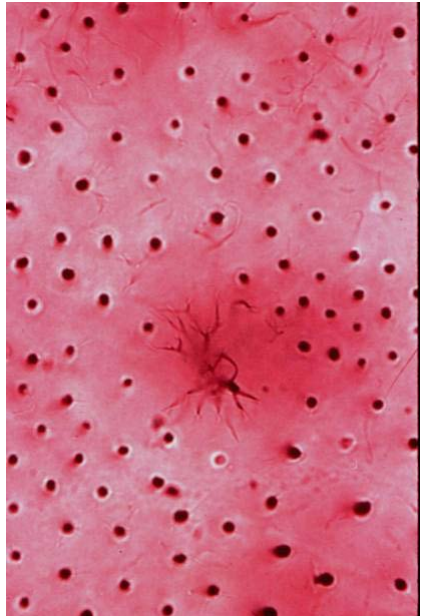


Kromě esovitého primárního ohnutí na tubulu dalších až 200 sekundárních ohnutí

Primární a sekundární ohnutí tubulů způsobena migračními pohyby odontoblastů v průběhu dentinogeneze



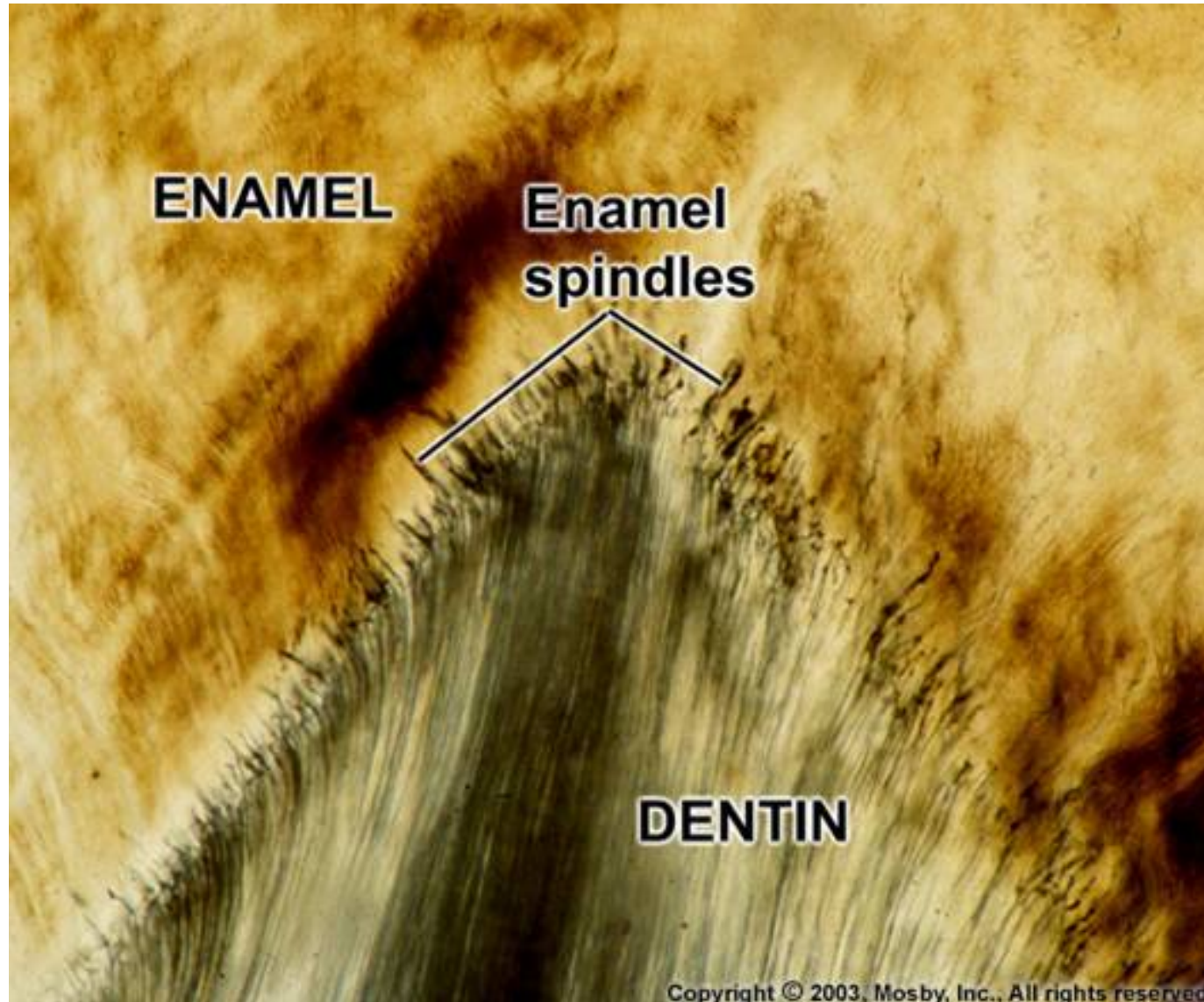
Průměr dentinových kanálků na dřevné straně dentinu dosahuje **1–4  $\mu\text{m}$**   
Pozvolna se zmenšuje za jejich současného větvení směrem k dentinosklovinnému (resp. dentinocementovému) rozhraní



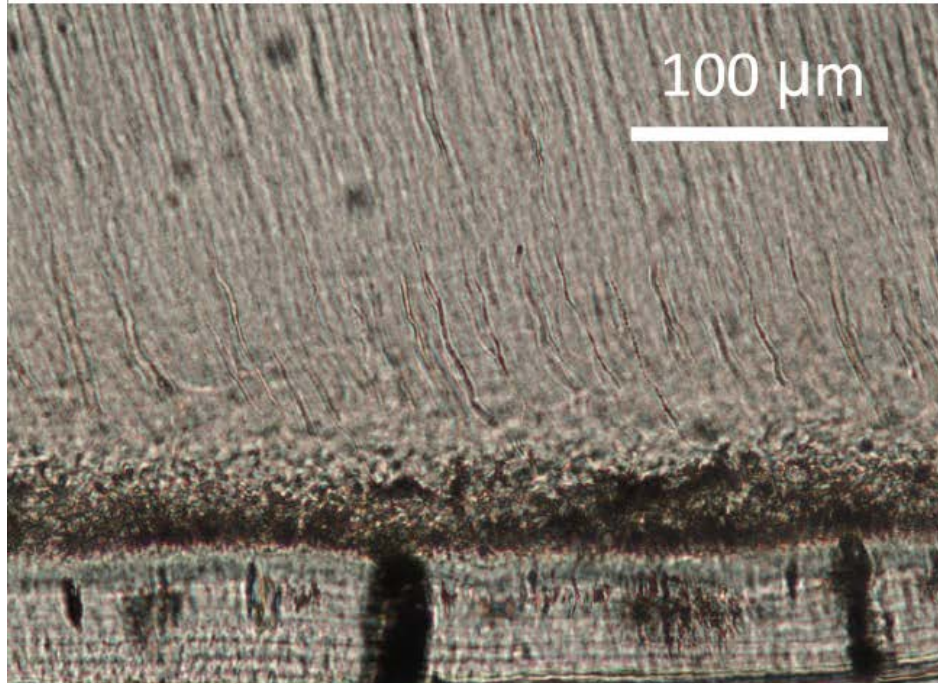


# Sklovinná vřeténka (*fusus enameli*)

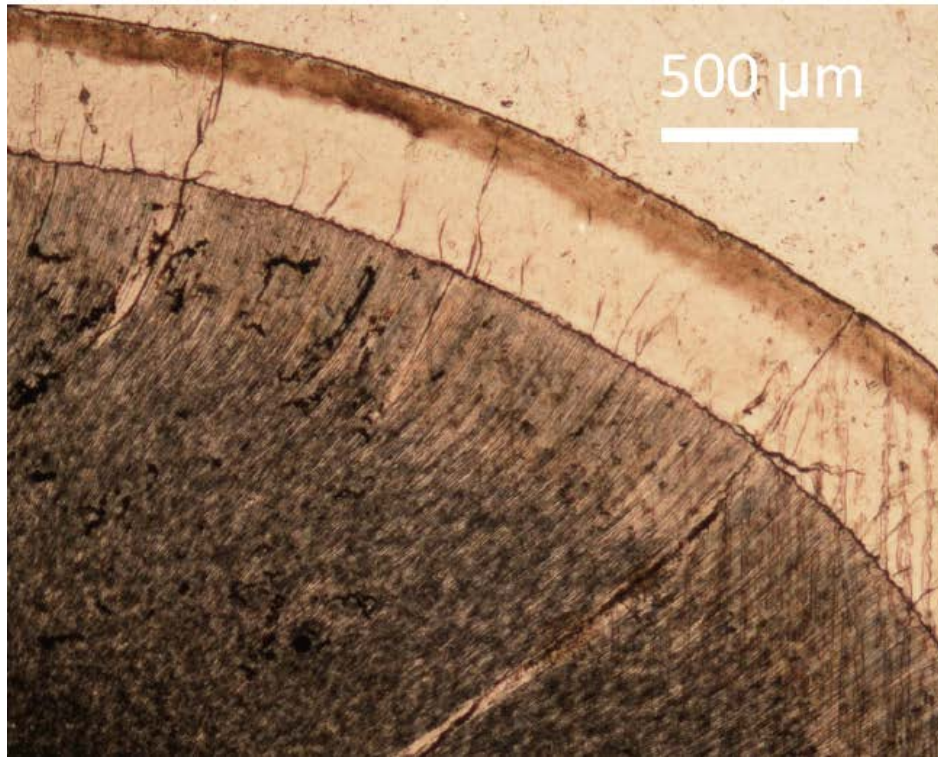
extenze dentinových tubulů do skloviny







Detail **dentino-cementového spojení** na longitudinálním výbrusu trvalého zubu, zobrazeno v procházejícím světle. Dentin je nahoře; cement dole, je patrné jeho vrstevnaté přirůstání (vodorovné linie). Foto: AH



**Dentino-sklovinné spojení** na transverzálním výbrusu trvalého zubu, zobrazeno v procházejícím světle. Dentin je dole, sklovina nahoře. Ve vnitřní třetině skloviny jsou patrné *sklovinné trsy (enamel tufts)*, podobné trsům trávy a prasklinky probíhající celou její tloušťkou, tzv. *sklovinné lamely (enamel lamellae)*. Foto: AH



# Přírůstkové (inkrementální) čáry dentinu

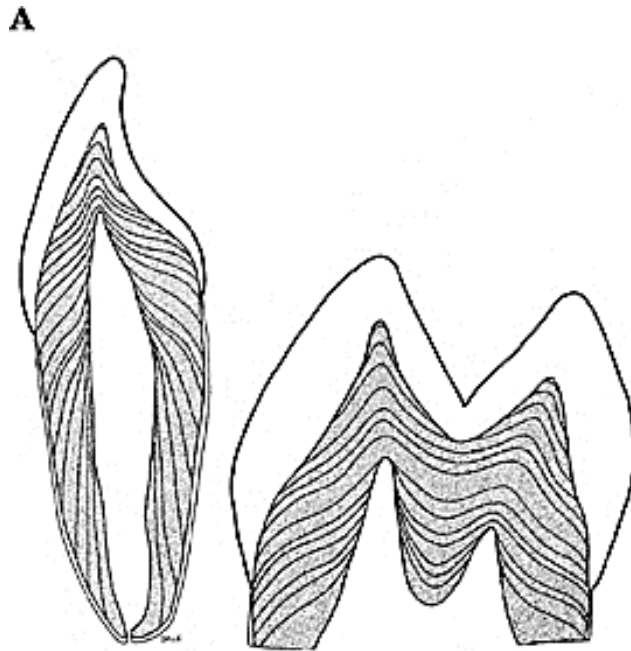
Projev postupného ukládání a mineralizace dentinu

na podélných výbrusech se jeví jako linie probíhající rovnoběžně s dřeňovou dutinou

**von Ebnerovy** linie - vzdálenost **4-8  $\mu\text{m}$**  - denní přírůstky (na obarvených řezech)

**Owenovy** linie - vzdálenost **15-30  $\mu\text{m}$**  - společné vápenatění 4 -5 denních přírůstků

**Neonatální** linie - nápadná Owenova linie u dočasných zubů – odděluje fetální a postnatální dentin





**Cirkulární průběh na příčném výbrusu**



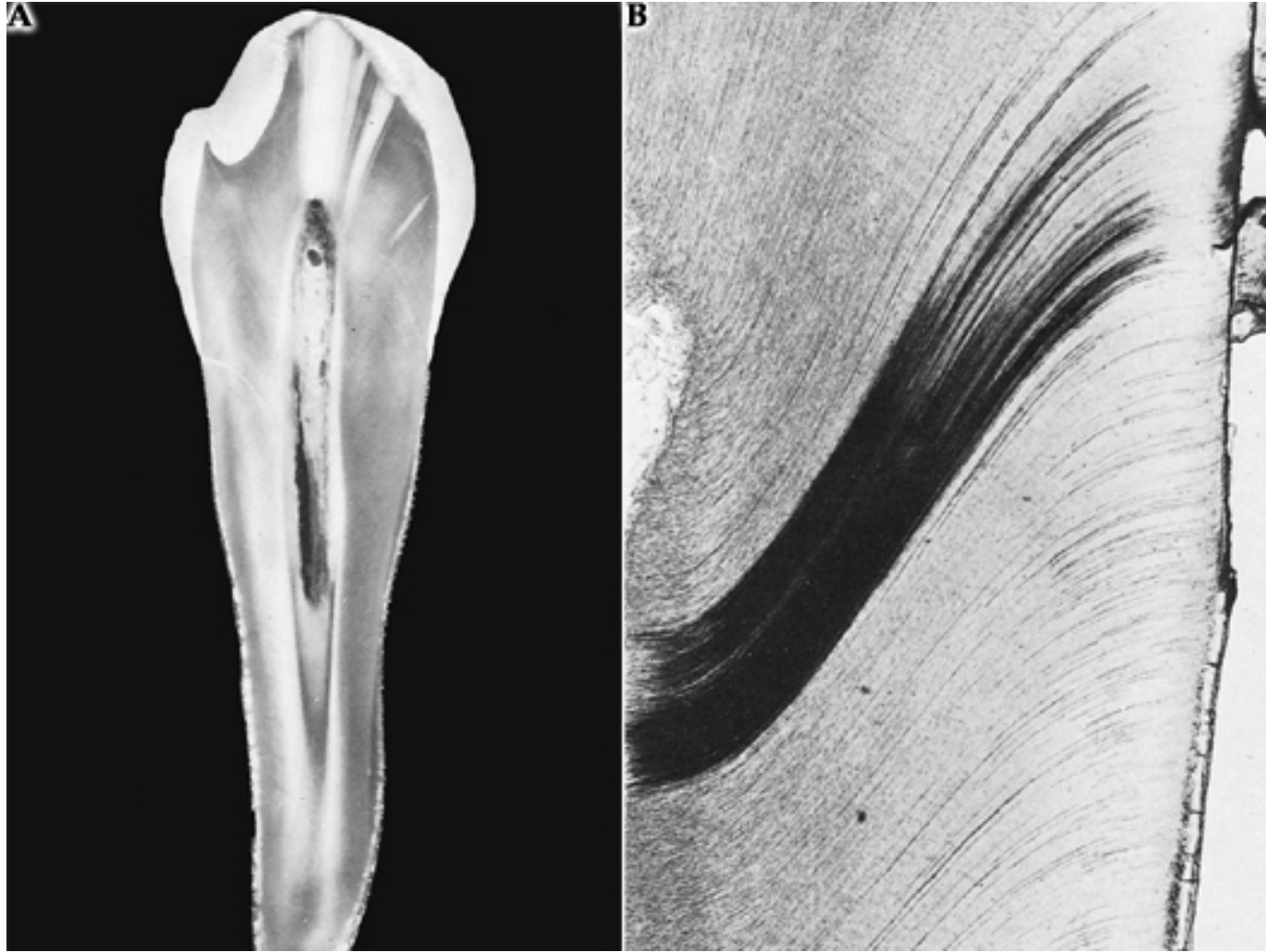
# Sklerotický dentin

„Mrtvý dentin“, odolnější vůči zubnímu kazu, barva jantar

Vznik okluzí dentinových tubulů tloušťnutím peritubulárního dentinu při zániku Tomesových vláken

Tvoří se v korunkové části a s věkem ho přibývá - projev stárnutí

Podle jeho množství se určuje věk jedince (forenzní význam)







Děkuji za pozornost!

# Rozdíly v anatomii a stavbě dočasných a trvalých zubů

## 1) Mohutnost (tloušťka) tvrdých zubních tkání

- Dentin a cement dočasných zubů cca poloviční tloušťku, sklovina asi o 1/3 tenčí

## 2) Permeabilita (prostupnost) zubních tkání u trvalých zubů klesá s věkem

- Ve sklovině se stírají s věkem rozdíly mezi prizmaty a interprizmatickou hmotou v důsledku růstu krystalitů
- V dentinu je snižování permeability způsobeno zmenšováním průsvitu dentinových tubulů

## 3) Chemické složení

- Sklovina dočasných zubů obsahuje více N-sloučenin než u zubů trvalých

## 4) Barva korunky

- U dočasných nejčastěji modrobílá (kombinace bílé a barvy slonoviny)
- U trvalých ke změnám v barvě korunky následkem **tloustnutí dentinu** a jeho tmavnutí nebo následkem **inkorporace látek ze zevního prostředí do skloviny**
  - inkorporace těžkých kovů (Pb, Hg) odstíny žlutohmědé až šedé
  - inkorporace barviv v zubních pastách, v tabáku nebo v lécích
  - inkorporace organického materiálu do skloviny

## 5) Abraze zubů (obrus, otěr)

- U trvalých v důsledku obrusu může dojít při plném skusu k posunu zubních oblouků v zadopředním směru

## 6) Postavení podélných os zubů

- U dočasných jsou osy orientovány kolmo k okluzní rovině, distální plochy dočasných stoliček v jedné svislé rovině
- U trvalých osy skloněny mírně distálně, takže každý zub se dotýká při skusu dvou zubů protilehlých