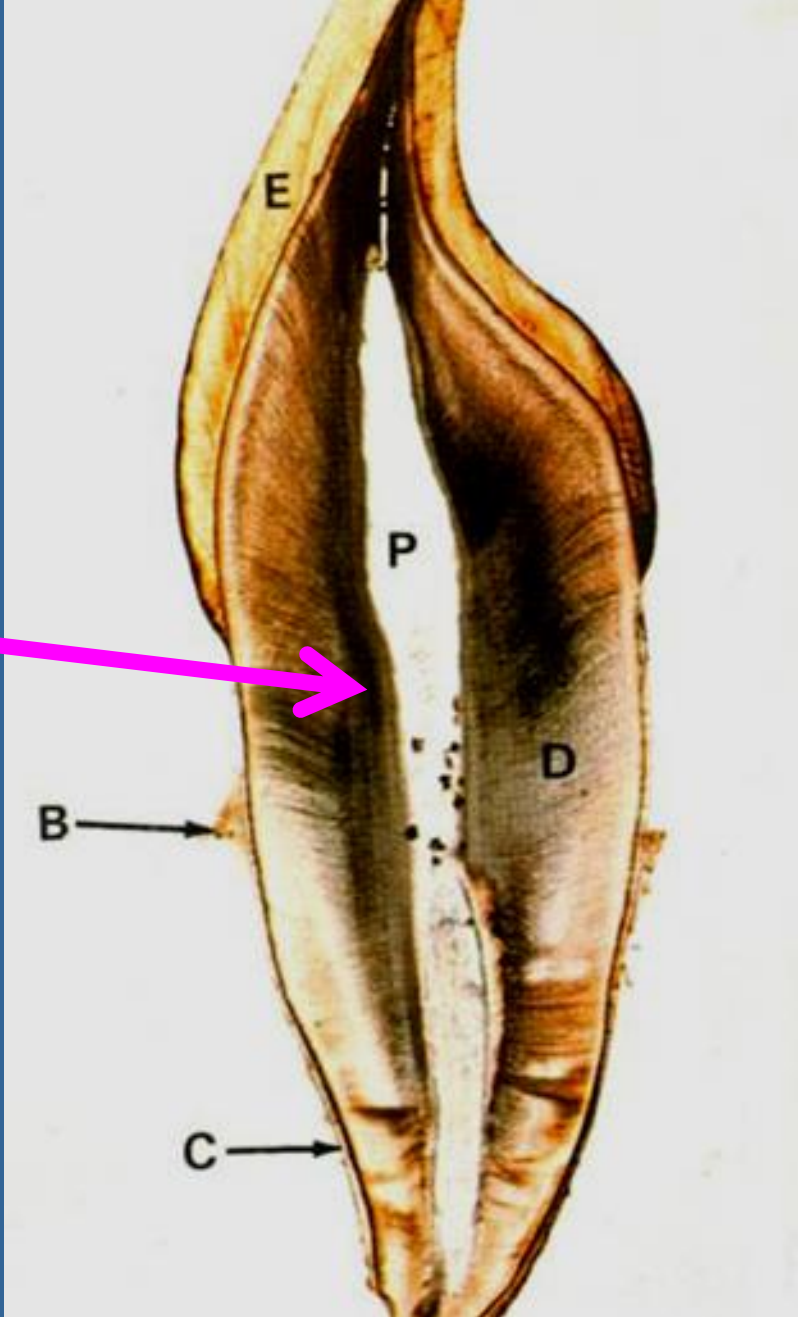


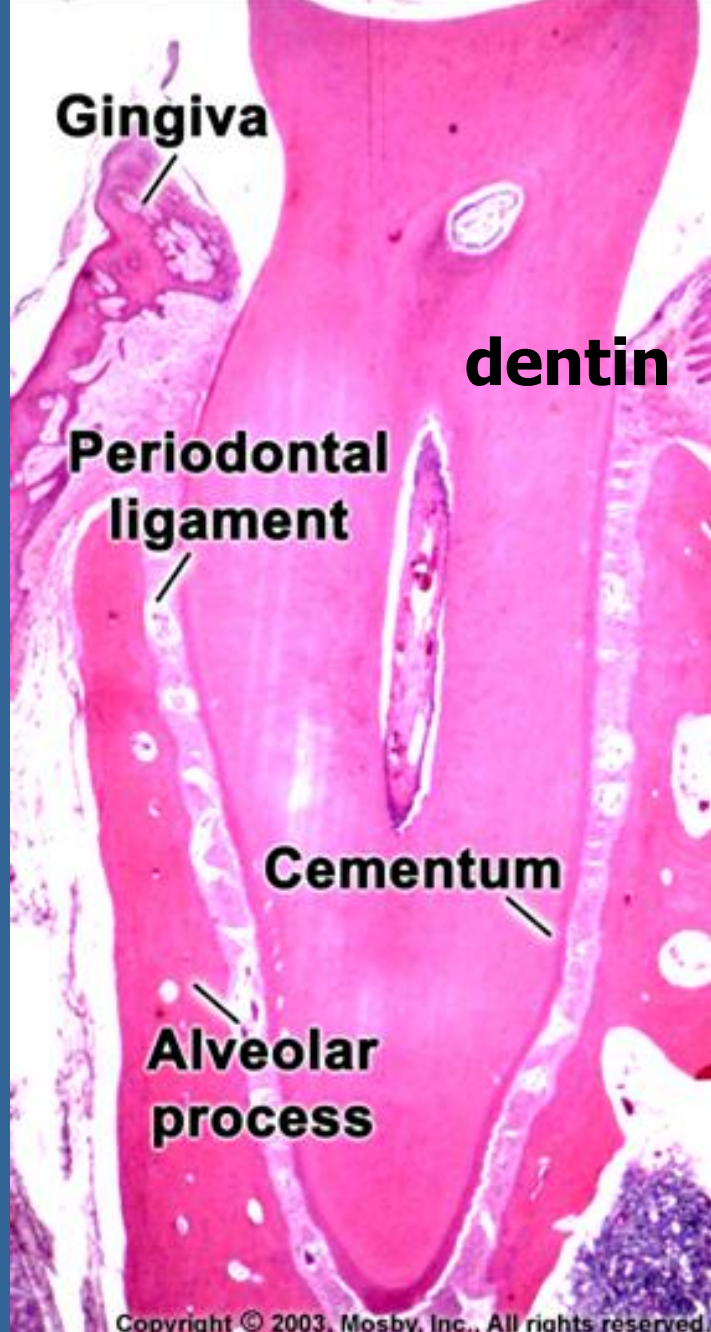
Tvrdé tkáně zubu – pokračování

- Mikroskopická stavba dentinu, typy dentinu, klinický význam dentinu
- Mikroskopická stavba cementu a jeho klinický význam; hypercementóza

Mikroskopická stavba zubní dřeně, věkové změny a funkce



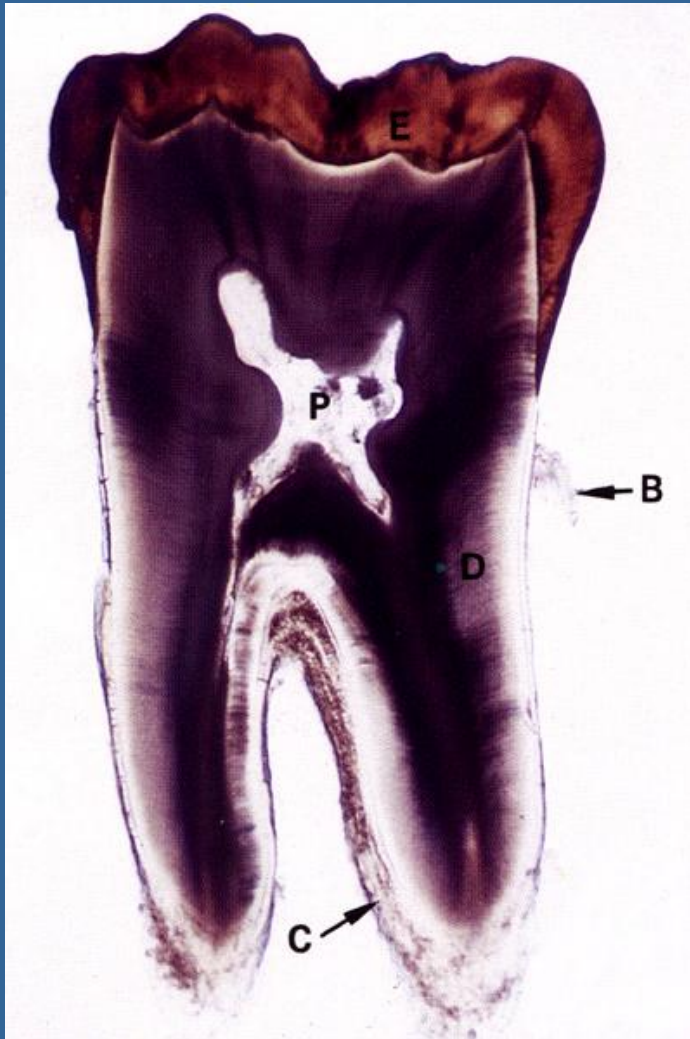
podélný výbrus



obarvený řez

SEM

Mikroskopická stavba dentinu, typy dentinu, klinický význam dentinu



podklad zubu

modifikace kostní tkáně

nemá kostní lamely ani cévy
derivuje z (ekto)mezenchymu

buňky + ECM //

odontoblasty + dentinová matrix

Fyzikální vlastnosti

slabě nažloutlá barva (**slonová kost**)

tvrdší než lamelózní kost a cement, ale měkčí než email

index lomu **1,62** (stejný jako u emailu)

specifická hmotnost **2.14 g/cm³** (nižší)

pružný a permeabilní, permeabilita klesá s věkem

tloušťka 2-4 mm (u dočasných zubů polovina)

Tvrdé tkáně zubu a lamelózní kost - srovnání

	sklovina	zubovina	cement	lamelózní kost
barva	modrobílá	nažloutlá (slonová kost)	žlutohnědá	žlutohnědá
anorganická složka váh. % (obj.%)	96 (86)	70 (45)	61 (33)	45 (23)
organická složka váh. % (obj.%)	1 (2)	20 (30)	27 (31)	30 (37)
H ₂ O váh. % (obj.%)	3 (11)	10 (25)	12 (36)	25 (40)
kolagenní vlákna	žádná	ano / kolmo k dentinovým tubulům /	ano / plst' /	ano / v lamele stejným směrem /
buňky	ameloblasty chybějí	odontoblasty (uloženy na pulpární straně dentinu)	cementoblasty (cementocyty)	osteoblasty osteocyty
krevní cévy	ne	ne	ne	ano (v Haversových kanálcích)
nervy	ne	ano (na začátku dentinových tubulů)	ne	ano (v Haversových kanálcích)

anorganický podíl (70%):

krystaly hydroxylapatitu, podstatně menší než ve sklovině - měří pouze 35x10x100 nm a přiloženy ke kolagenním vláknům

organický podíl (20%):

- **proteiny rodiny kolagenu** - kolagen typu I, ve stopách III a V - cca 90 %);
- **nekolagenové proteiny** (8 %)
 - a) **fosforiny** - donory Ca a fosfátů, kontrola růstu krystalů
 - b) **Gla-proteiny** (gama-karboxyglutamát proteiny - kyselý charakter) + **glykoproteiny** (osteonectin, osteopontin, sialoprotein I a II) - přenašeče vápníku, růst krystalů
 - c) **proteoglykany** (s chondroitinsulfátem) - kontrola růstu krystalů
- **fosfolipidy** (2 %)

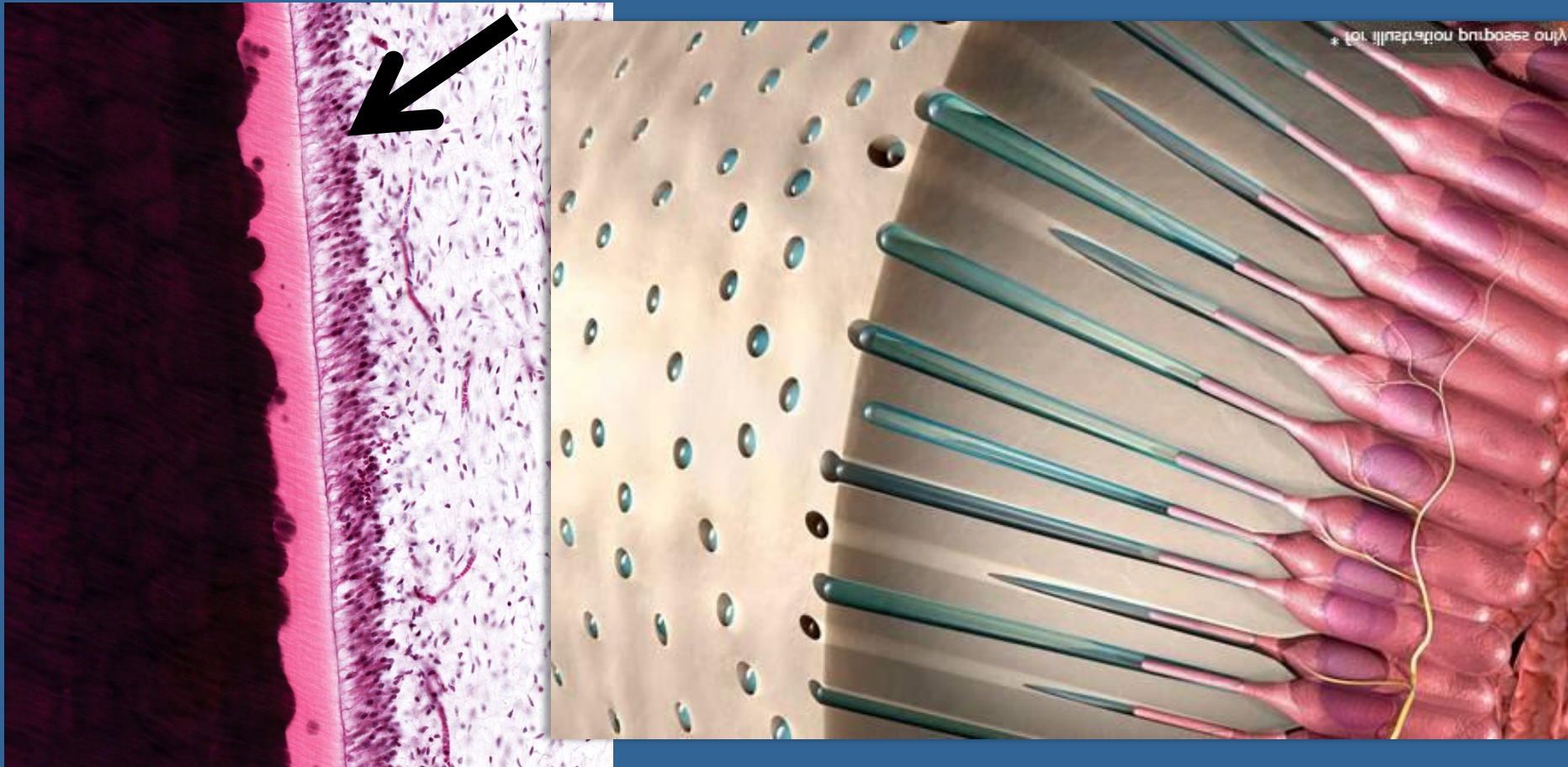
voda (10%)

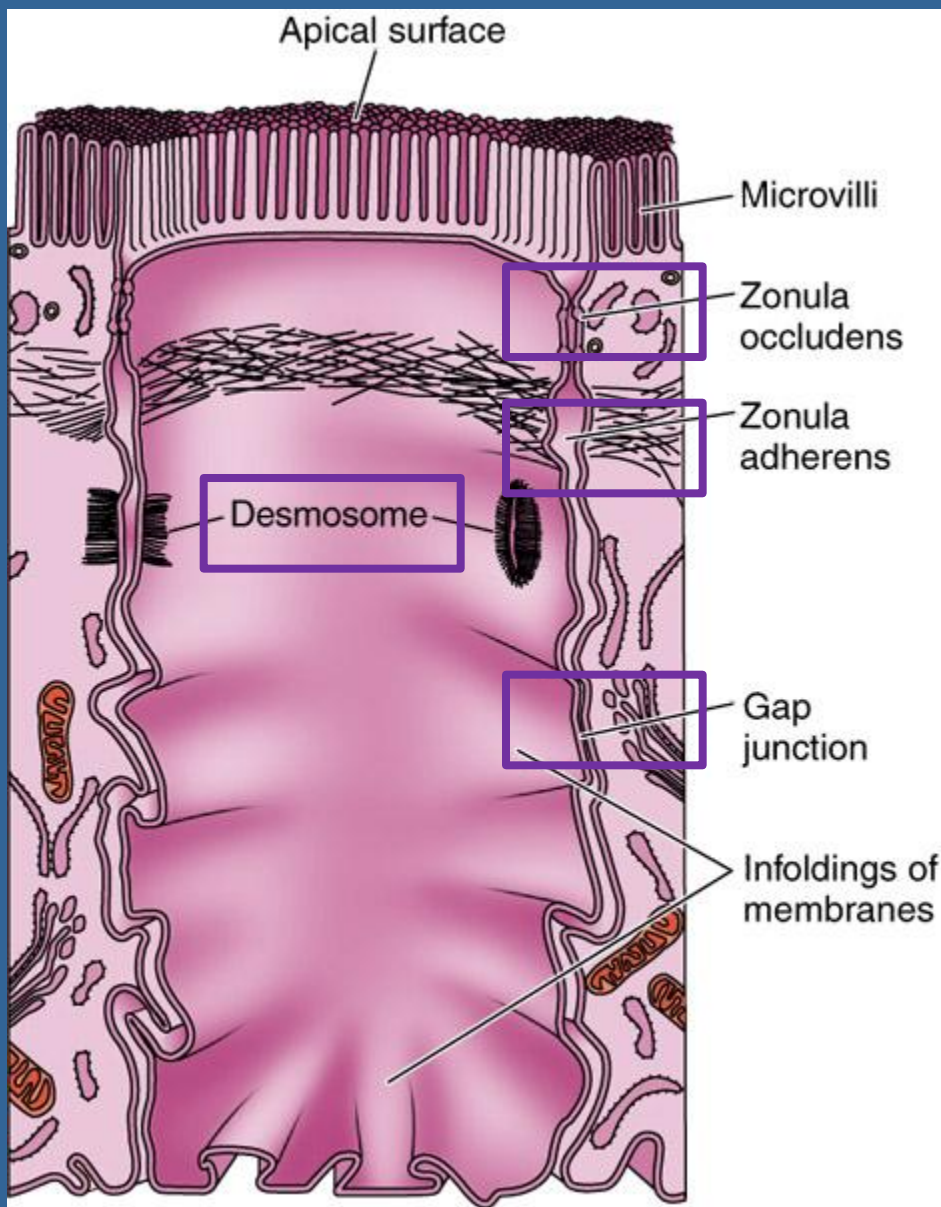
Mikroskopická stavba

odontoblasty s výběžky - Tomesova vlákna + dentinová matrix = kalcifikovaná ECM /mezibuněčná hmota/

Odontoblasty

rozhraní mezi dentinem a pulpou, mají tvar válců, uloženy v jedné vrstvě (vyjma korunky), buňky jsou výrazně polarizované - jádro s organelami v bazální třetině, v apexech sekreční zrna, mikrofilamenta a mikrotubuly



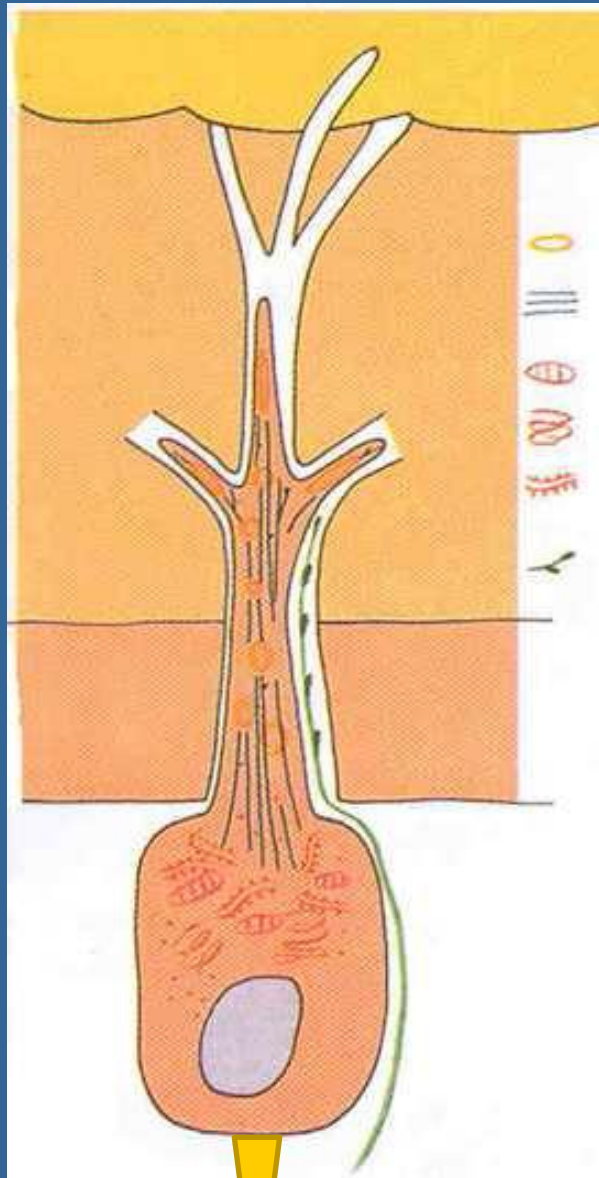


mezi apexy odontoblastů jsou četné **spojovací komplexy** (desmosomy, zonula occludens + nexus - synchronizace činnosti odontoblastů)

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

krátký bazální výběžek

Spojovací komplex



bazální výběžek

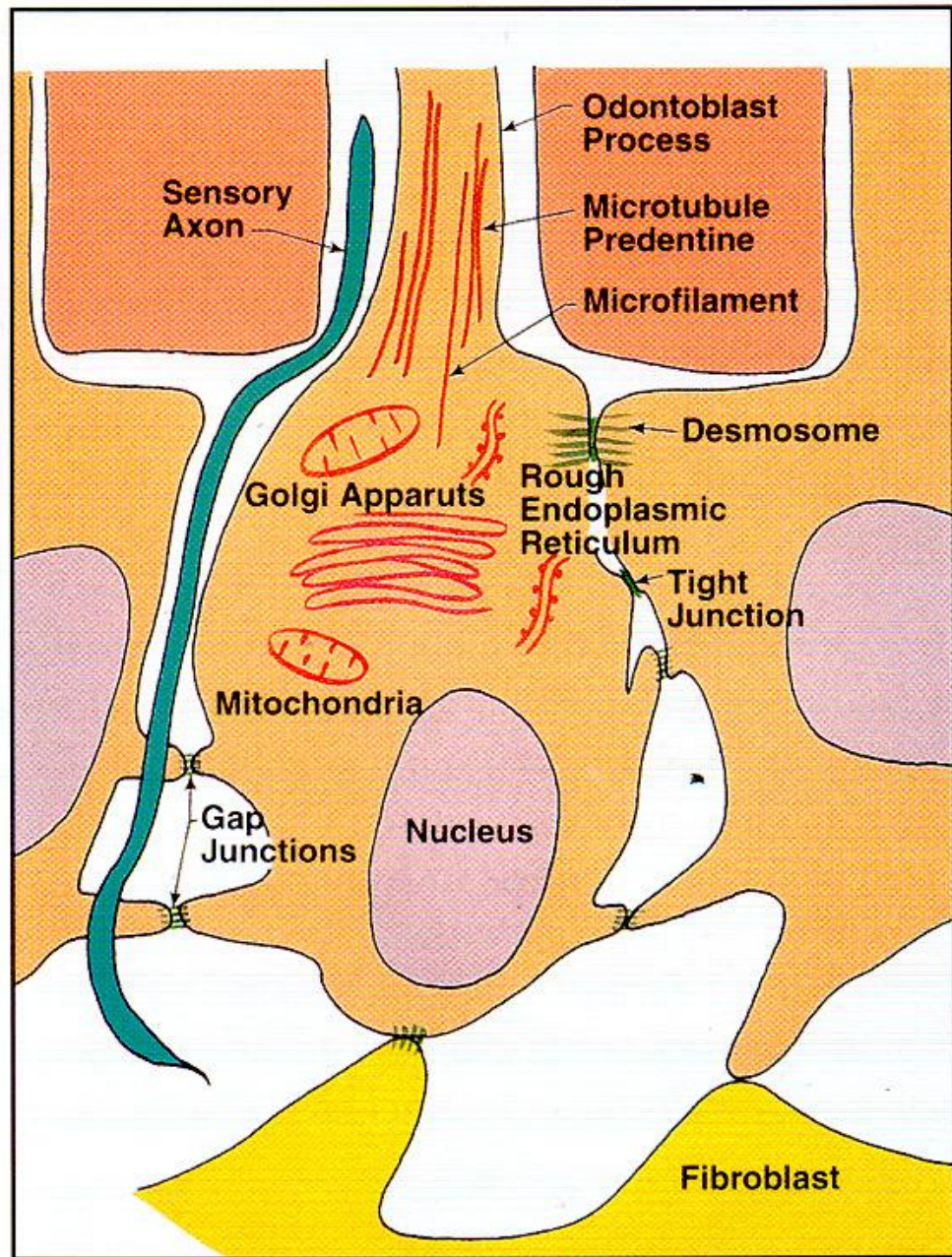
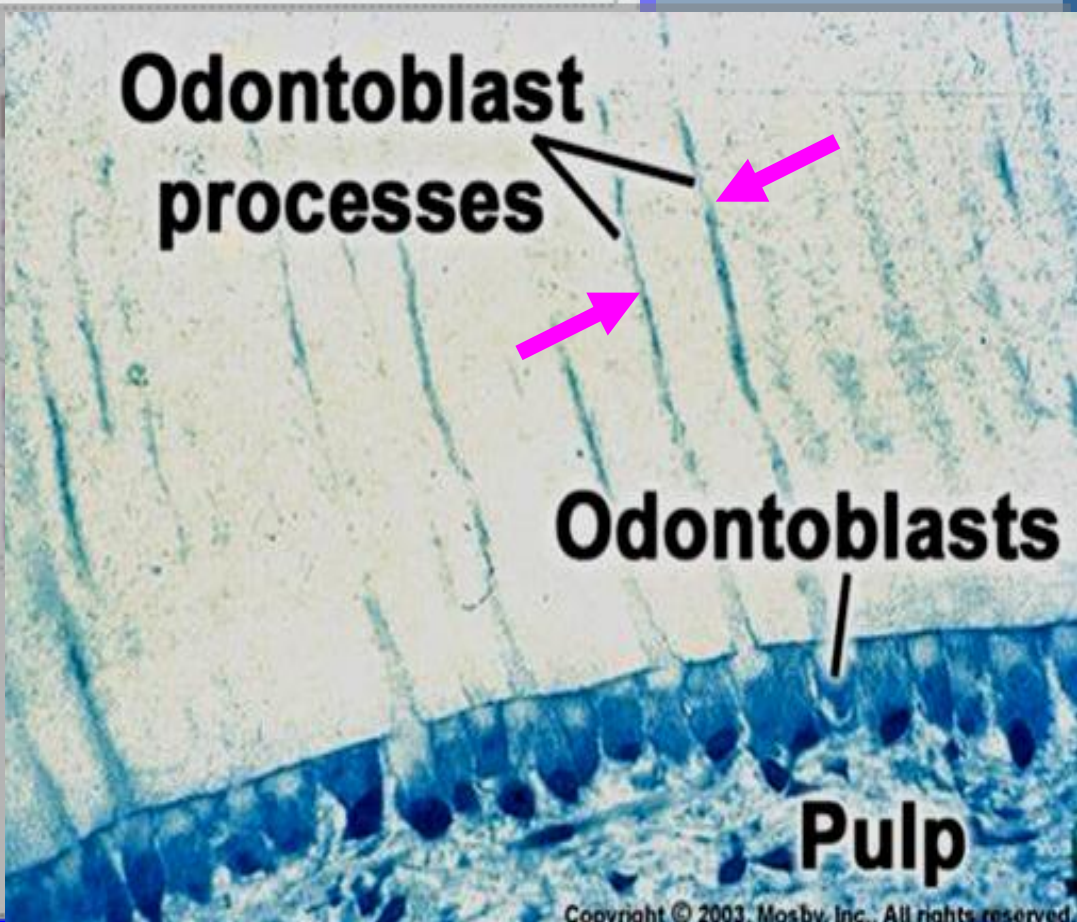
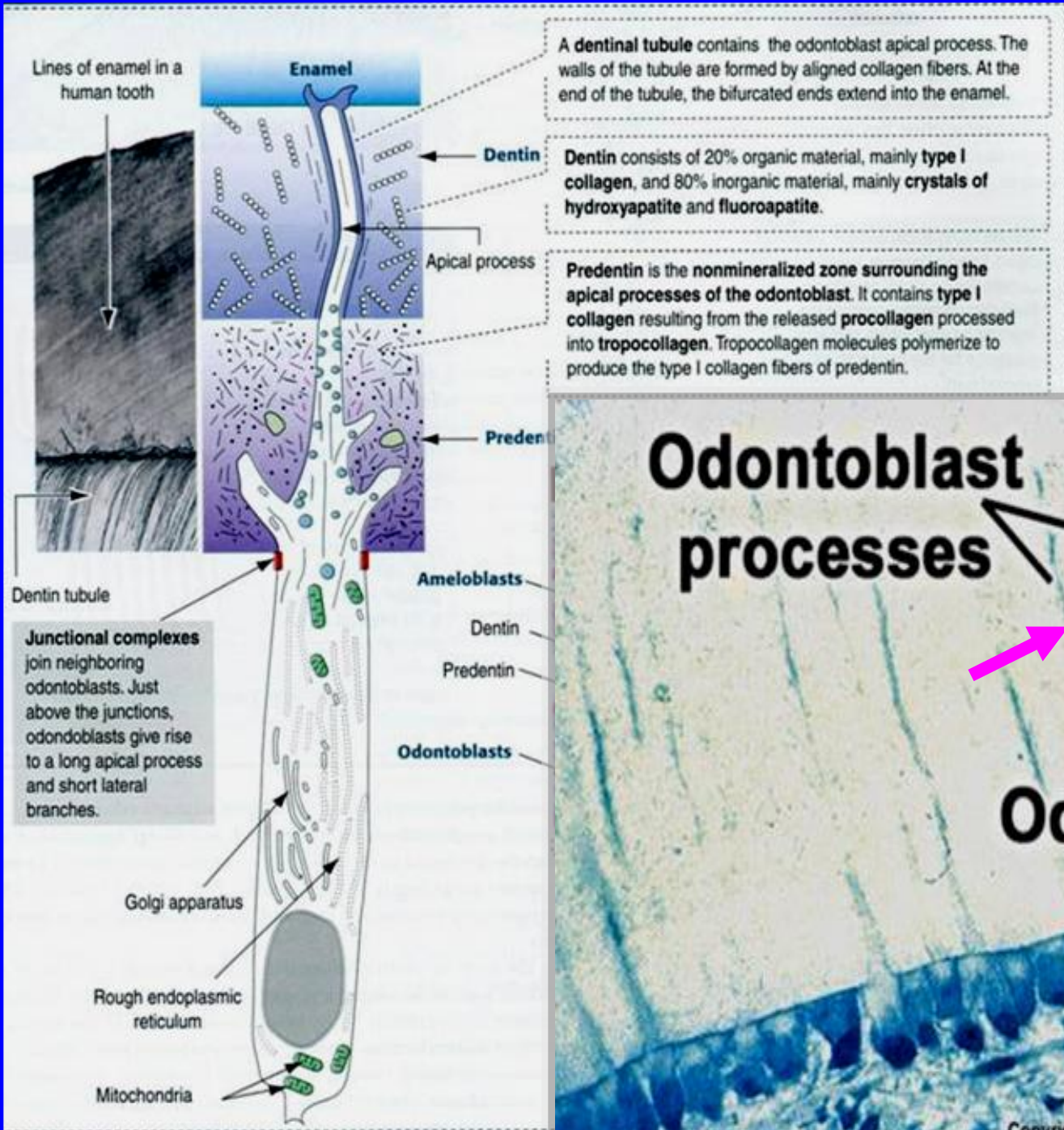
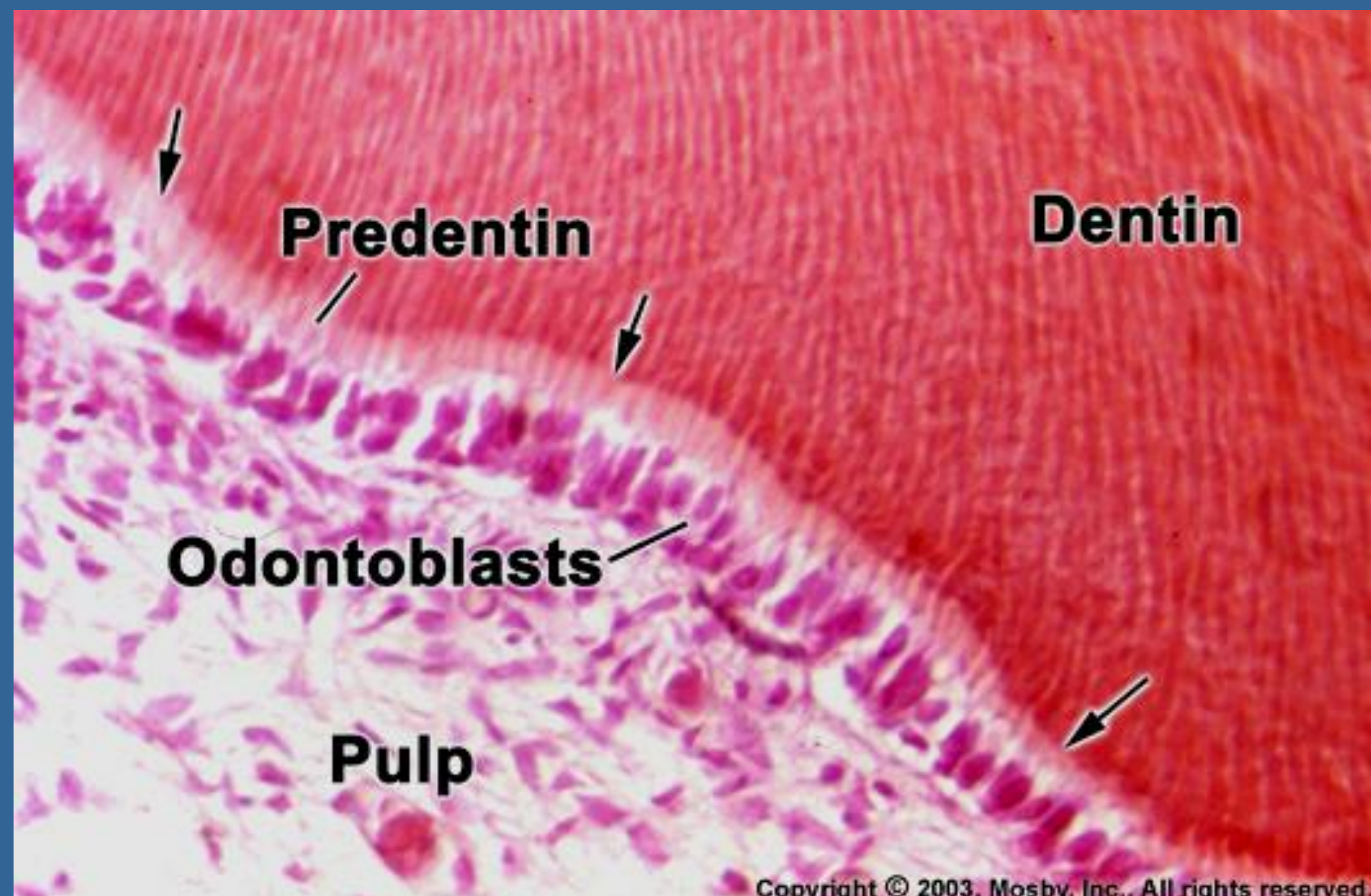


Fig. 10.10 The ultrastructure of the odontoblast in a





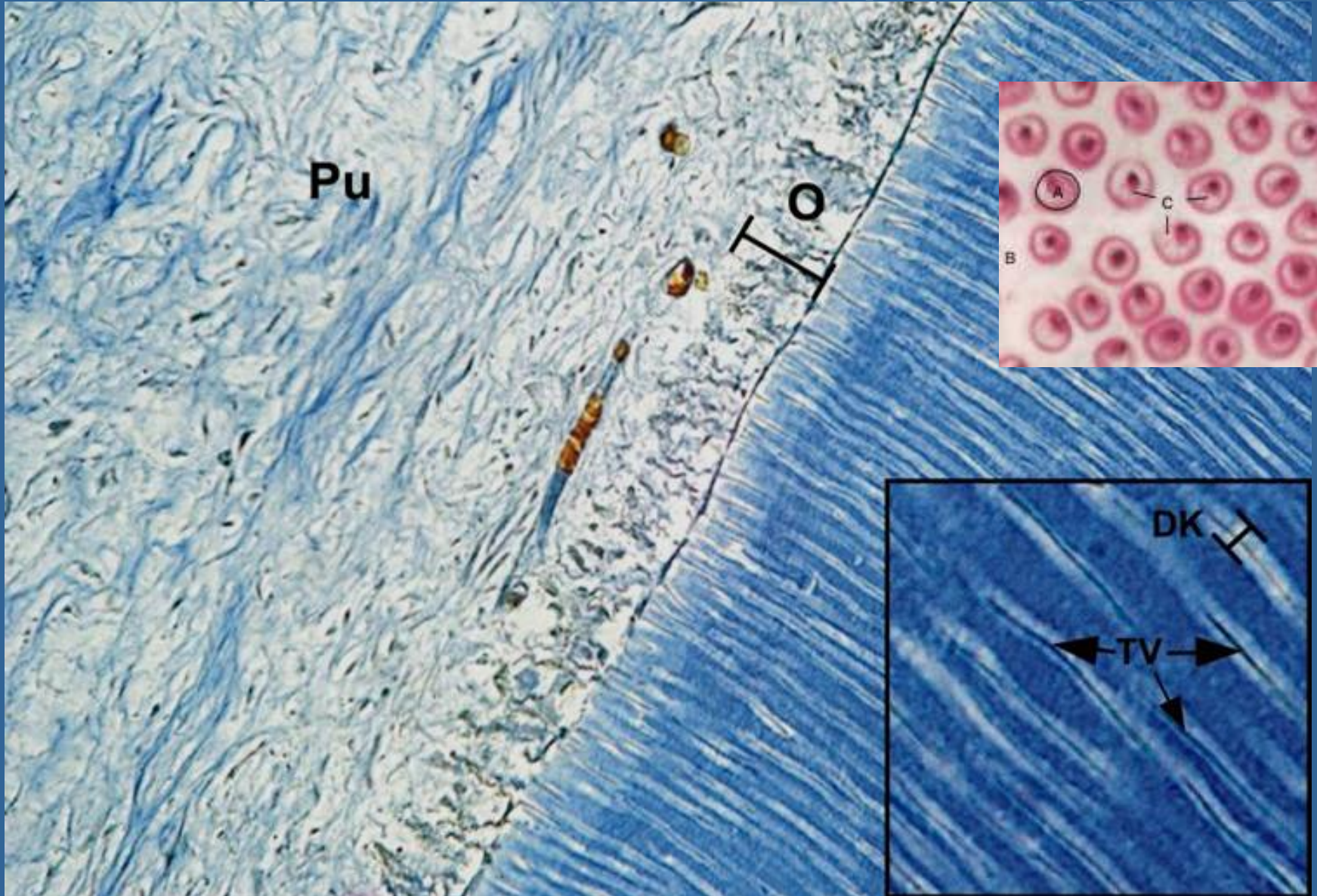
Predentin

Dentin

Odontoblasts

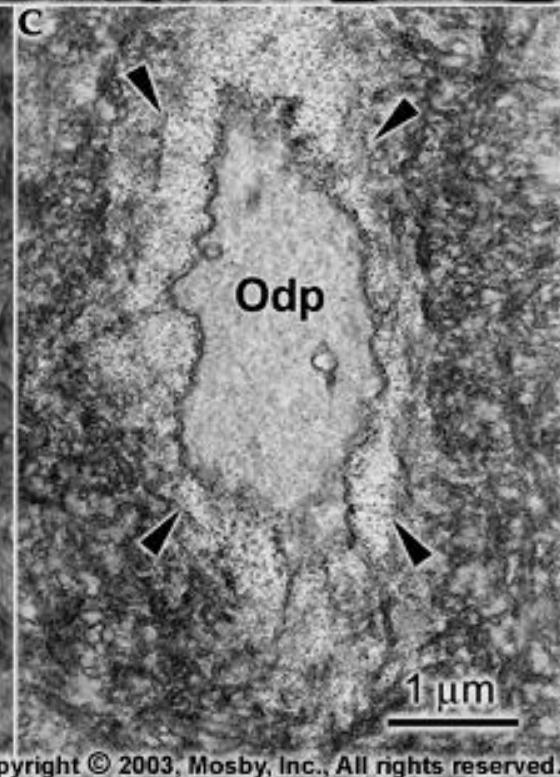
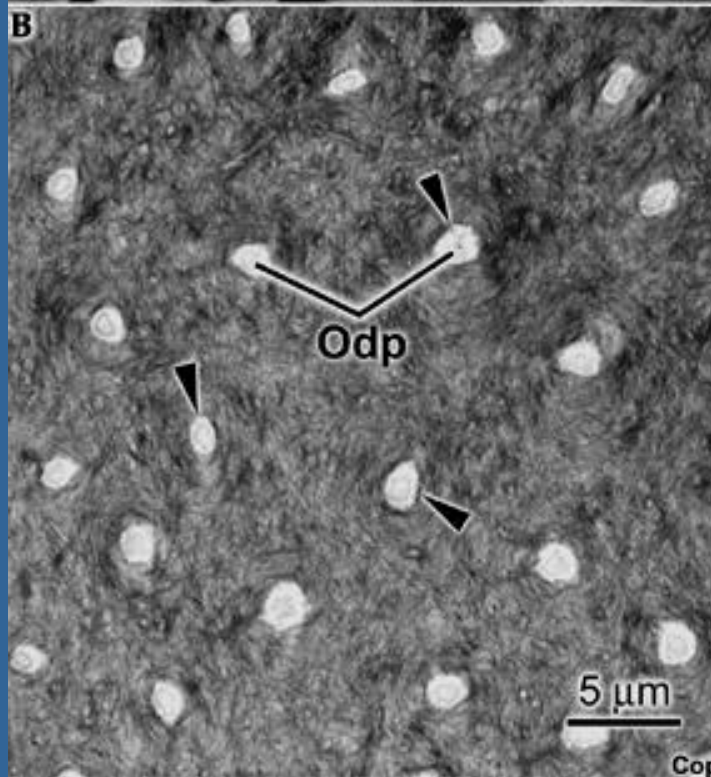
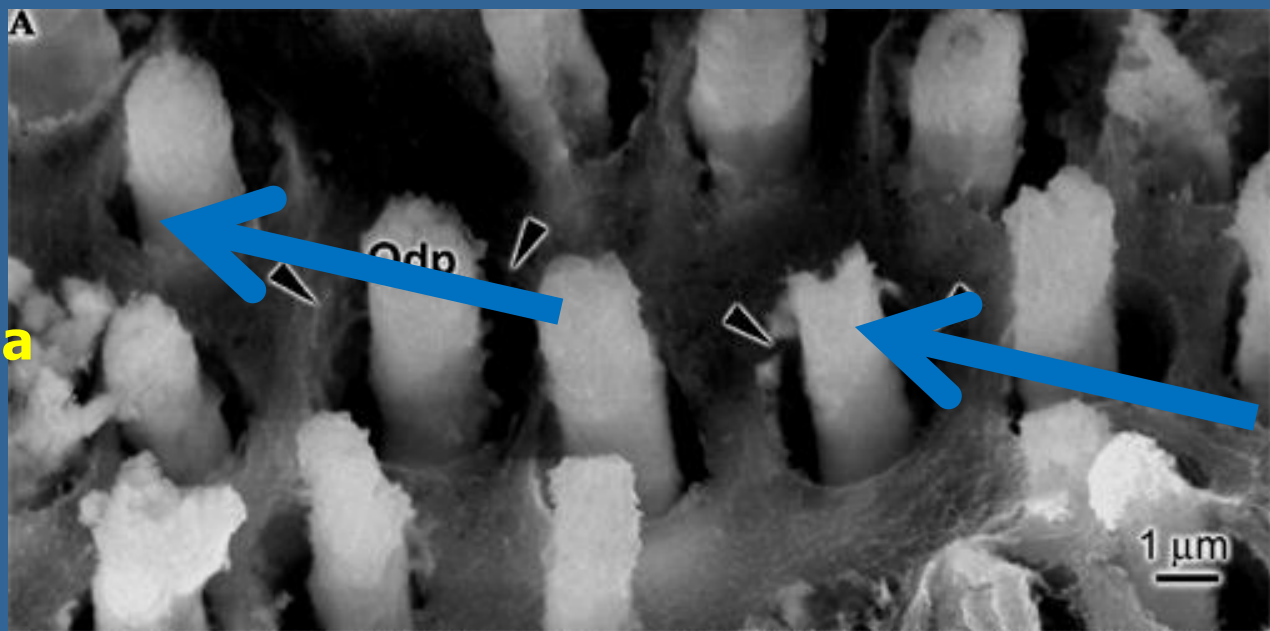
Pulp

každé vlákno je uloženo v kanálku - **dentinový kanálek (tubulus)**



D-dentin, DK- tubuly, TV-Tomesova vlákna, O-odontoblasty, Pu-pulpa (AZAN, obj. 40x)

Tomesova vlákna
(dentinové tubuly na lomu)



kanálky s Tomesovými
vlákný prostupují celou
tloušťkou dentinu a
způsobují jemné radiální
žíhání dentinu

patrné na barvených řezech,
ale i výbrusech

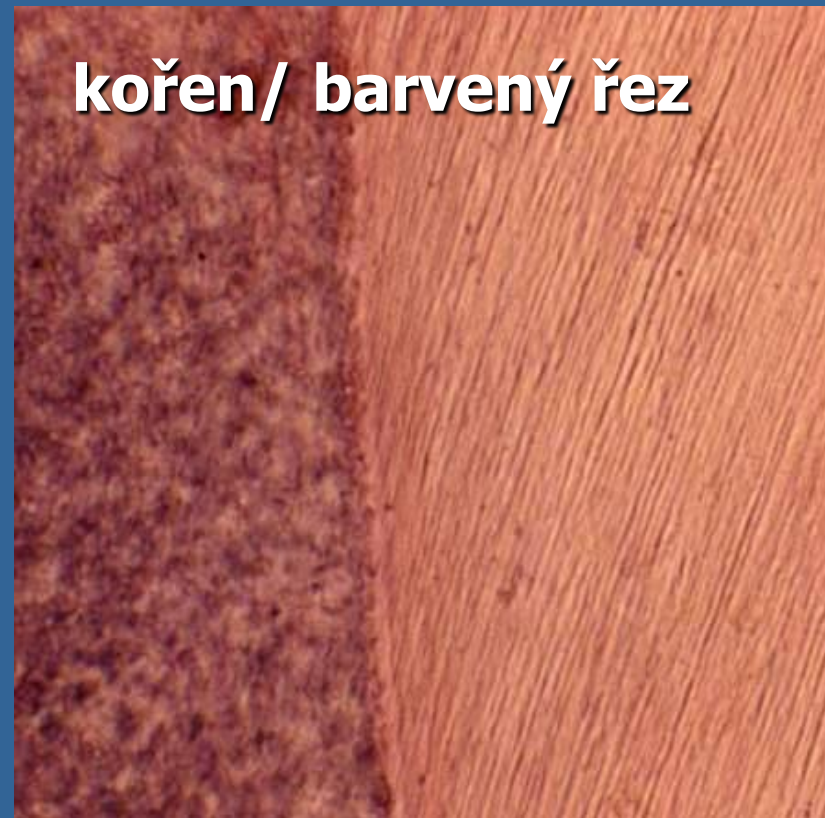
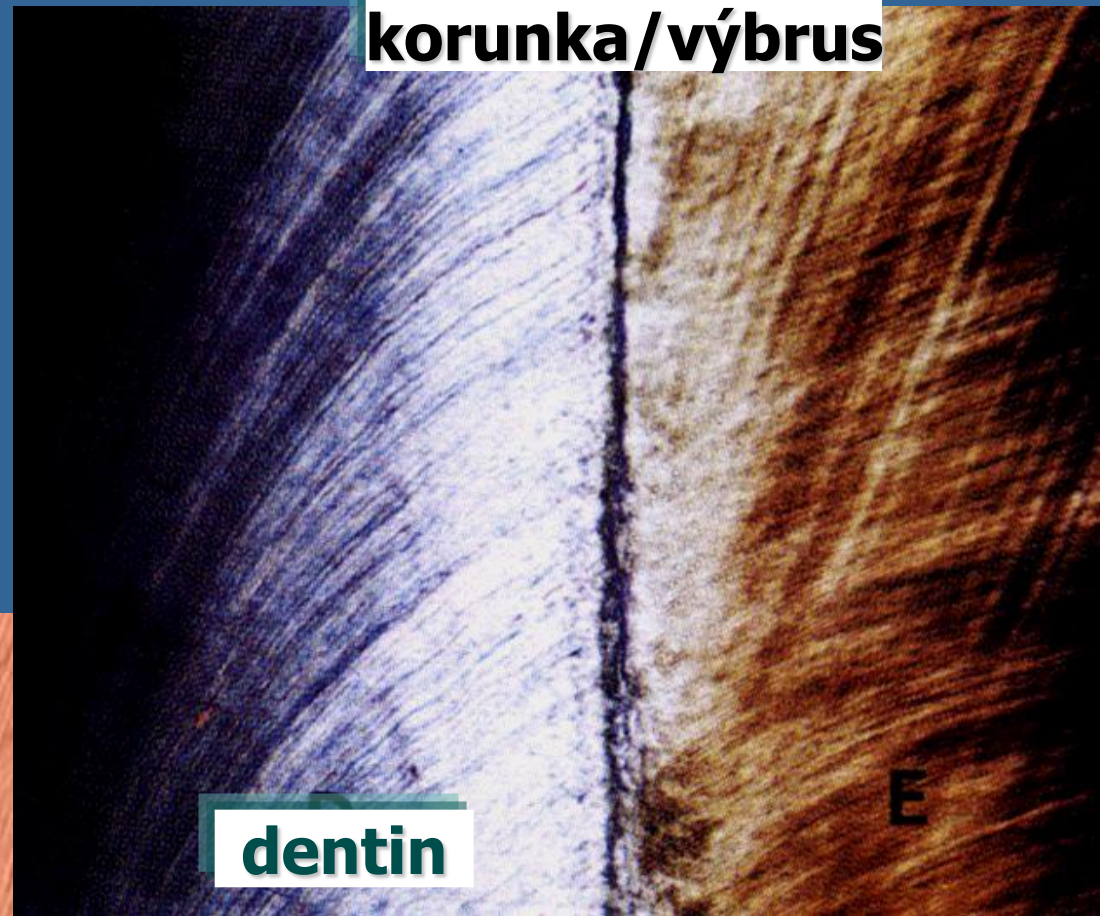
kořen/ barvený řez

dentin

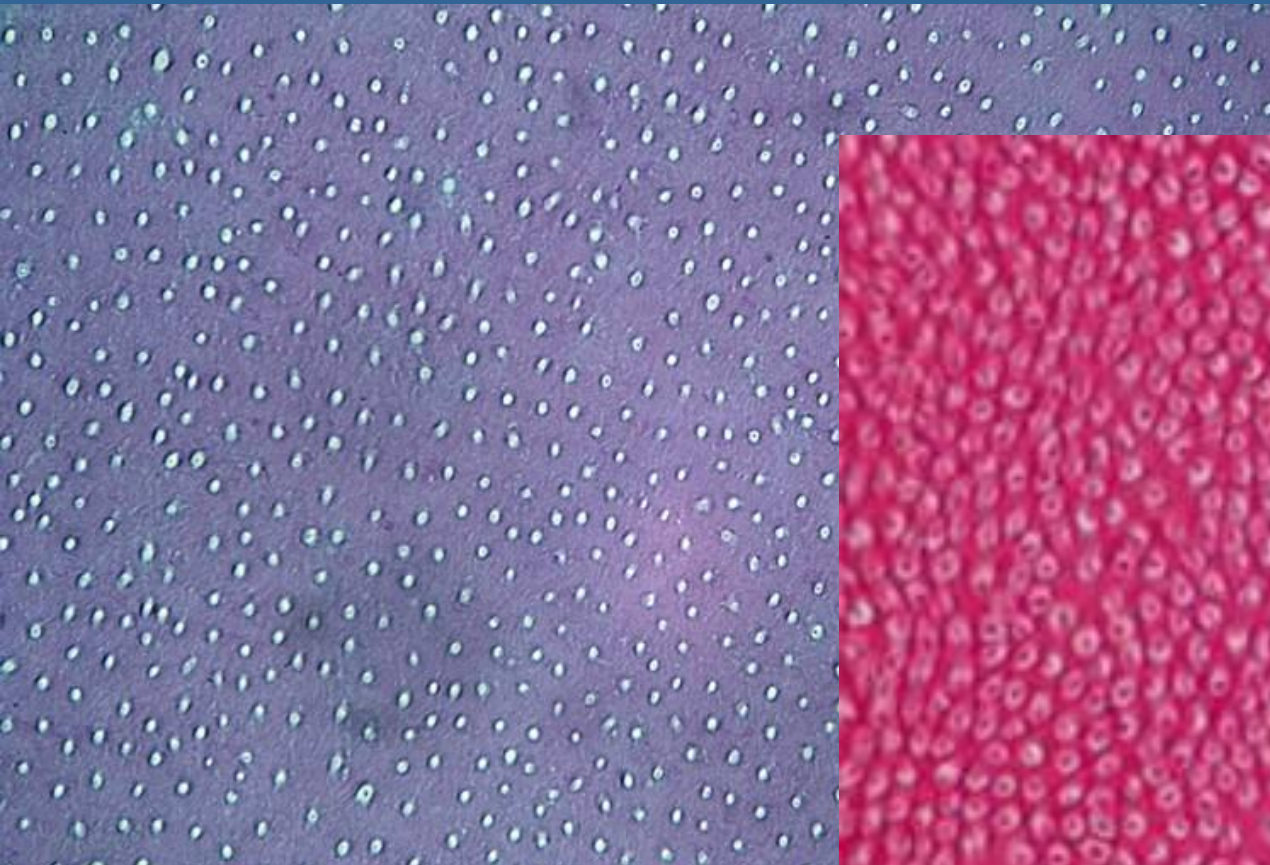
korunka / výbrus

dentin

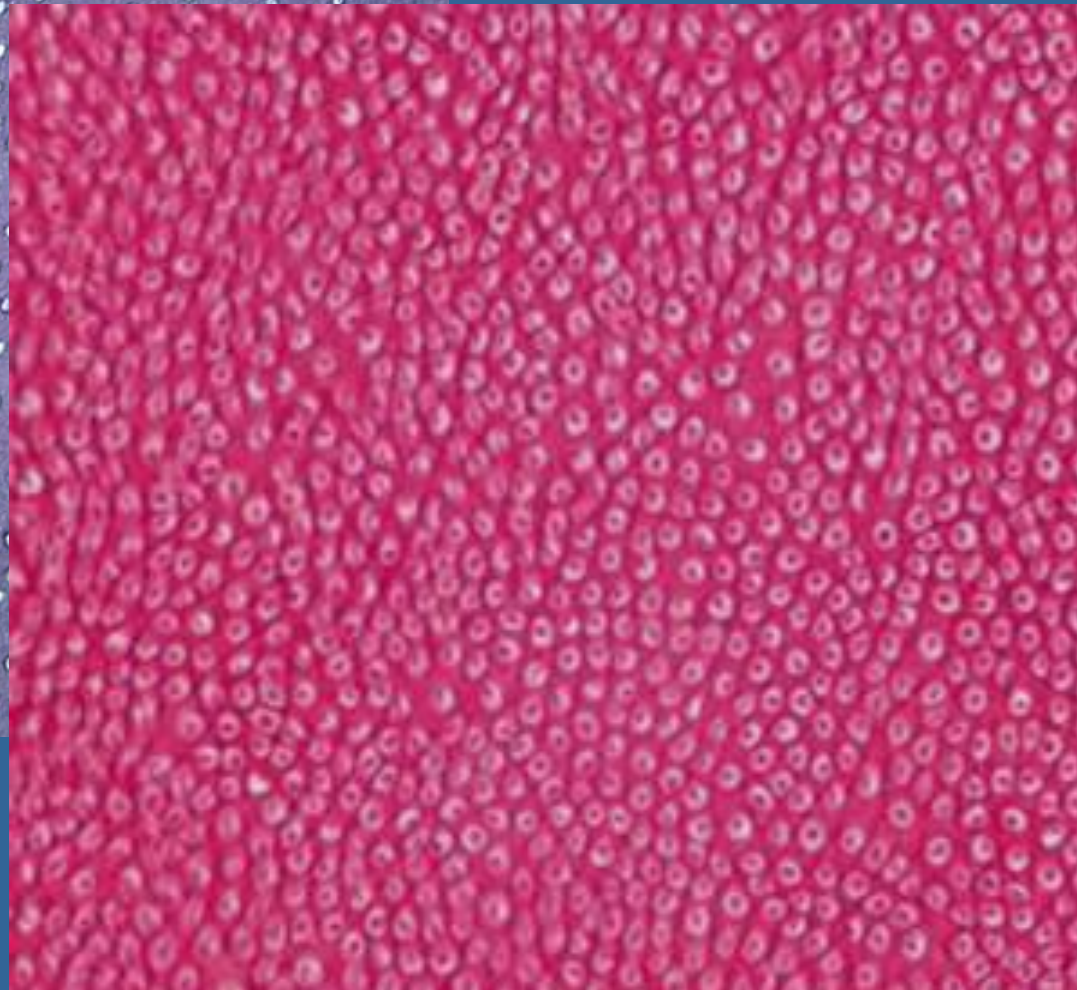
E



na 1 mm² plochy připadá 20 000 až 50 000 (75 000 tubulů)



Příčný průřez dentinovými tubuly
(PAS, obj. 40x)



Dentinové kanálky s Tomesovými vlákny
transverz. (Saturnová červeň, obj. 40x)

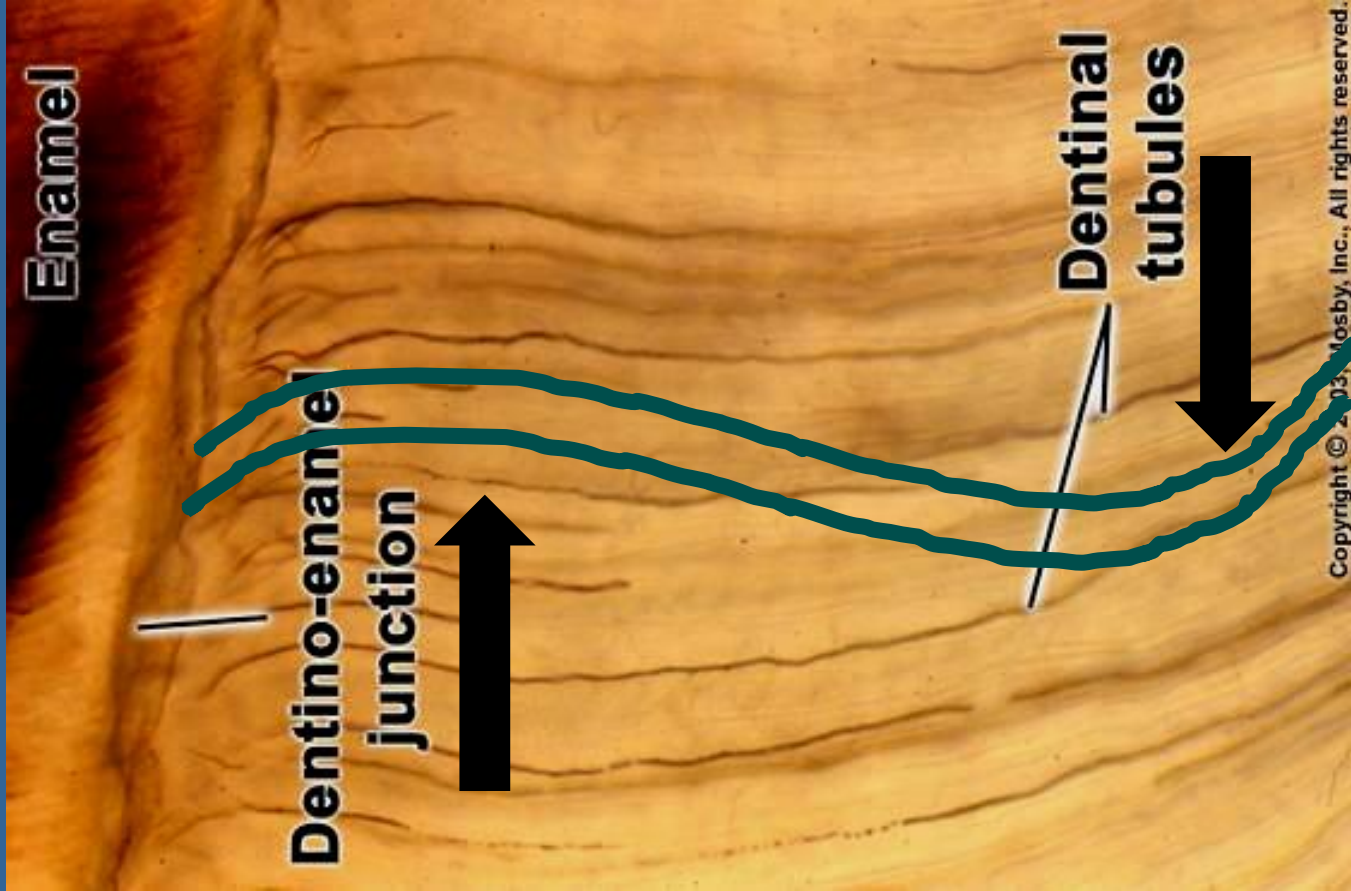
Průběh dentinových tubulů

mají **esovitý průběh** (2 ohyby - **primární ohnutí**)

od dřeně směrem k dentinosklovinné (cementodentinové) junkci konvexita prvního ohybu směřuje k apexu a dalšího ohybu koronálně

na zubních výbrusech odpovídají primárnímu ohnutí tzv. **Schregerovy čáry** (patrné v korunkové části dentinu)

e m a i l



p u l p a

primární ohnutí tubulu



CROWN

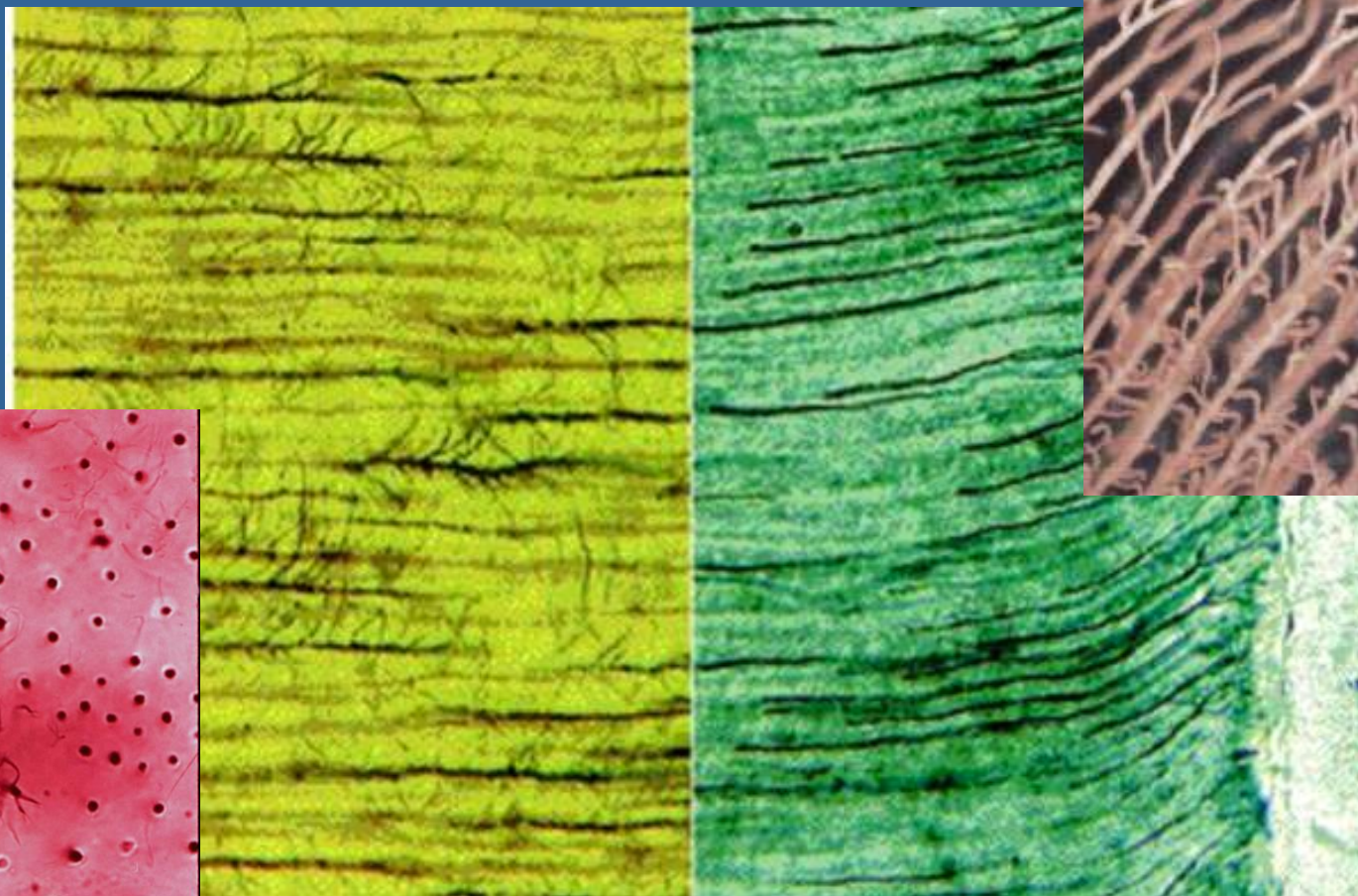


ROOT

kromě esovitého primárního ohnutí na tubulu dalších až 200 **sekundárních ohnutí**
primární a sekundární ohnutí tubulů způsobena **migračními pohyby odontoblastů**
během ukládání dentinové matrix

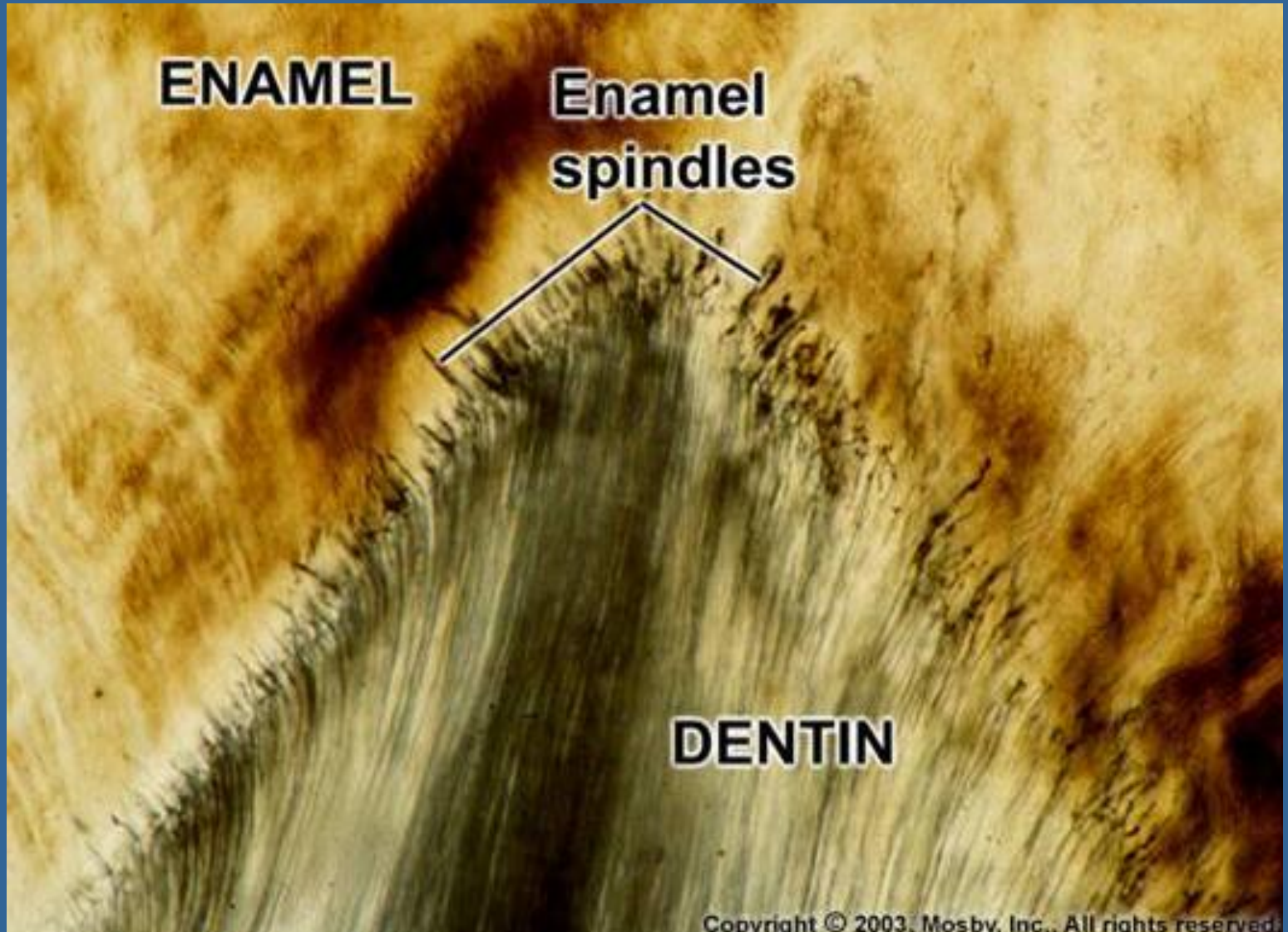
světlost dentinových kanálků na dřevňové straně dentinu dosahuje **2–4 um**
a pozvolna se zmenšuje za jejich současného větvení směrem k
dentinoklovinnému (resp. dentinocementovému) rozhraní

sousední tubuly propojeny anastomózami (**tubiculi**)

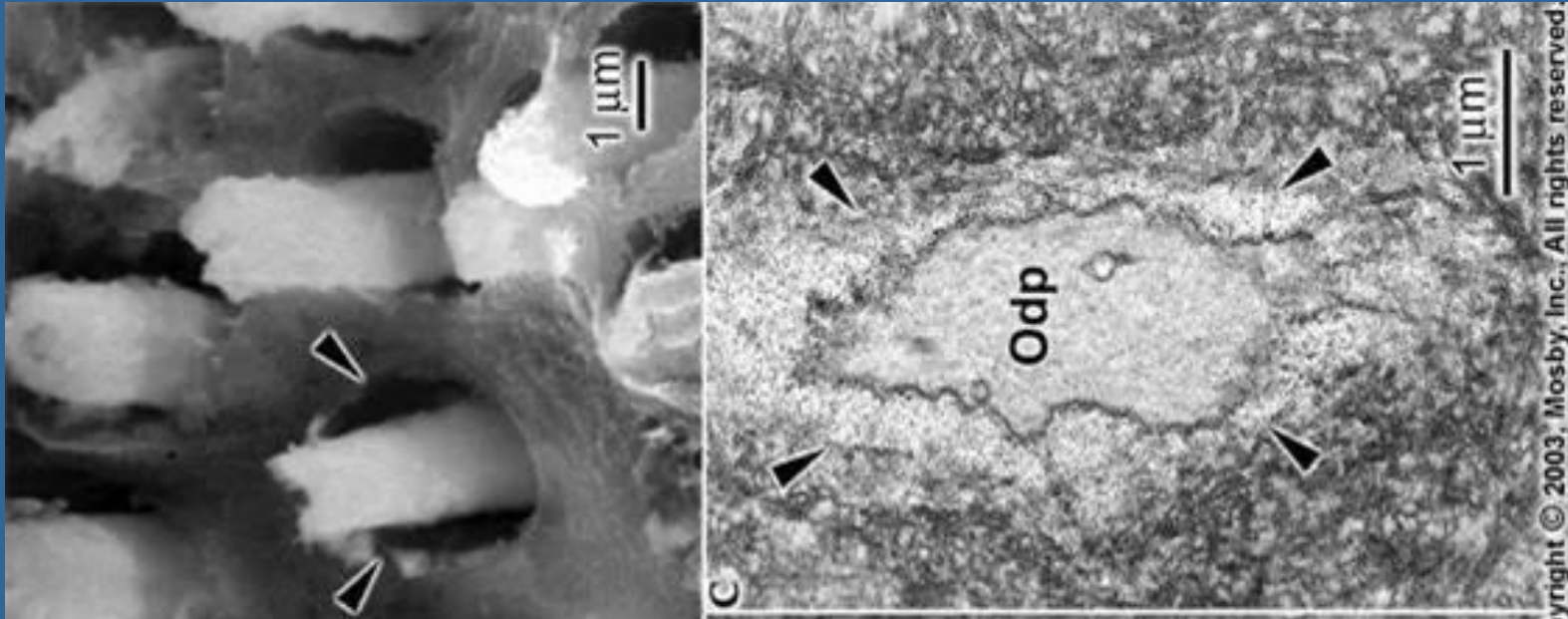


pulpární povrch dentinu se vstupy do dentinových tubulů

Sklovinná vřeténka (fusus enameli) – jsou extenze dentinových tubulů do skloviny



mezi stěnou tubulu a Tomesovým vláknem je **periodontoblastický prostor**, obsahuje tekutinu a mukopolysacharidový materiál - k průkazu PAS reakce **Neumannova pochva**



funkce odontoblastů :

- u zdravých zubů aktivní po celou dobu jejich trvání a produkují dentinovou matrix
- výběžky odontoblastů zajišťují látkovou výměnu a obměnu dentinové matrix, udržují světlost kanálků
- výběžky se účastní percepce (vnímání) bolesti

Dentinová matrix

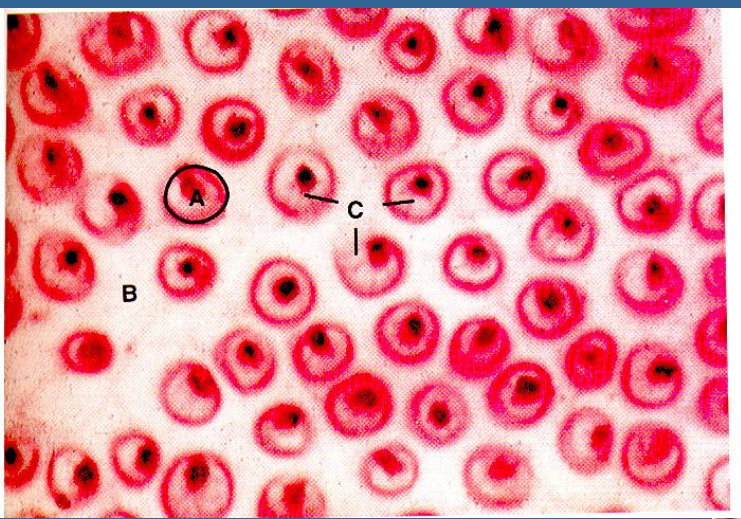
z kolagenních fibril (kolagen typu I) seskupených do svazečků, které probíhají rovnoběžně s povrchem zubu od hrotu kořene k vrcholu korunky (kolmo na průběh dentinových tubulů)

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

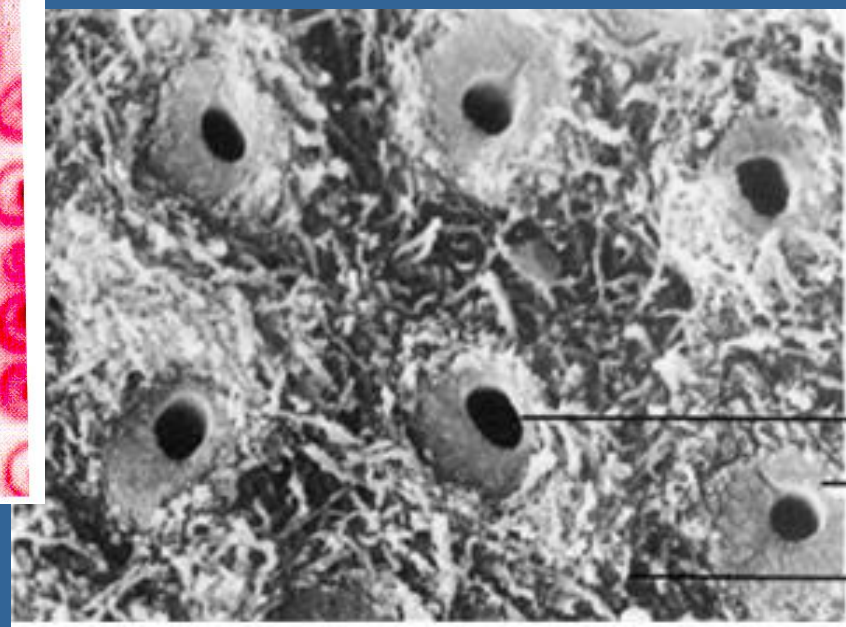
PAMATUJ

v matrix stěny dentinových tubulů kolagenní vlákna nejsou, obsahuje krystaly hydroxylapatitu, má kompaktní vzhled a je asi o 15 % tvrdší než matrix mezi kanálky

peritubulární (intratubulární) **dentin** a **intertubulární dentin**

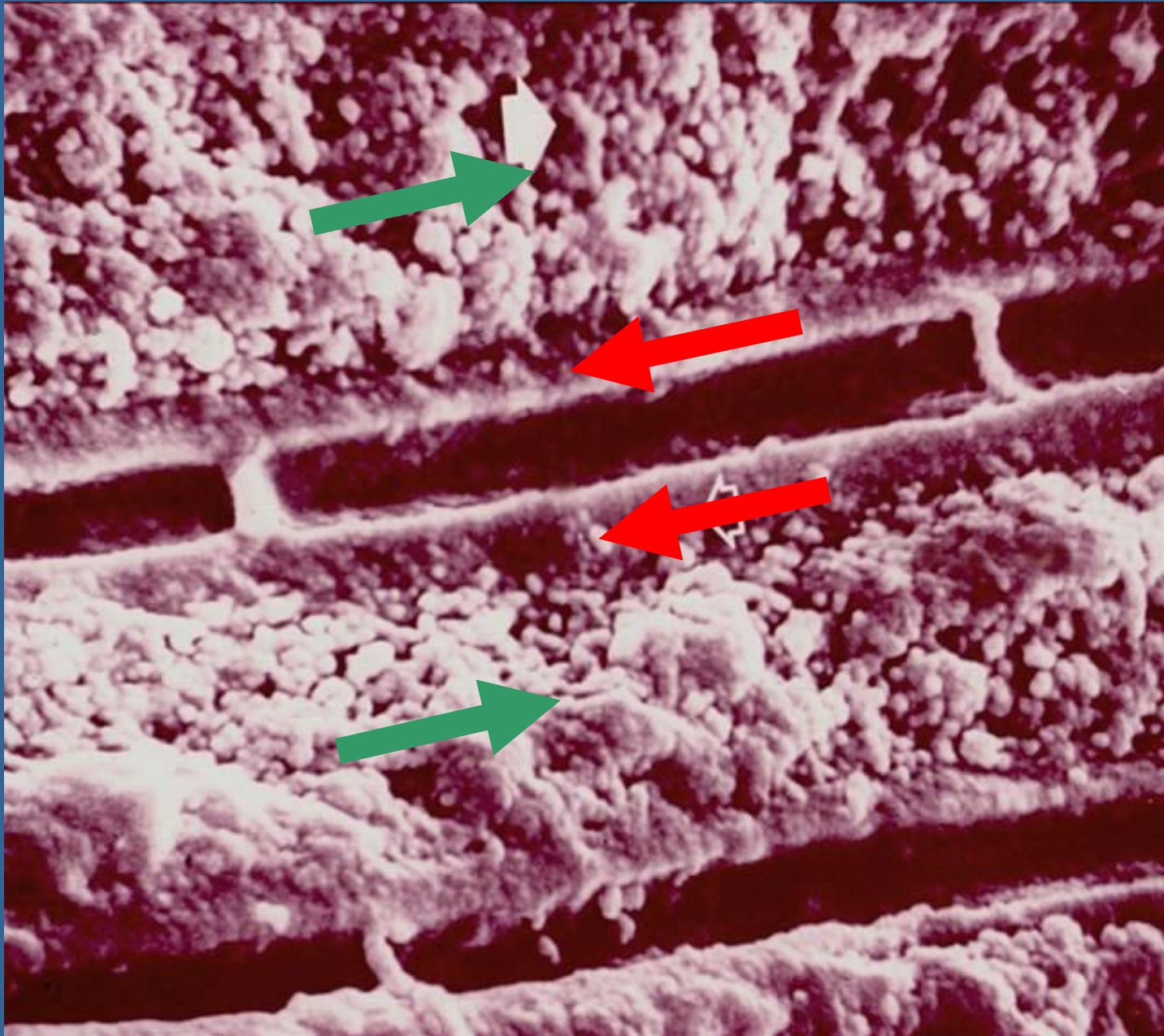


C - peritubulární
B - intertubulární dentin



Tubule
Peritubular dentin
Intertubular dentin

peri - + intertubulární matrix (podélně)



Přírůstkové (inkrementální) čáry dentinu

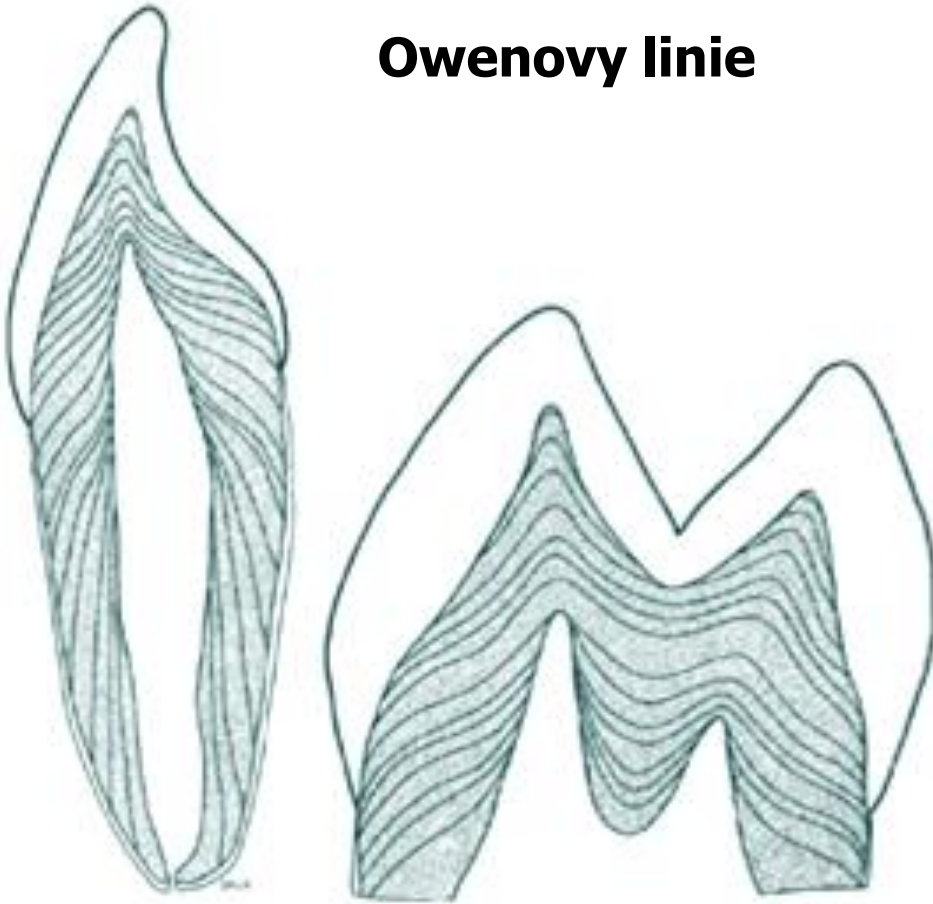
projevem postupného ukládání a mineralizace dentinu
na podélných výbrusech - jako linie probíhající rovnoběžně s dřevovou dutinou

linie von Ebnerovy - vzdálenost **4-8 um** - denní přírůstky (na obarvených řezech)

linie Owenovy - vzdálenost **15-30 um** - společné vápenatění 4 -5 denních přírůstků

A

Owenovy linie



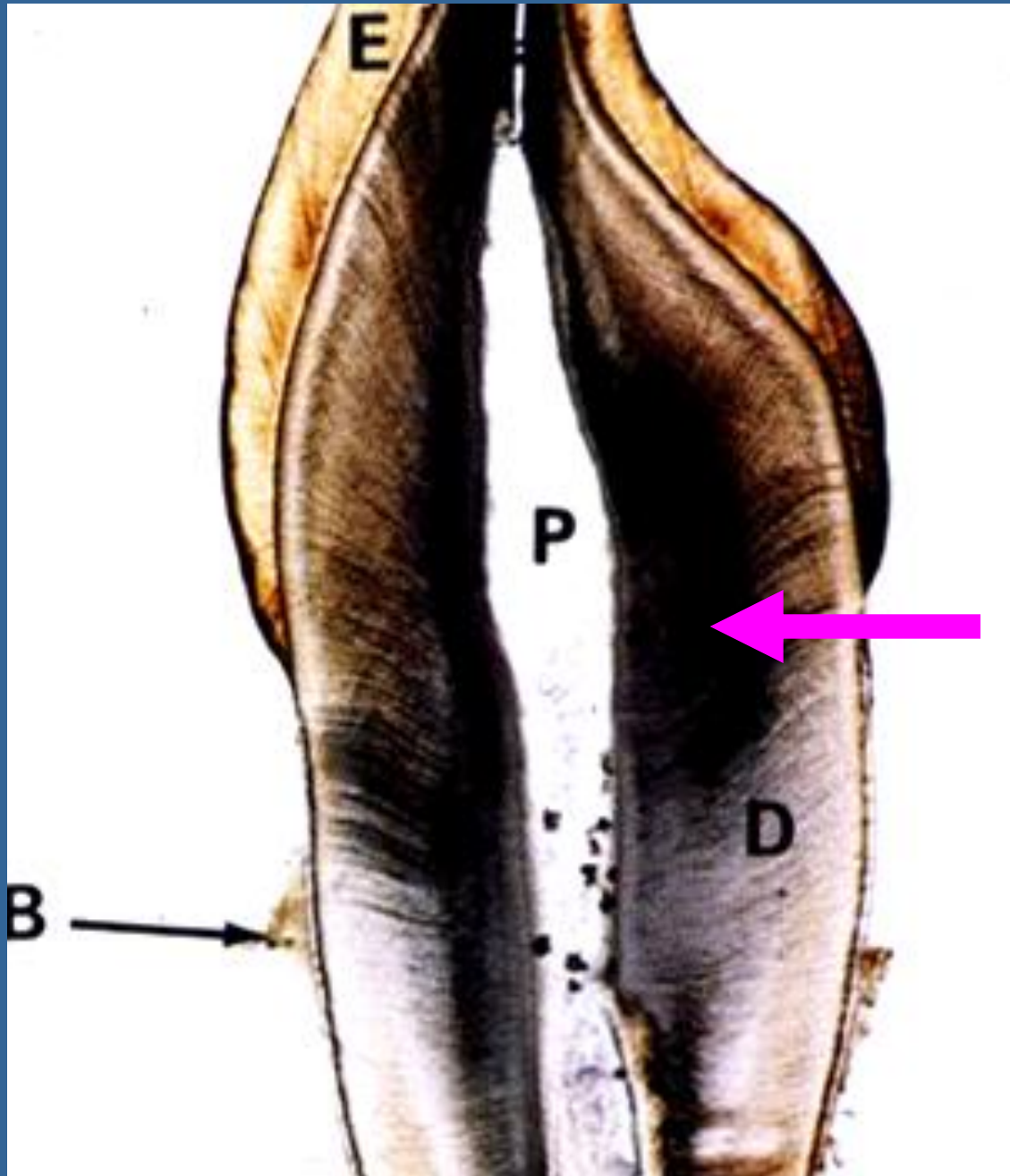
Owenovy linie - na příčných výbrusech jsou uspořádány cirkulárně



u **dočasných zubů** bývá tzv. **neonatální čára** = výrazná Owenova linie, která se vytváří v prvních dnech života

- odděluje fetálně vytvořený dentin od dentinu ukládaného později- tj. postnatálně

Typy dentinu

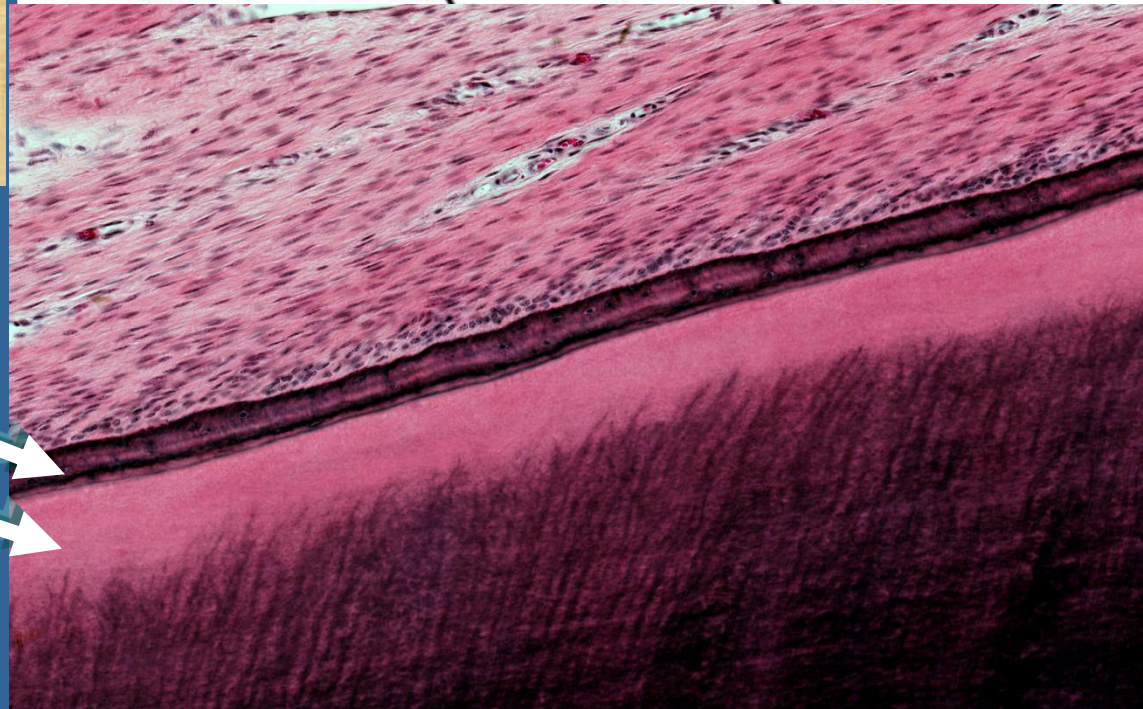
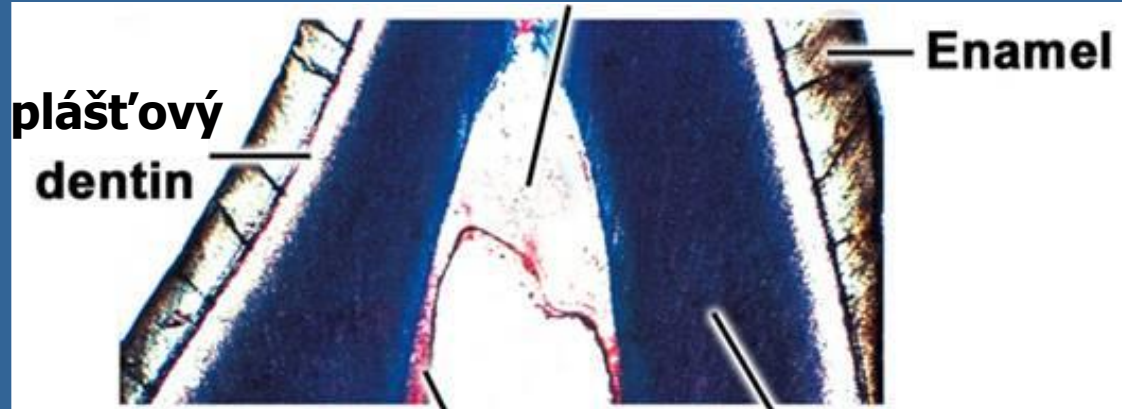
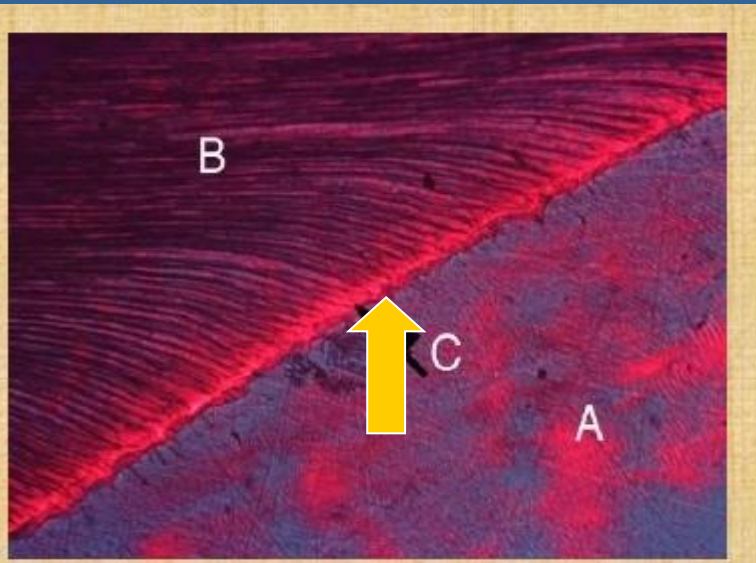


A) podle struktury a uložení (vztahu k dřeňové dutině) se rozlišuje:

- **plášťový dentin**
- **interglobulární dentin**
- **cirkumpulární dentin** (cca 90% tloušťky)
- **interdentin**
- **predentin**

Plášťový dentin

první dentin, **tloušťka asi 30 um** (asi o 5 % méně mineralizován než cirkumpulární, kolagenní vlákna orientována kolmo k dentinosklovinnému rozhraní (tzv. Korffovy svazečky), končí v něm terminální úseky dentinových tubulů s Tomesovými vlákny



cement

plášťový dentin

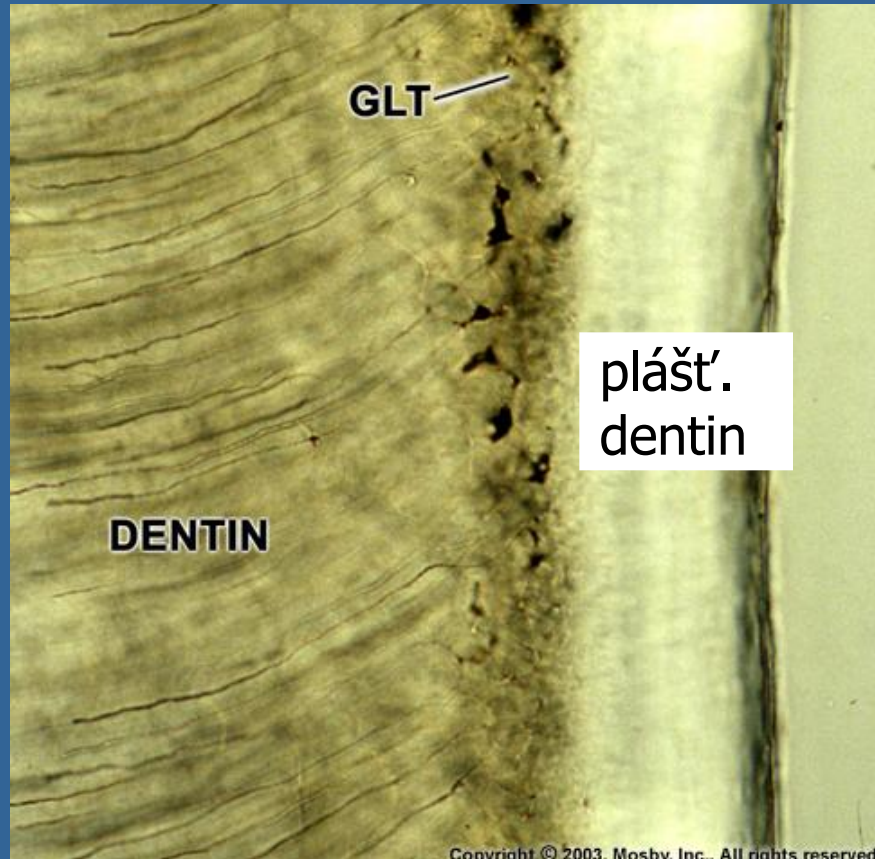
Interglobulární dentin

nedostatečně zvápenatělý dentin, v němž nedošlo k fúzi
dentinových globulí, zvaných kalcisférity

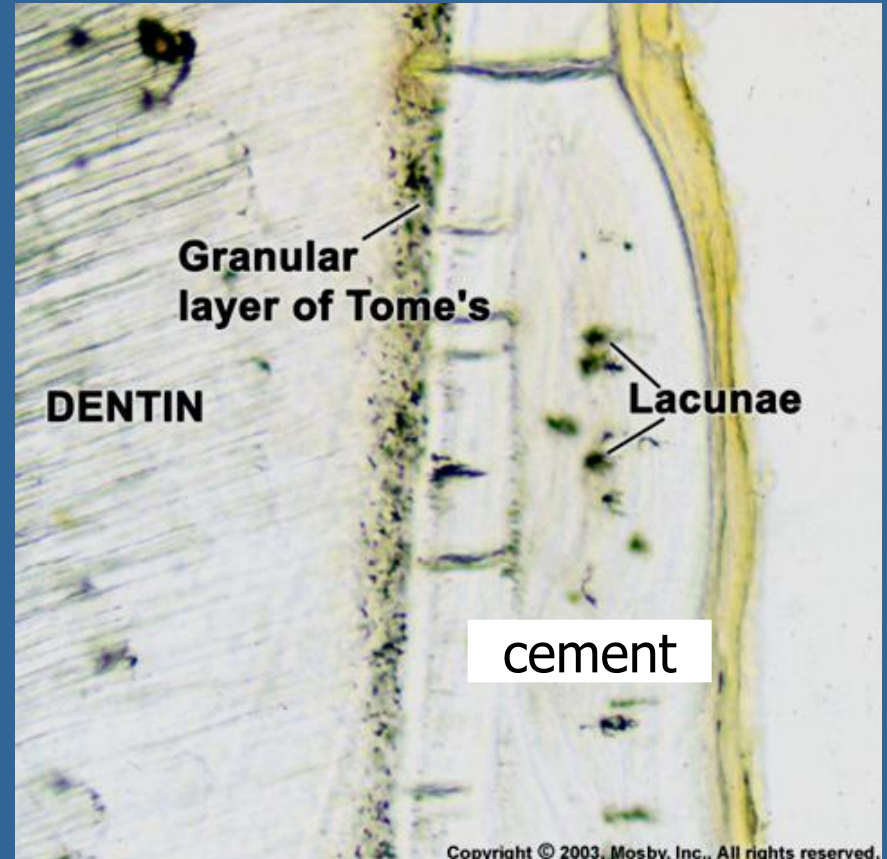
- na odvápněných řezech - mramorovaný vzhled, způsobený střídáním
modrofialově a růžově zbarvených okrsků // na zubních výbrusech z
macerovaných zubů tvar **lakun** (korunka) nebo **malých dutinek** (kořen)

Czermakovy lakuny (GLT)

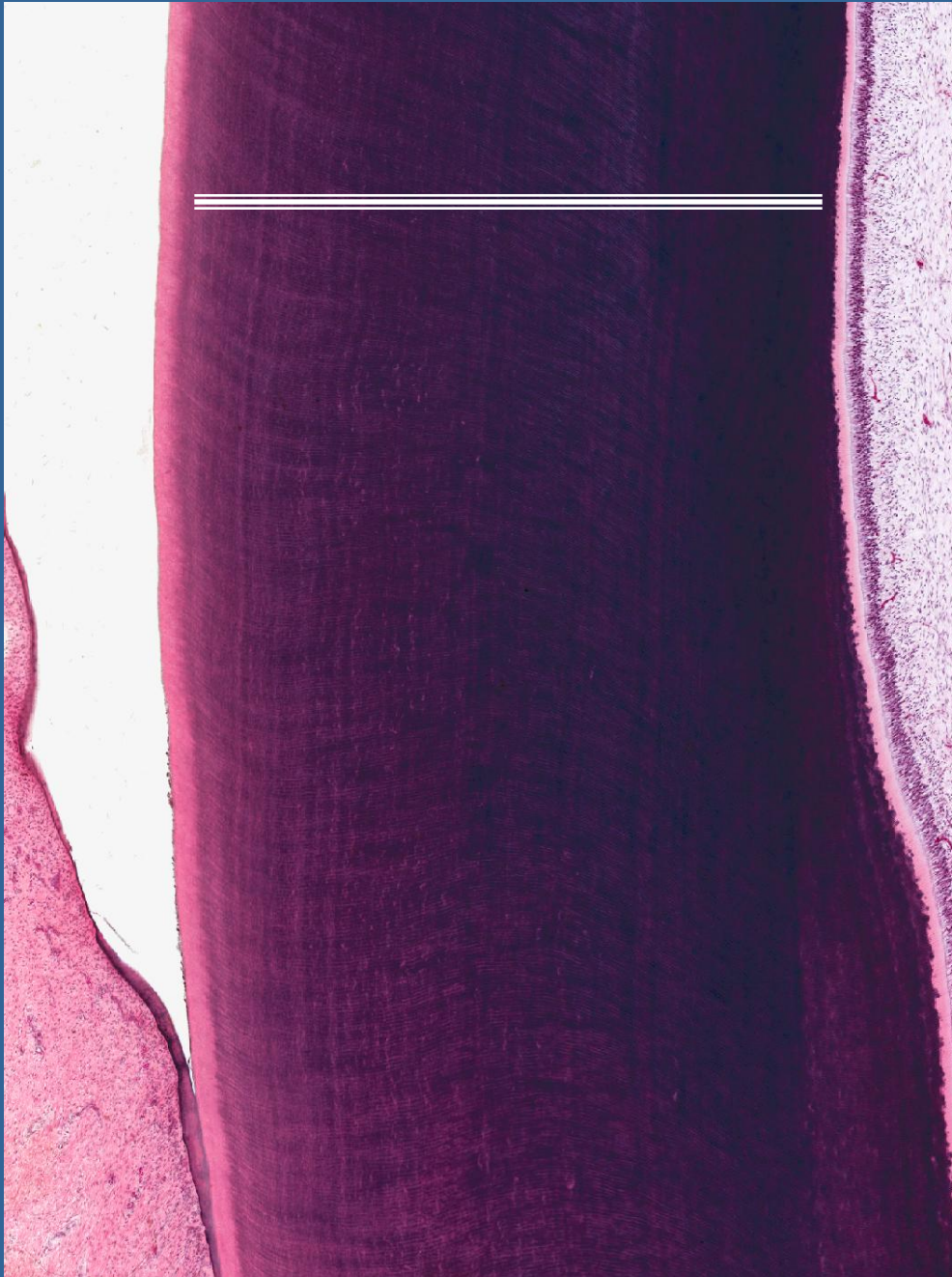
/stratum globulare - **korunka**



Tomesova zrnitá vrstva - **kořen**



Cirkumpulární dentin



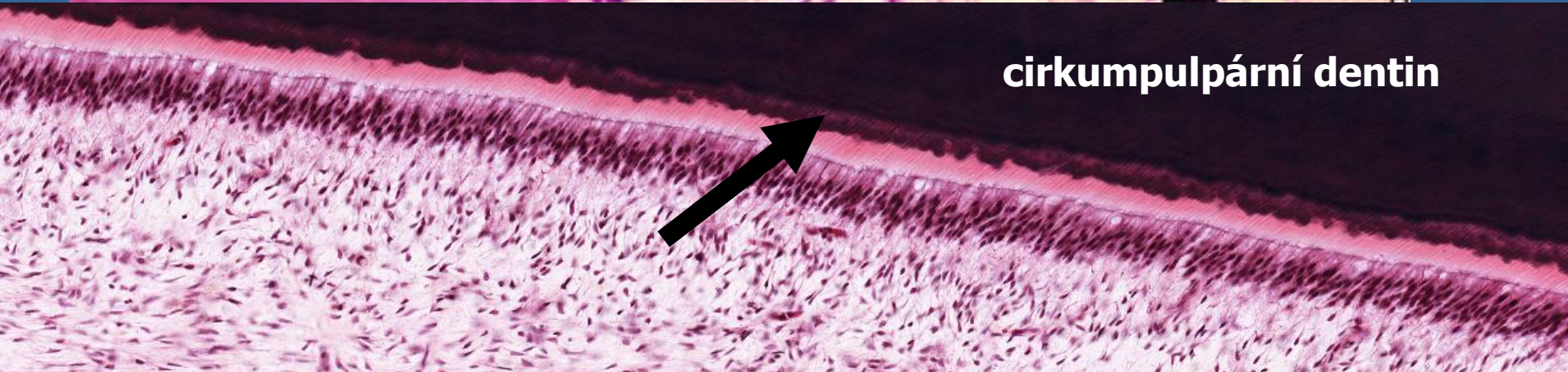
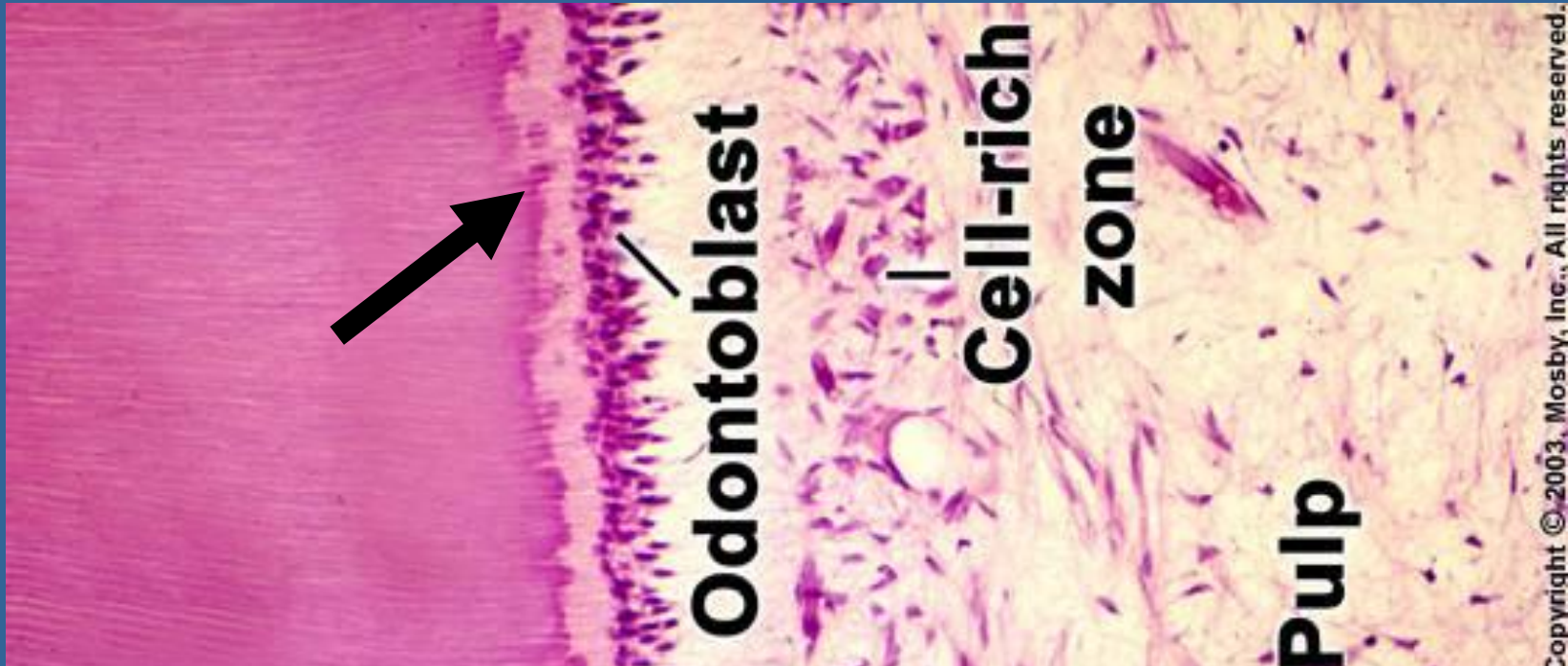
tvoří 9/10 tloušťky
obsahuje souběžné dentinové tubuly



predentin

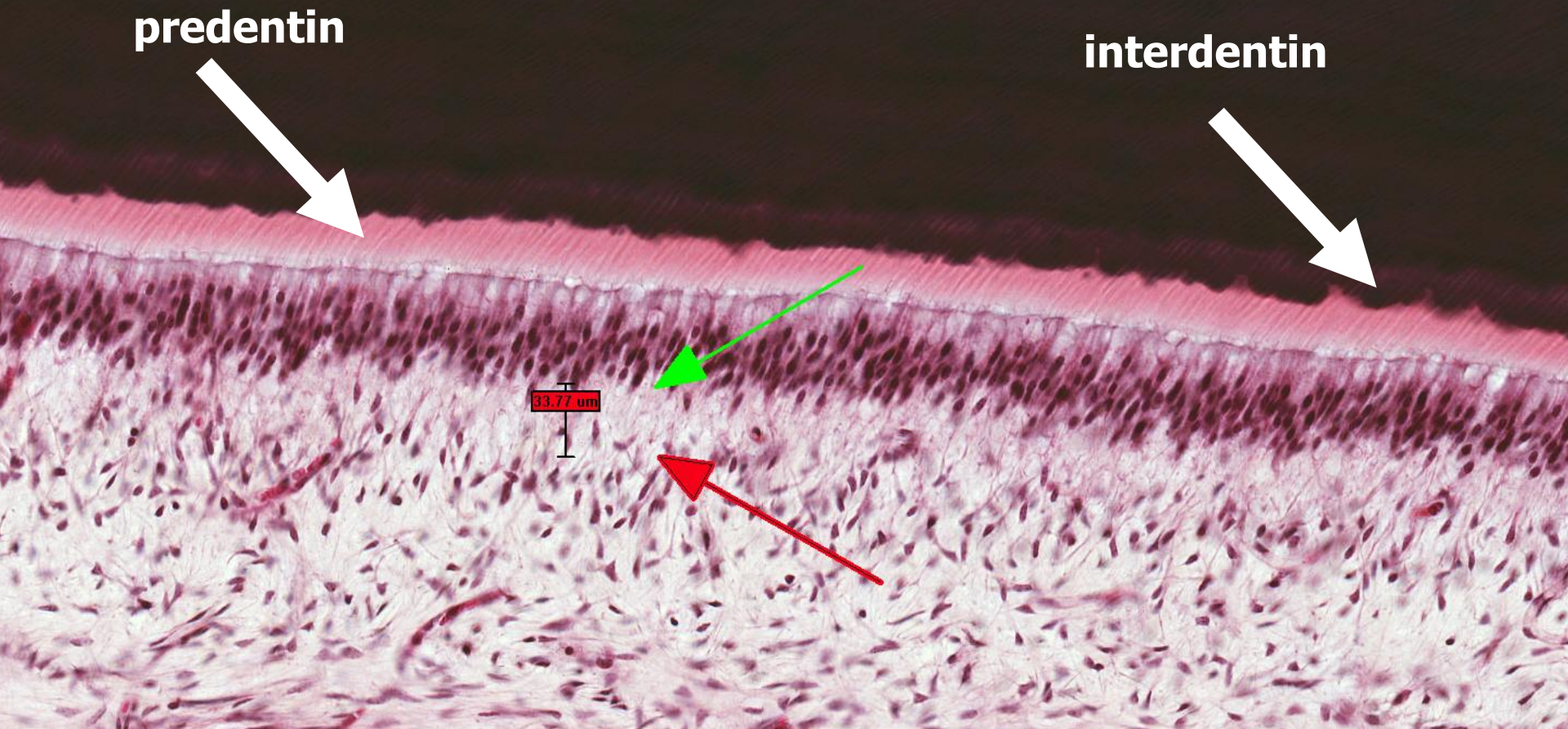
Interdentin

– tenká zóna mezi cirkumpulpárním dentinem a predentinem, kde končí mineralizace dentinu / vykazuje tmavší zbarvení



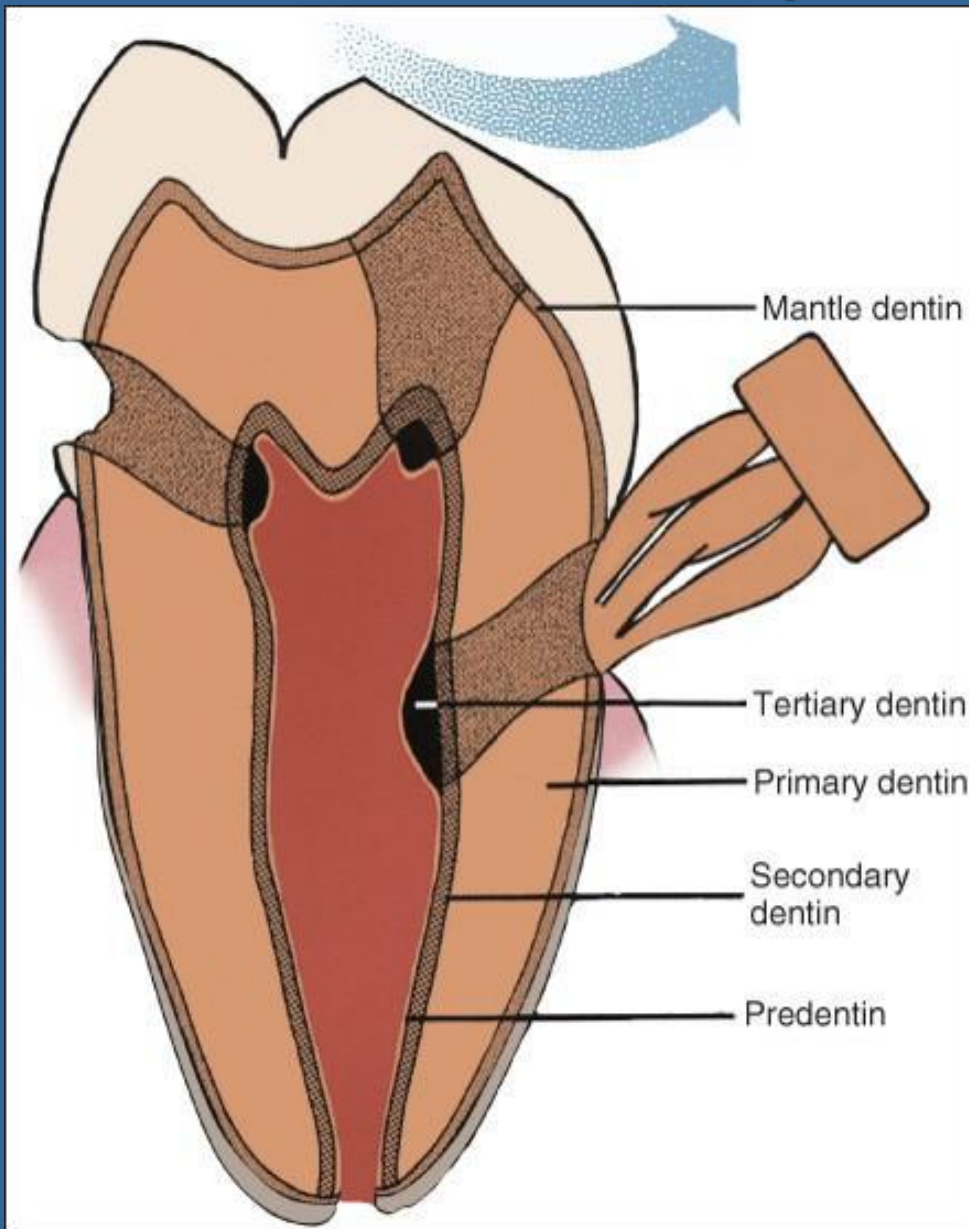
Predentin

(dentinoid) - uložen v blízkosti odontoblastů, u dočasných i trvalých zubů za normálních okolností nikdy nekalcifikuje (měkký)
na HE preparátech má růžové zbarvení



pod odontoblasty Weilova zóna

B) podle doby vzniku - sekrece a ukládání dentinové matrix se rozlišuje:
primární, sekundární a terciární dentin



Primární dentin

vzniklý během vývoje zubu (pre- i postnatálně)

poměrně rychlé ukládání

dentinové tubuly probíhají bez přerušování celou tloušťkou

u dočasných zubů tvoří veškerý dentin korunky a kořene

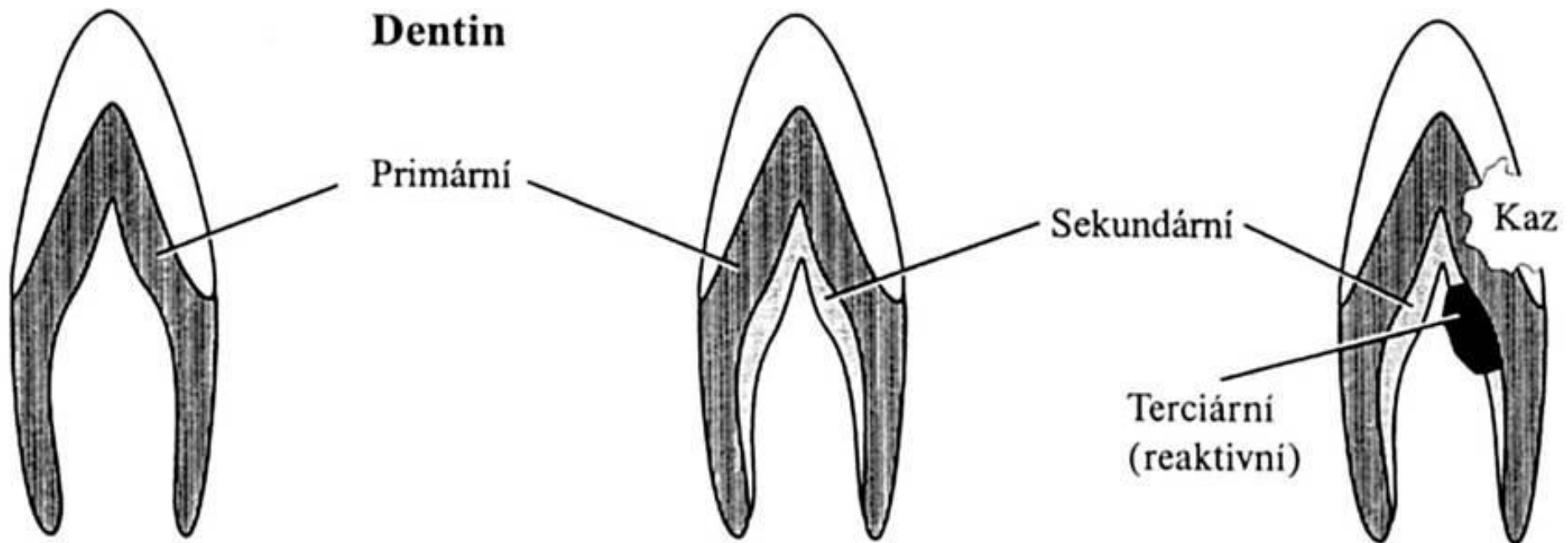
Sekundární dentin

tvorba a ukládání začíná až po **ukončení vývoje zubních kořenů**, když jejich zubní korunky dosáhly okluzní roviny a zuby jsou funkčně zatěžovány

výskyt: **u zubů trvalé dentice**

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

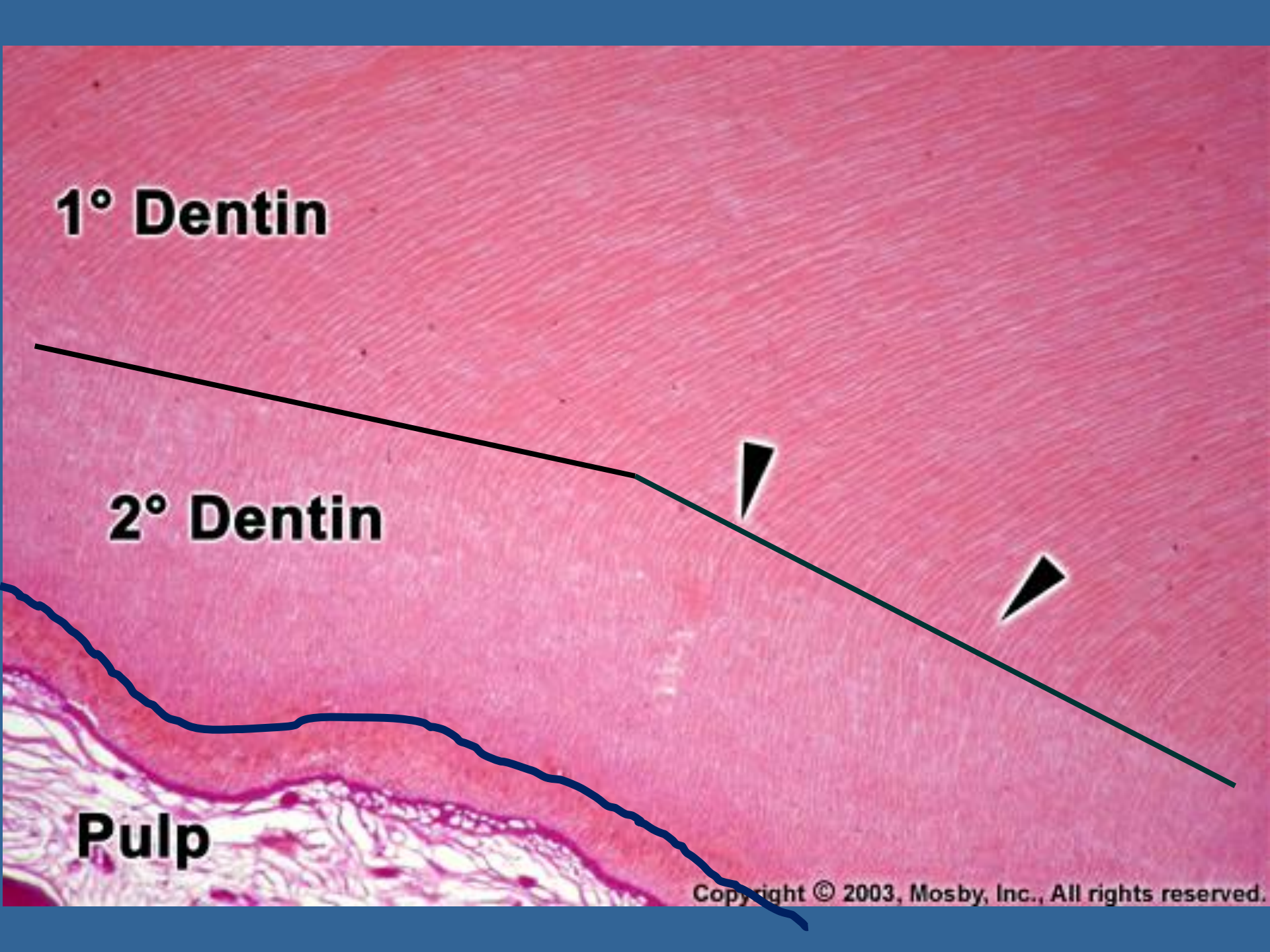
důsledkem ukládání sekundárního dentinu je redukce dřevové dutiny



1° Dentin

2° Dentin

Pulp



Terciární dentin

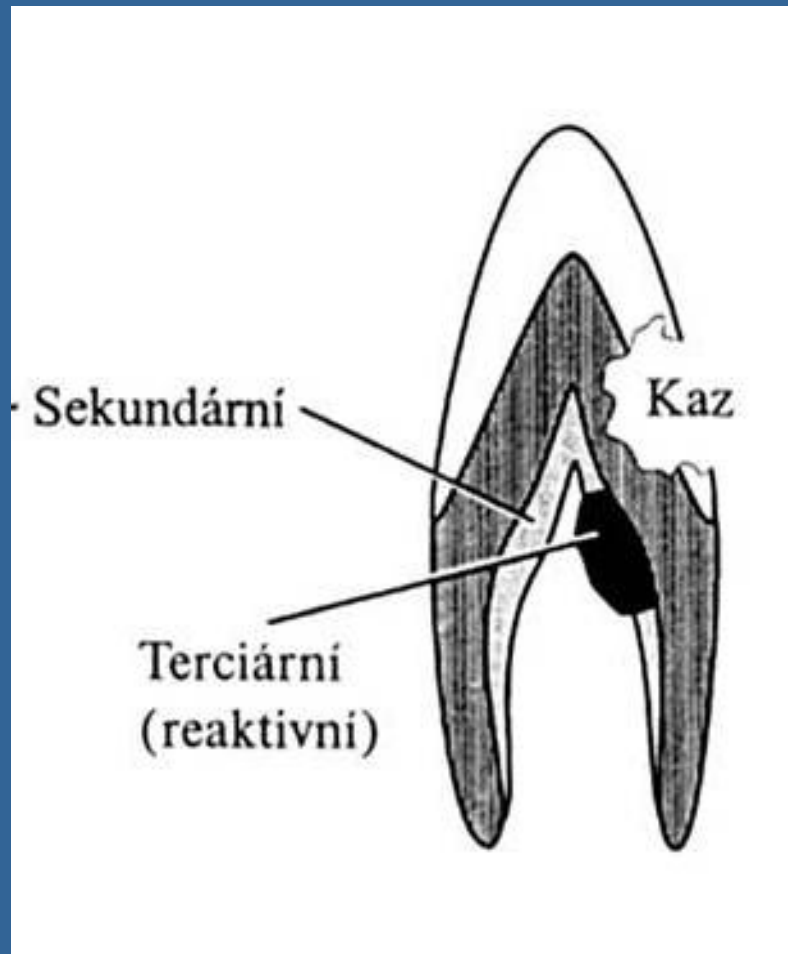
produkují odontoblasty při déleodobém dráždění (v místě kariézního ložiska, zvýšené zatěži zubu u chybně adjustovaných korunek, infekcích pulpy, aj)

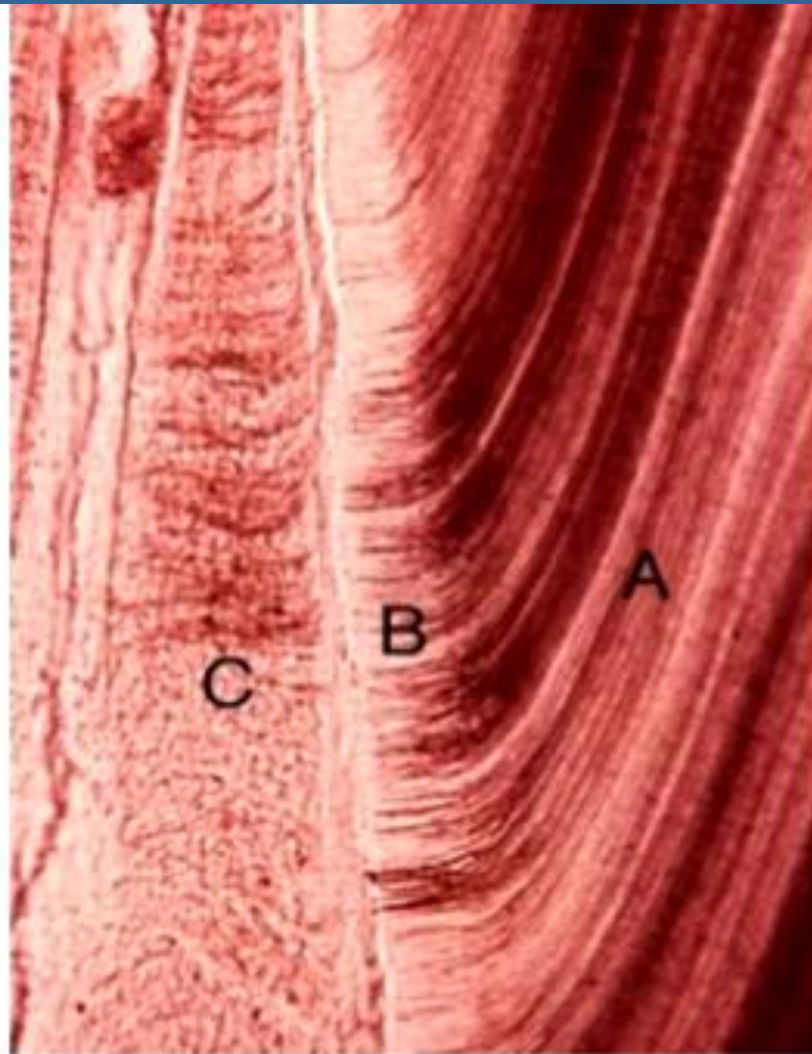
// **reparativní** nebo **reaktivní dentin**
(obranný d., osteodentin)

- rychlá tvorba
- ohraničená ložiska (fokusy)

dentinové tubuly mají chaotické uspořádání, často chybí

zajišťuje protekci zubní dřeně,
jelikož tubuly terciárního dentinu nejsou propojeny s tubuly sekundárního (primárního) dentinu





A, Primary dentin;
B, Secondary (regular) dentin;
C, Reactive dentin

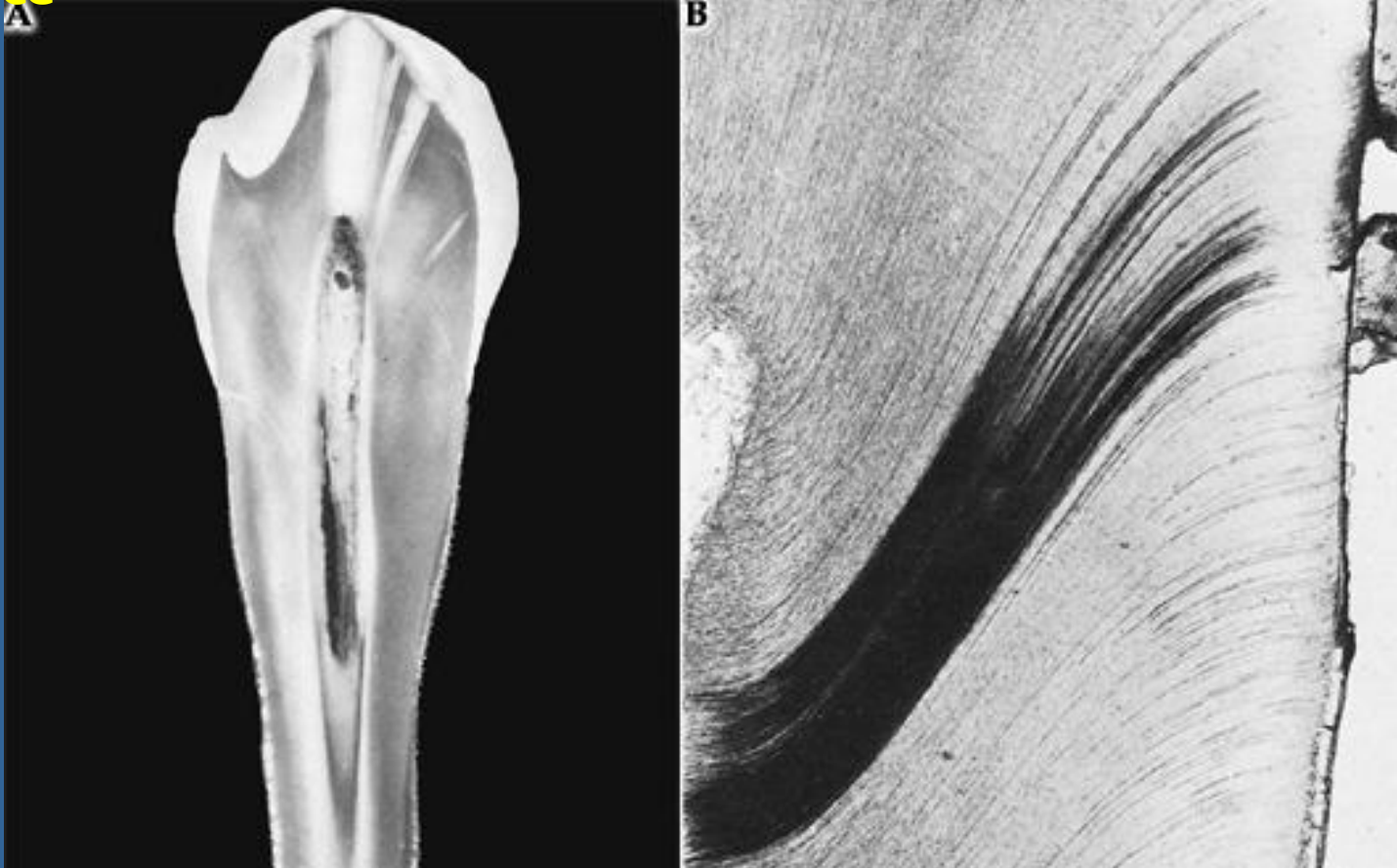
Sklerotický dentin (transparentní dentin)

dentin se zaniklými (okludovanými) tubuly

vzniká apozicí (tloustnutím) peritubulárního dentinu, když zaniknou Tomesova vlákna
vytváří se v korunkové části a přibývá ho s věkem /projev stárnutí/

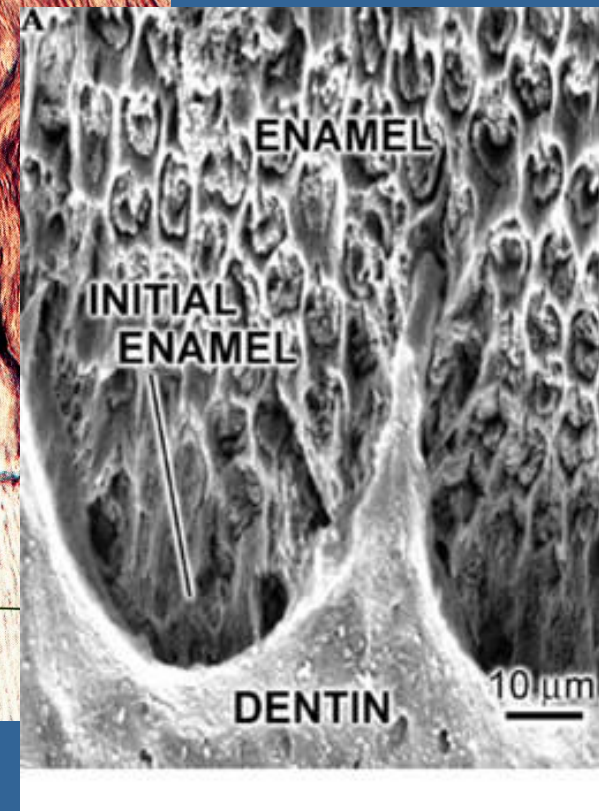
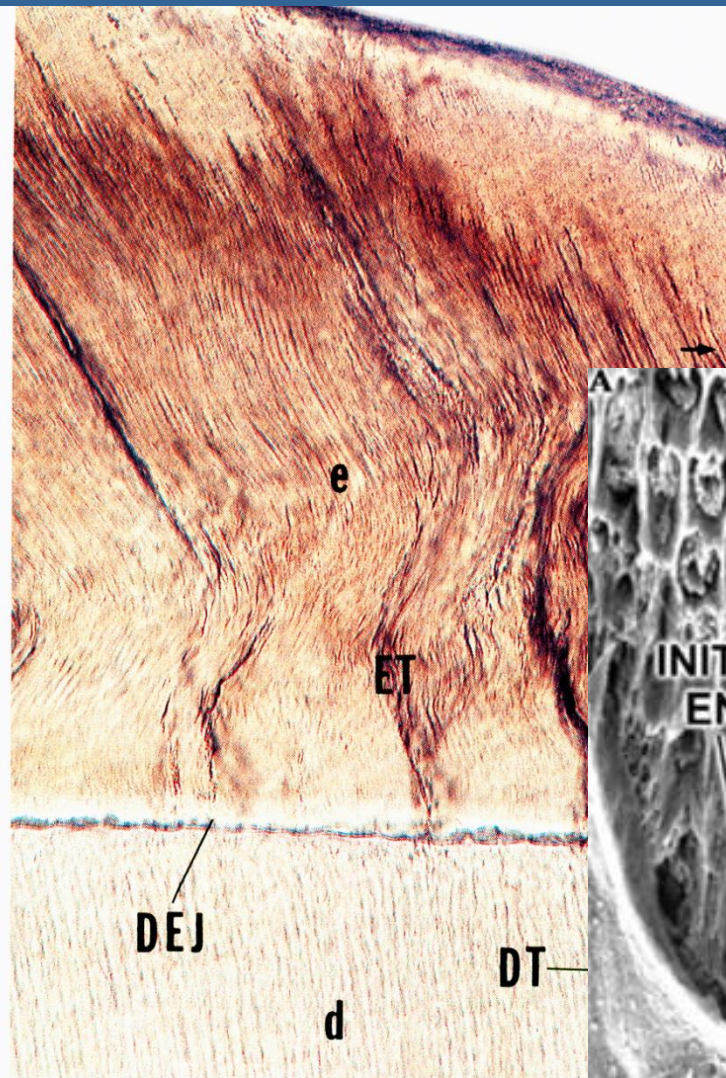
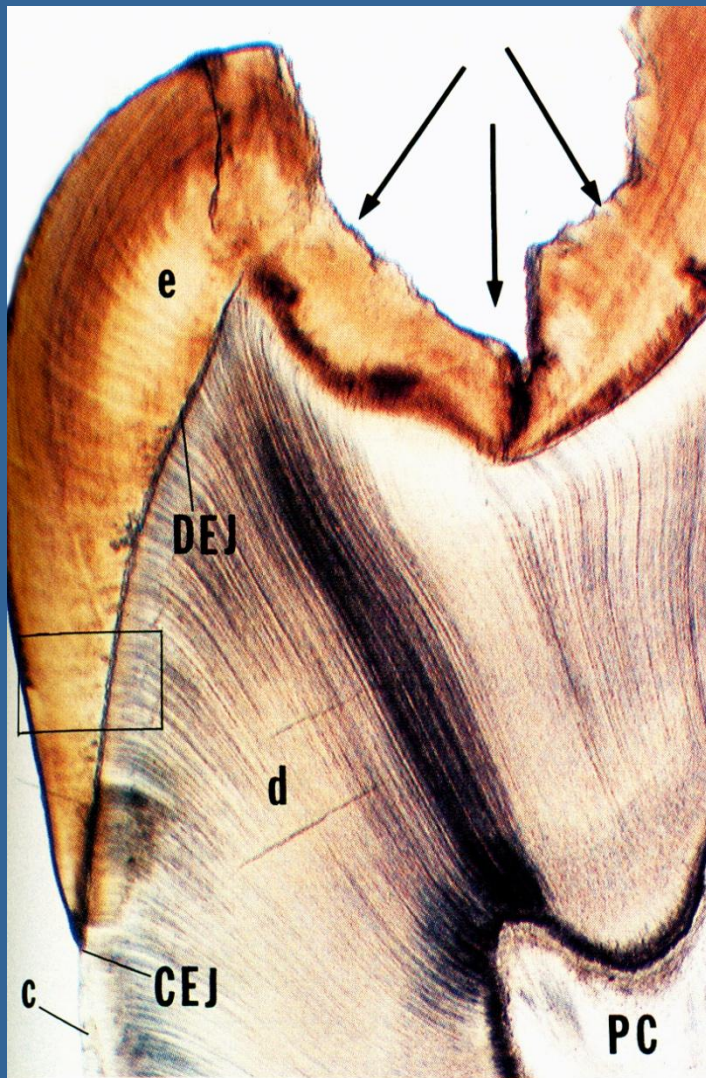
sklerotický dentin má **jantarovou barvu** a uvádí se, že je odolnější vůči zubnímu kazu

forezní význam: podle množství (ložisek) sklerotického dentinu lze stanovit věk jedince



Spojení dentinu s ostatními tkáněmi zubu

Dentinosklovinné spojení



Dentinocementové spojení

spojení bývá hladké

naléhají na sebe **plášťový dentin a primární cement**

někdy bývá mezi ně vložena - **intermediální vrstva** (vykazující znaky cementu a dentinu)

PAMATUJ

❖ **dentin nemá cévy - avaskulární tkáň**

výživa odontoblastů z kapilár subodontoblastické sítě pulpy

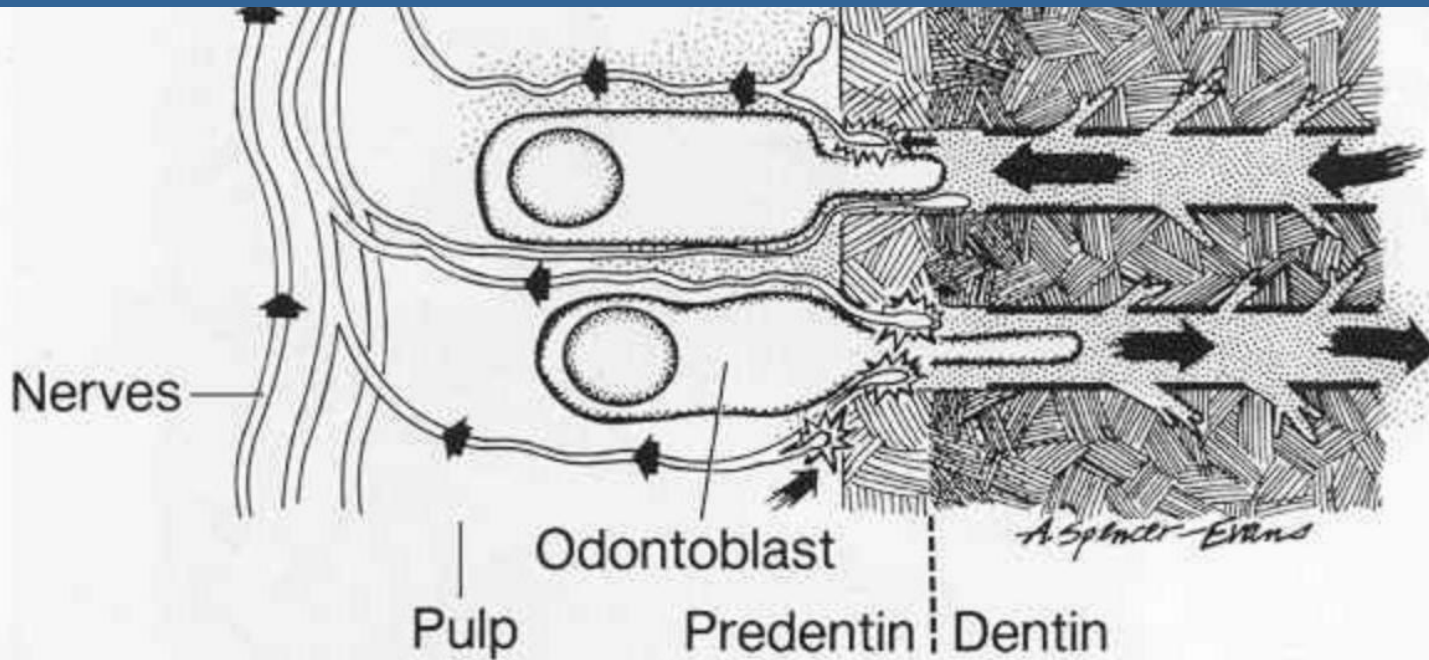
❖ **senzitivita dentinu** - souvisí s nervovými zakončeními zjištěnými v dentinových tubulech, jež pocházejí ze subodontoblastické nervové pleteně, zvané **plexus Raschkowi**

❖ **jedinečnost dentinu** - **perzistuje roky i po zániku odontoblastů** (proto zuby s destruovanou zubní dření a odontoblasty lze využít v **záchovné stomatologii**)

❖ **dentin a zubní kaz**

existují 3 teorie:

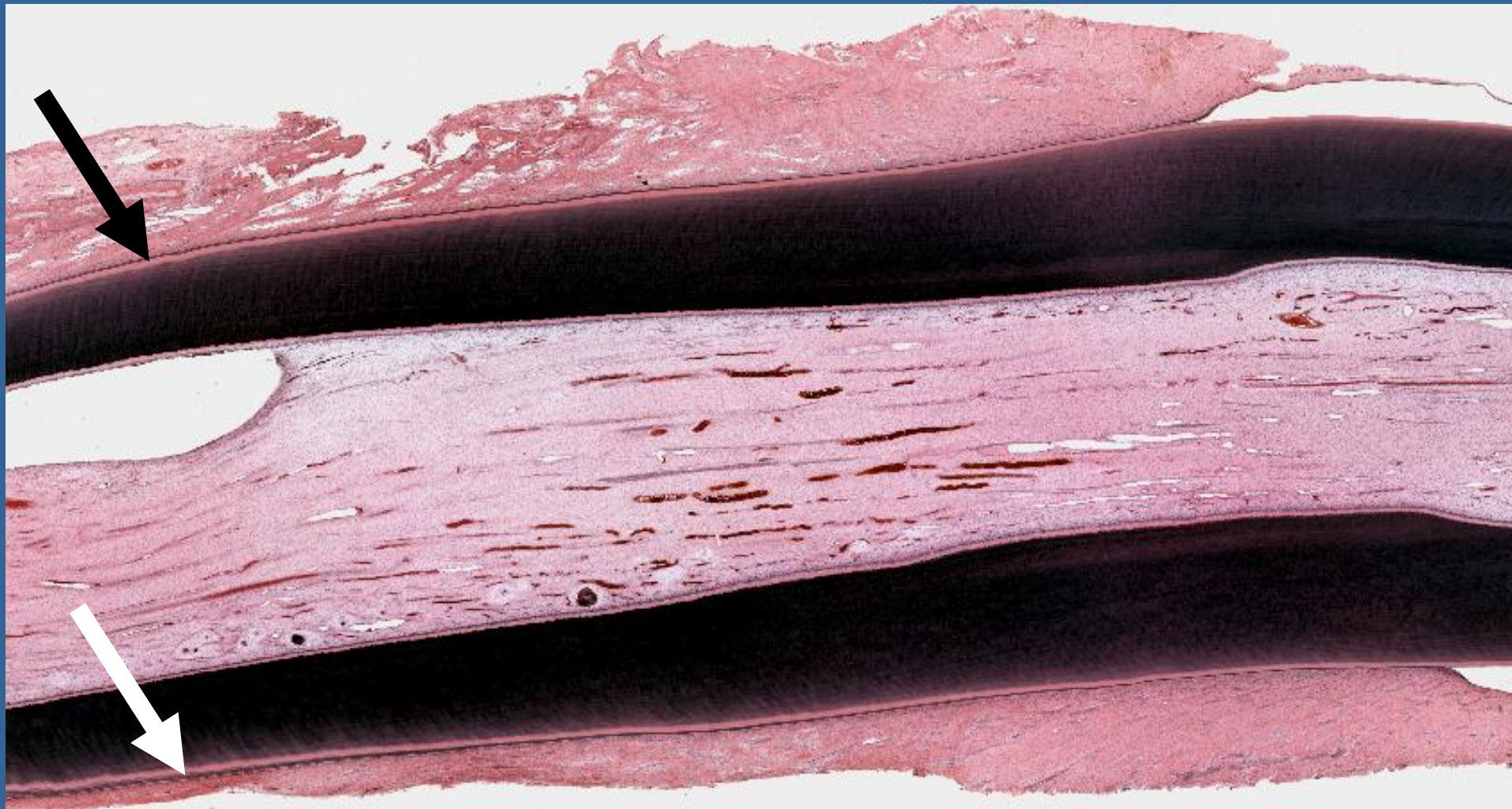
- teorie přímé inervace dentinu
 - transdukční teorie /odontoblasty v roli receptorů/
 - **hydrodynamická teorie:** výběžky odontoblastů fungují jako **mechanoreceptory**, které se působením zevního stimulu se deformují
 - studené = protažení výběžku
 - teplé = zkrácení výběžku
- snímány nervovými zakončeními



Mikroskopická stavba cementu a jeho klinický význam

(cementum, substantia petrosa)

kostní tkáň vláknitého typu nažloutlé barvy kryjící anatomické kořeny zubů
avaskulární



Tvrdé tkáně zubu a lamelózní kost - srovnání

	sklovina	zubovina	cement	lamelózní kost
barva	modrobílá	nažloutlá (slonová kost)	žlutohnědá	žlutohnědá
anorganická složka váh. % (obj.%)	96 (86)	70 (45)	61 (33)	45 (23)
organická složka váh. % (obj.%)	1 (2)	20 (30)	27 (31)	30 (37)
H ₂ O váh. % (obj.%)	3 (11)	10 (25)	12 (36)	25 (40)
kolagenní vlákna	žádná	ano / kolmo k dentinovým tubulům/	ano / plst' /	ano /v lamele stejným směrem/
buňky	ameloblasty chybějí	odontoblasty (uloženy na pulpární straně dentinu)	cementoblasty (cementocyty)	osteoblasty osteocyty
krevní cévy	ne	ne	ne	ano (v Haversových kanálcích)
nervy	ne	ano (na začátku dentinových tubulů)	ne	ano (v Haversových kanálcích)

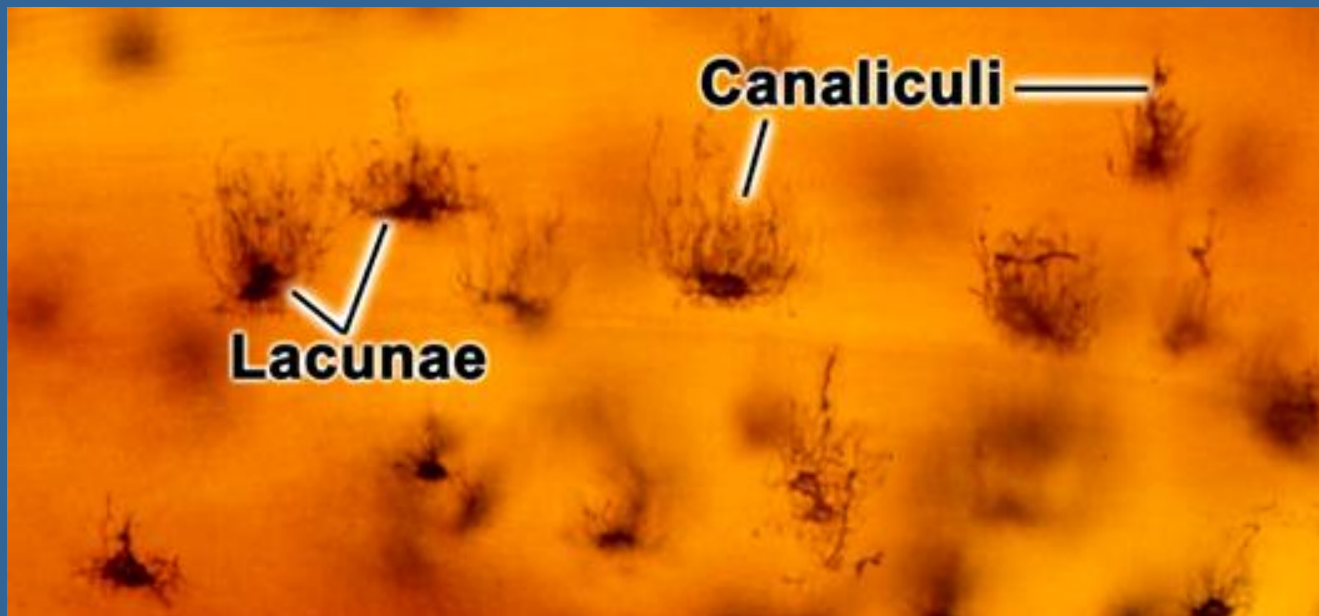
krystality podobné velikosti jako v kostní tkáni a spíše tvaru plotének, kolagen (**I**), glykosaminoglykany, a glykoproteiny (sialoprotein, osteopontin aj).

Mikroskopická stavba cementu

- **cementocyty**
- **mezibuněčná hmota (ECM) = cementová matrix**

Cementocyty

oválné až oploštělé buňky (8-15 um), bazofilní cytoplazma a četné paprsčité výběžky, těla buněk i výběžky uloženy v dutinkách, popř. úzkých kanálcích (obdoba lakun a canaliculi ossium v lamelózní kosti)



Cementová (-tózni) matrix

kolagenní vlákna a zvápenatělá amorfní substance

kolagenní vlákna probíhají ve snopečcích, jejichž orientaci určují síly, které působí na zubní kořeny

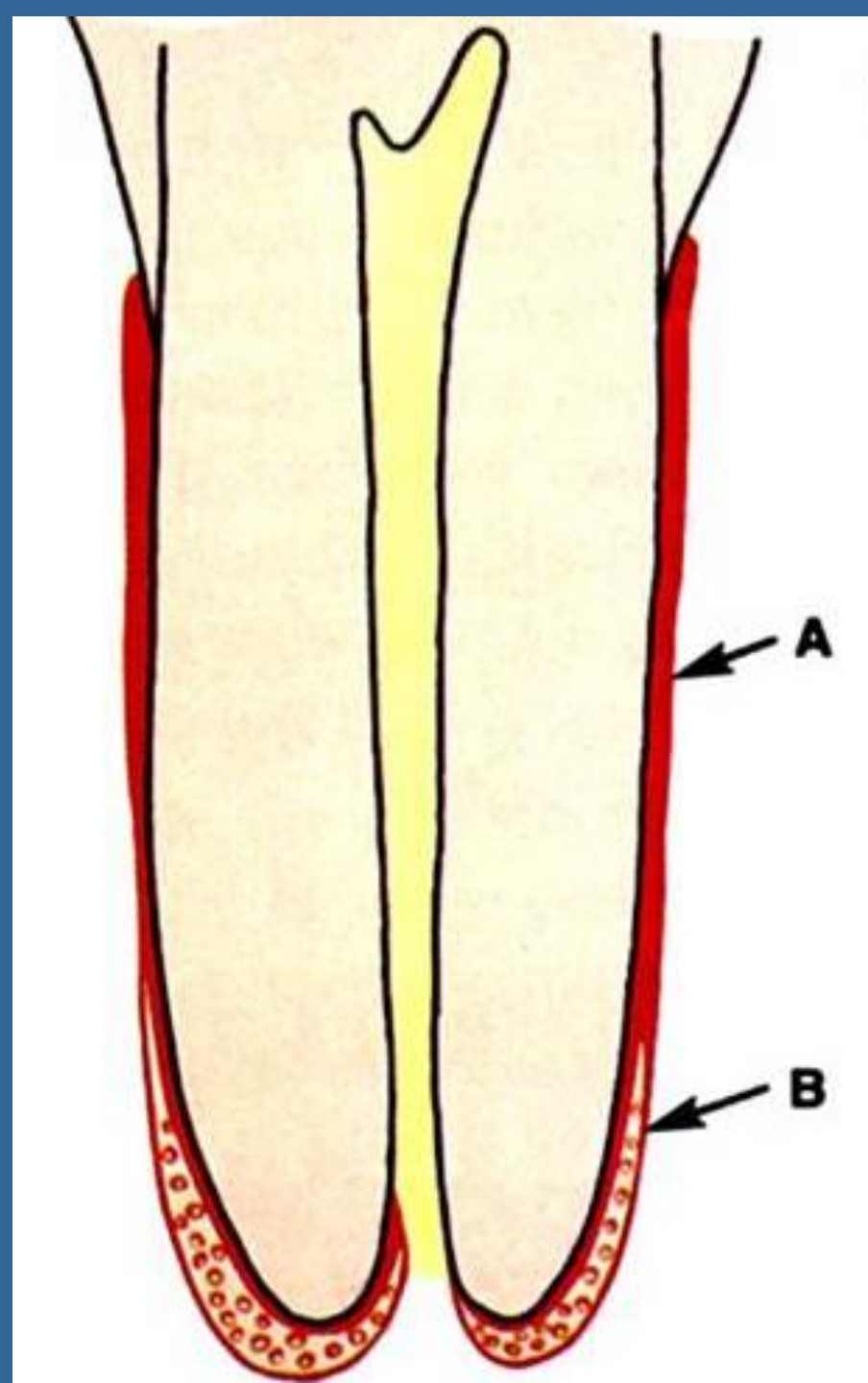
2 druhy cementu:

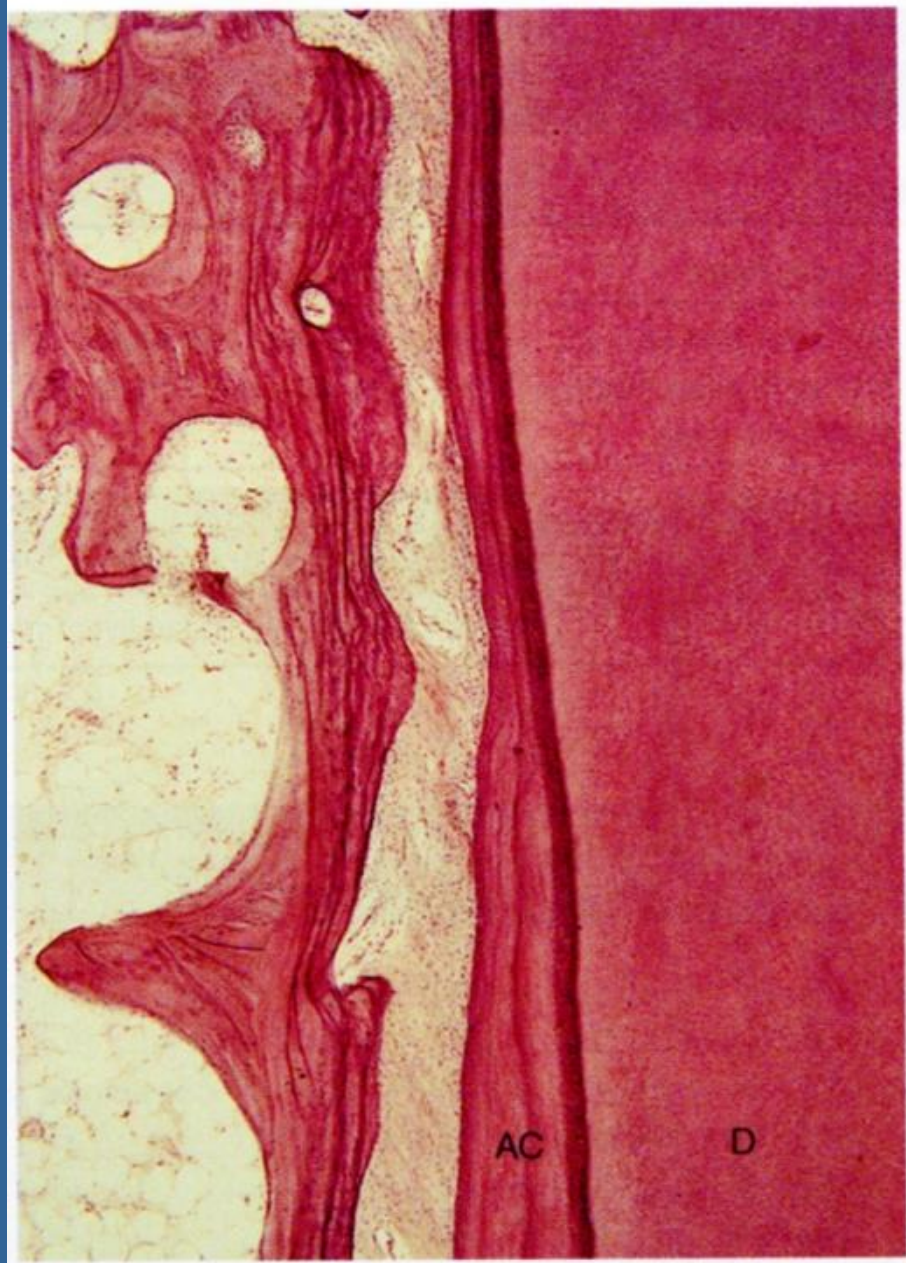
- **cement primární (acelulární)**
- **cement sekundární (celulární)**

primární - bez **cementocytů (A)**
vyskytuje se v celé délce zubního kořene a nasedá přímo na plášťový dentin
tloušťka se pohybuje od **10 do 200 um**

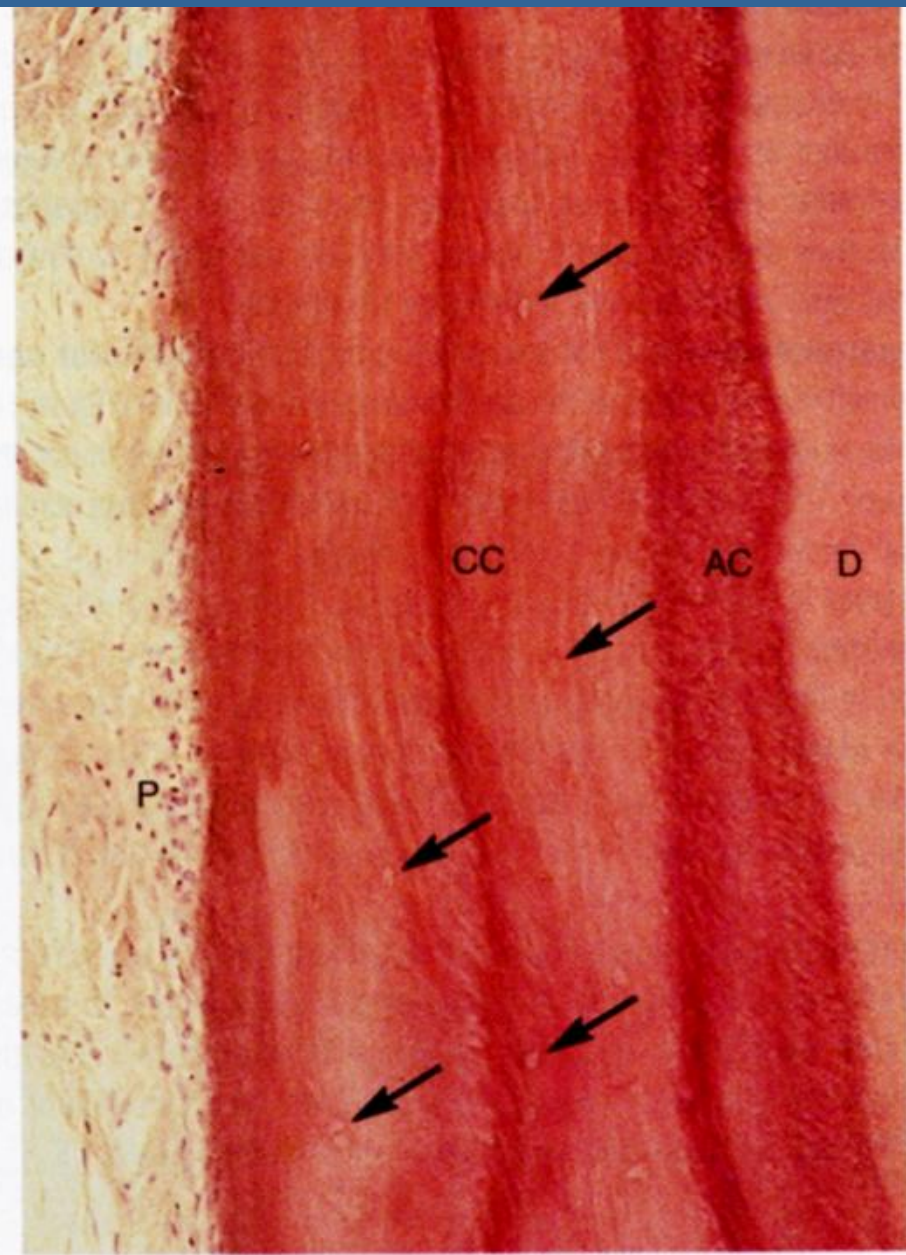
sekundární - s **cementocyty (B)**
nachází se zejména na apexech zubů

dorůstá až do tloušťky **500 um**



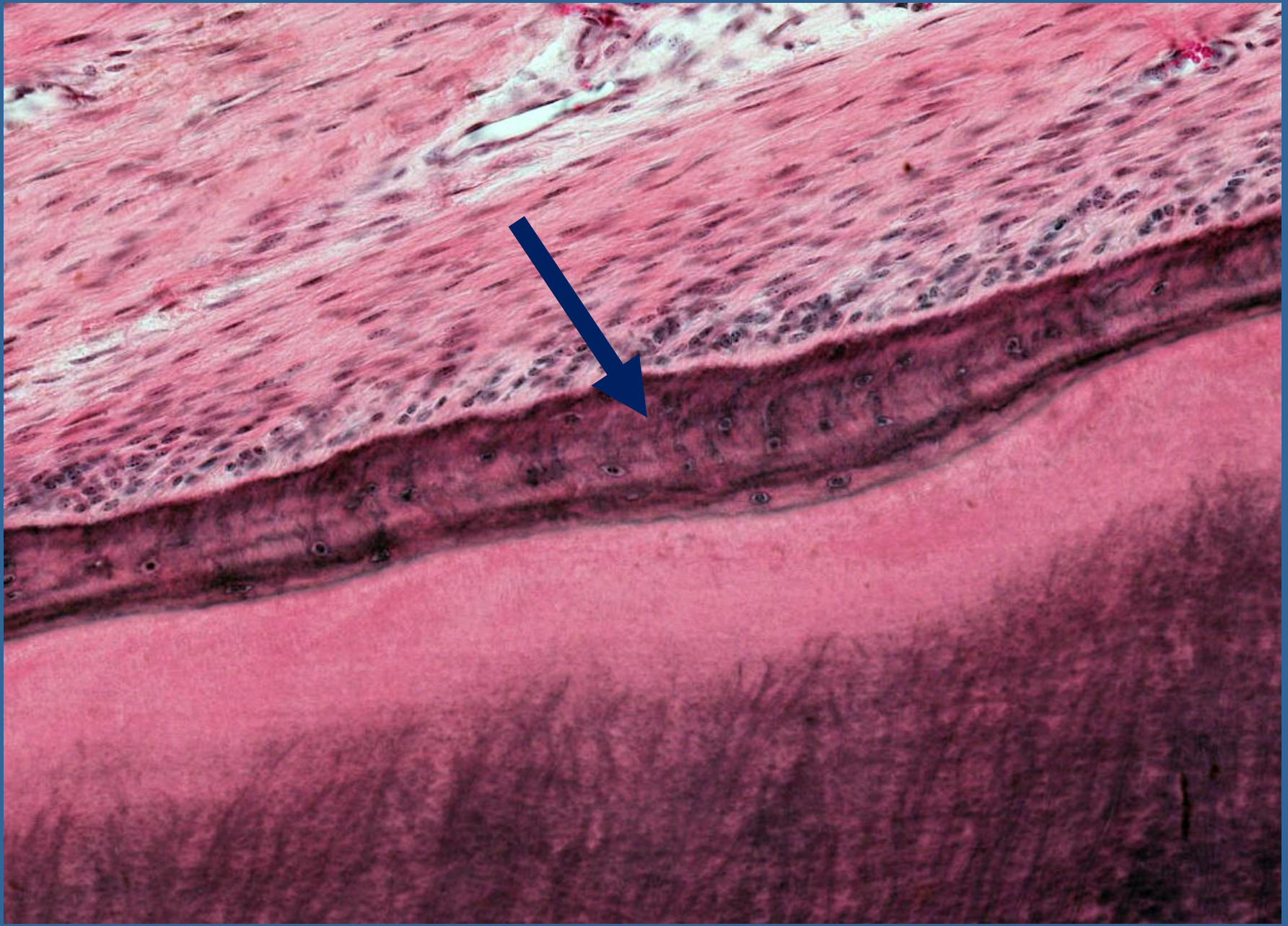


A



B

sekundární (celulární) cement

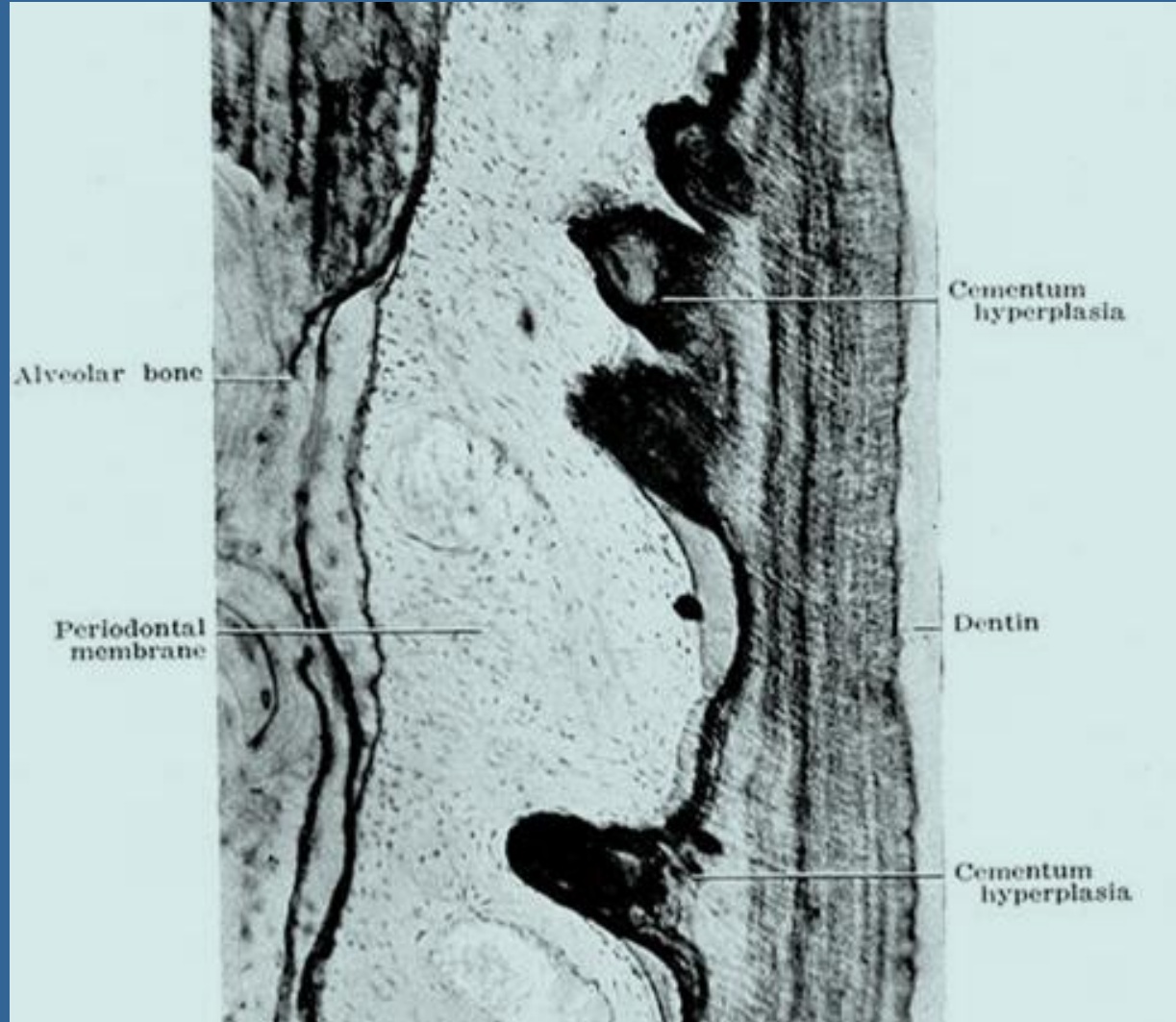


Hyperplasie cementu = hypercementosis

abnormální ztluštění cementu

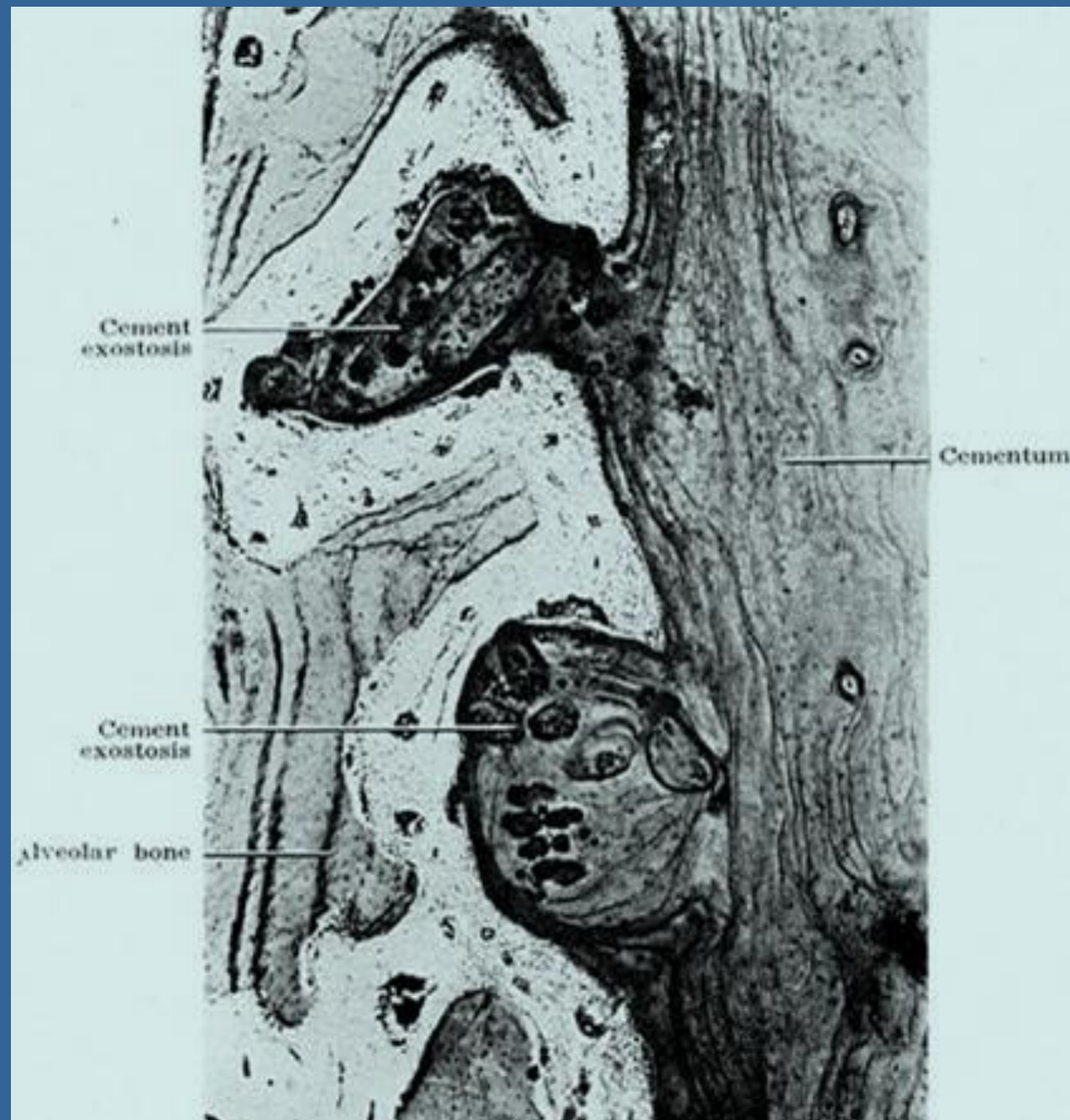
výskyt: buďto izolovaně, nebo u všech zubů dentice (Pagetova choroba)

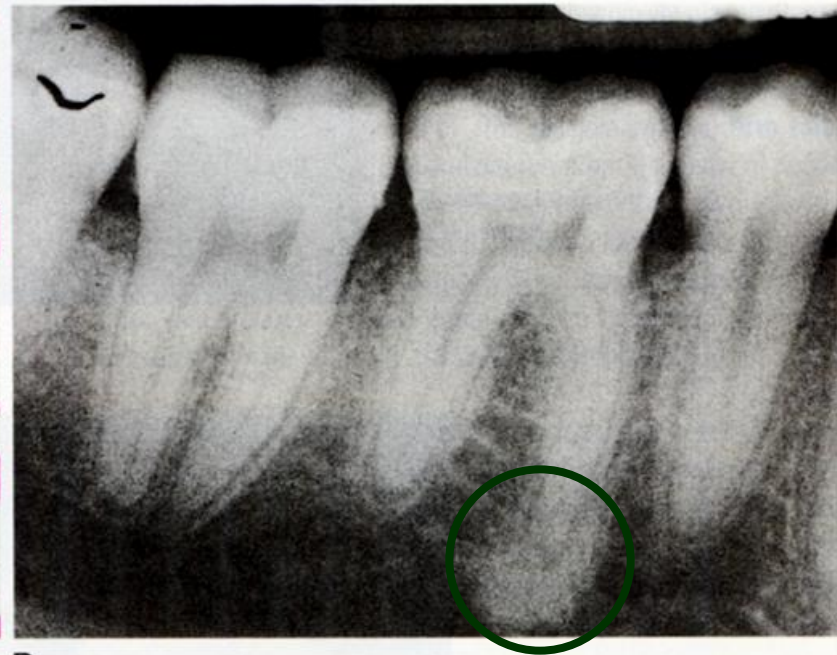
příčina hypercementózy: dlouhodobé a nadměrné zatěžování zubů nebo periapikální záněty zubního závěsu



extrémní forma hyperplázie: **cementové exostózy** či **ankylóza**

mohou zkomplikovat
extrakci zubu





rtg snímek

B

FIGURE 14-12 Hypercementosis at the root apices due to traumatic occlusal forces on mandibular molar teeth. **A:** Microscopic view with dentin (*D*), cementum (*C*), and radicular pulp tissue (*P*). **B:** Radiograph. (*A* courtesy of James McIntosh, PhD, Assistant Professor Emeritus, Department of Biomedical Sciences, Baylor College of Dentistry, Dallas, TX.)



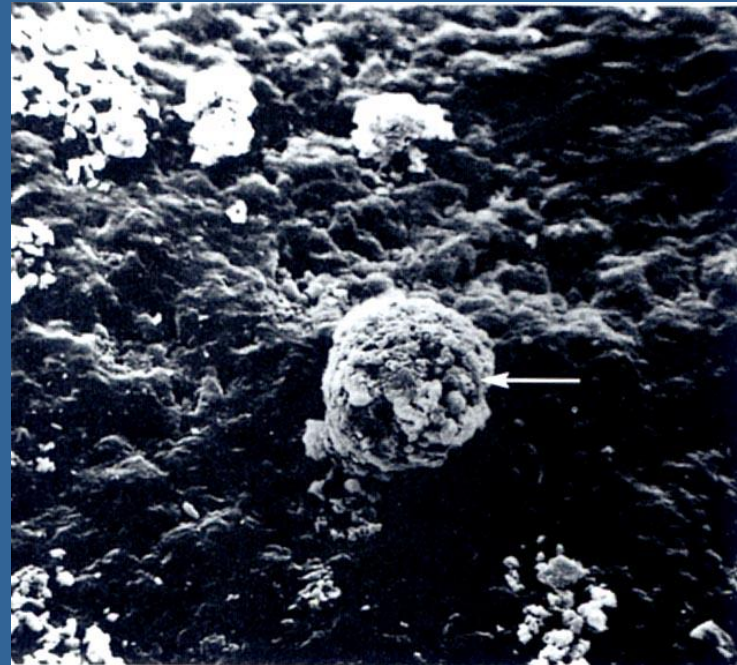
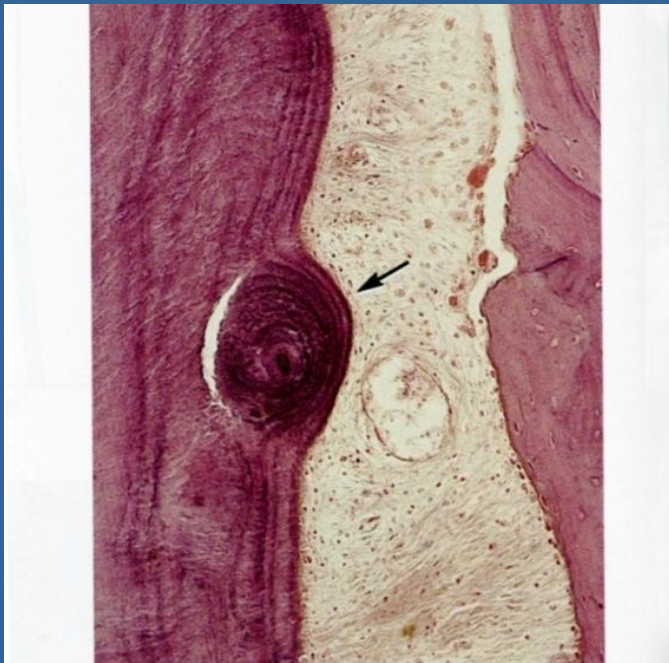
Aberantní cement

vyskytuje se v periodonciu

jde o 50 - 150 um velká ložiska cementózní matrix , jež se označují též **cementikly**

zjištěny asi u 30 - 35 % zubů trvalé dentice

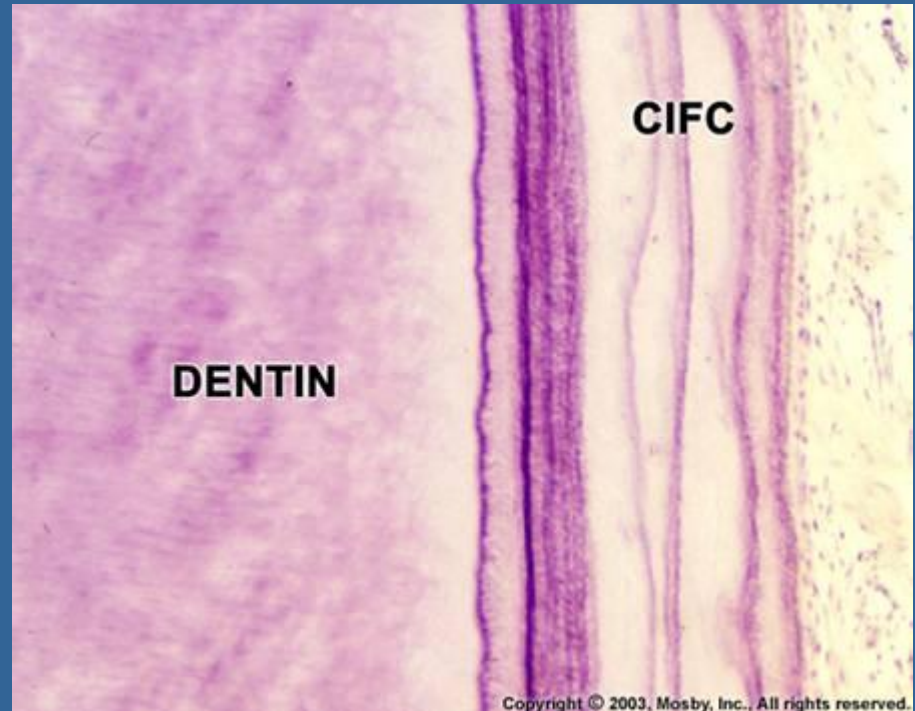
jejich původ není znám



Fyziologická zvláštnost cementu

na rozdíl od kostní tkáně nedochází v něm k remodelaci (přestavbě)
opotřebovaný avitální cement na kořeni trvale zůstává - **neresorbuje se**

u trvalých zubů je nahrazován **apozicí vrstev vitálního cementu**, projevuje se
apozičními (přírůstkovými) **liniemi**



díky vyšší tvrdosti a odolnosti cementu vůči resorbci v porovnání s lamelozní kostí
lze pomocí **ortodontických aparátů** (rovnátek) korigovat chybného postavení zubů
v alveolech - viz **ortodoncie**

Mikroskopická stavba zubní dřeně, věkové změny a funkce

ektomezenchymového původu

vyplňuje cavitas dentis, u zdravých zubů primární dentice má stavbu podobnou **rosolovitému vazivu** u zubů trvalých - spíše řídkého kolagenního vaziva (ve stáří i hustšího kolagenního vaziva)

Buňky

hlavně fibroblasty, v menší míře histiocyty, plazmatické buňky, dendritické buňky a vycestovalé krvinky (neutrofilní event. eozinofilní granulocyty, lymfocyty) /nacházejí se podél krevních cév

Vlákna

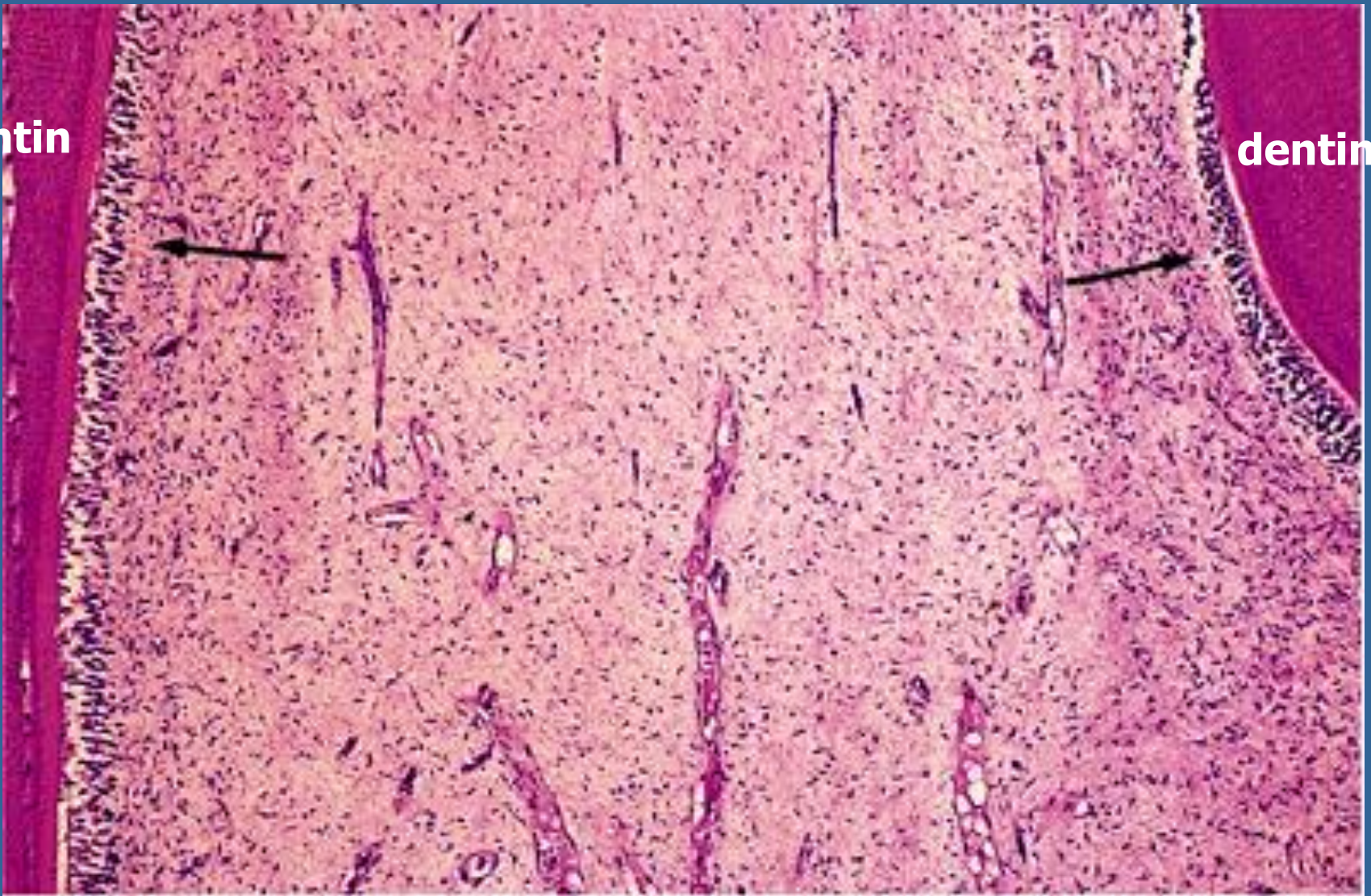
kolagenní a retikulární vlákna, uspořádaná ponejvíce síťovitě

Amorfní hmota

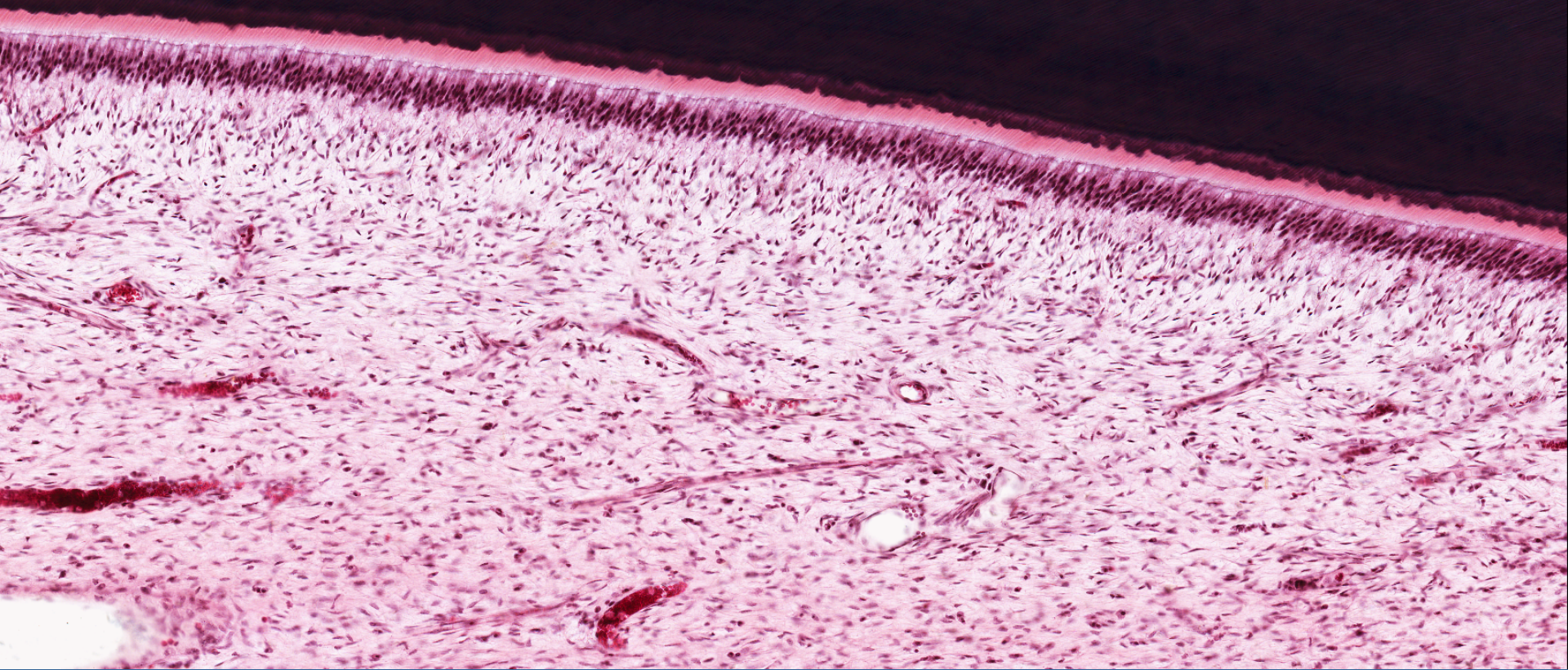
z mukopolysacharidů a mukoproteinů

dentin

dentin



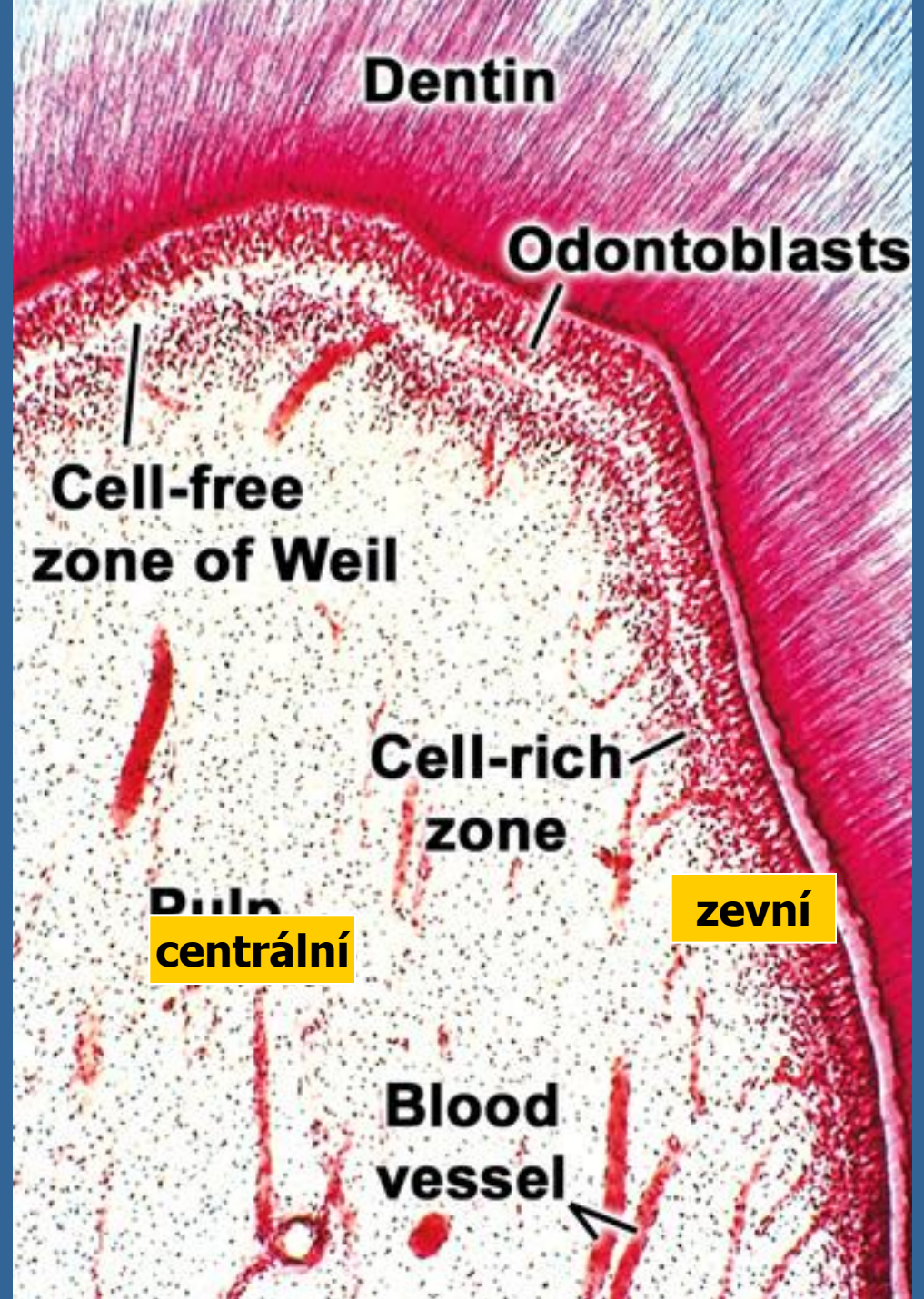
povrch dřeně obrácený k dentinu lemují odontoblasty v 1 až 3 vrstvách jsou ektomezenchymového původu a z každého vystupuje do dentinu jeden cytoplazmatický výběžek (Tomesovo vlákno)



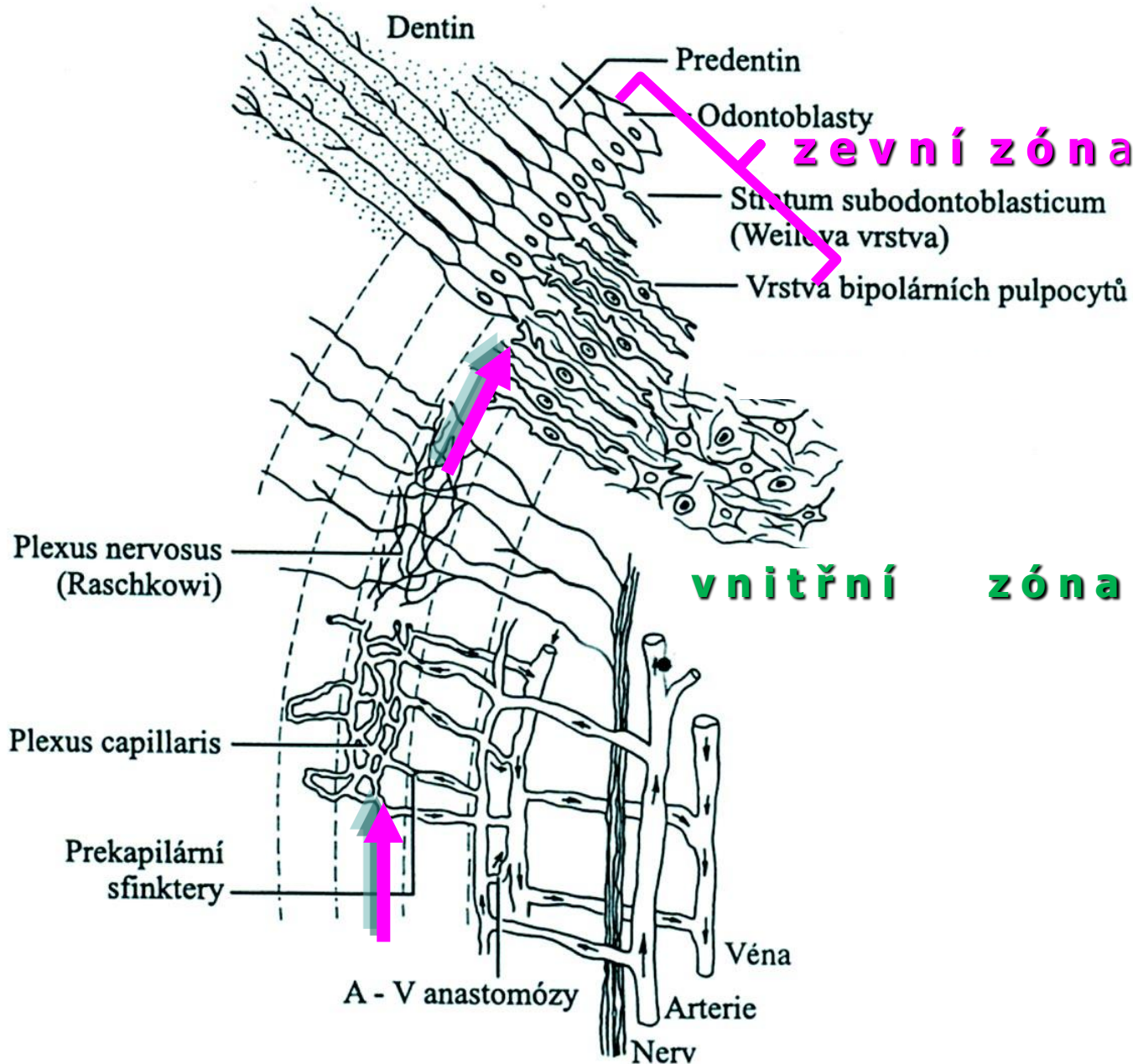
na pulpě v zubní korunce lze rozlišit 2 zóny:

- **zevní povrchovou**
- **vnitřní centrální**

u pulpy v kořenovém kanálku není členění v tyto 2 zóny příliš zřetelné



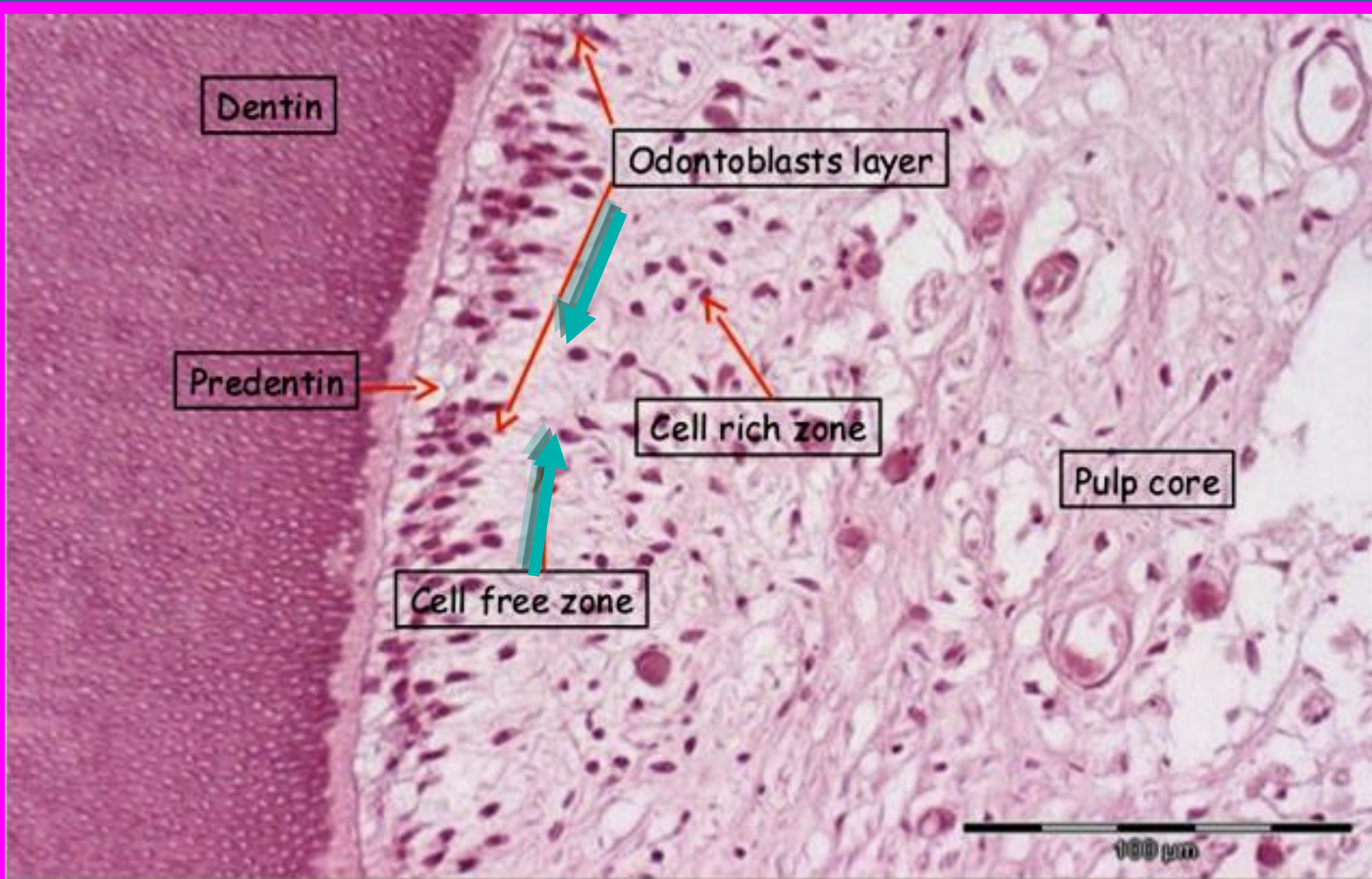
Zóny zubní pulpy

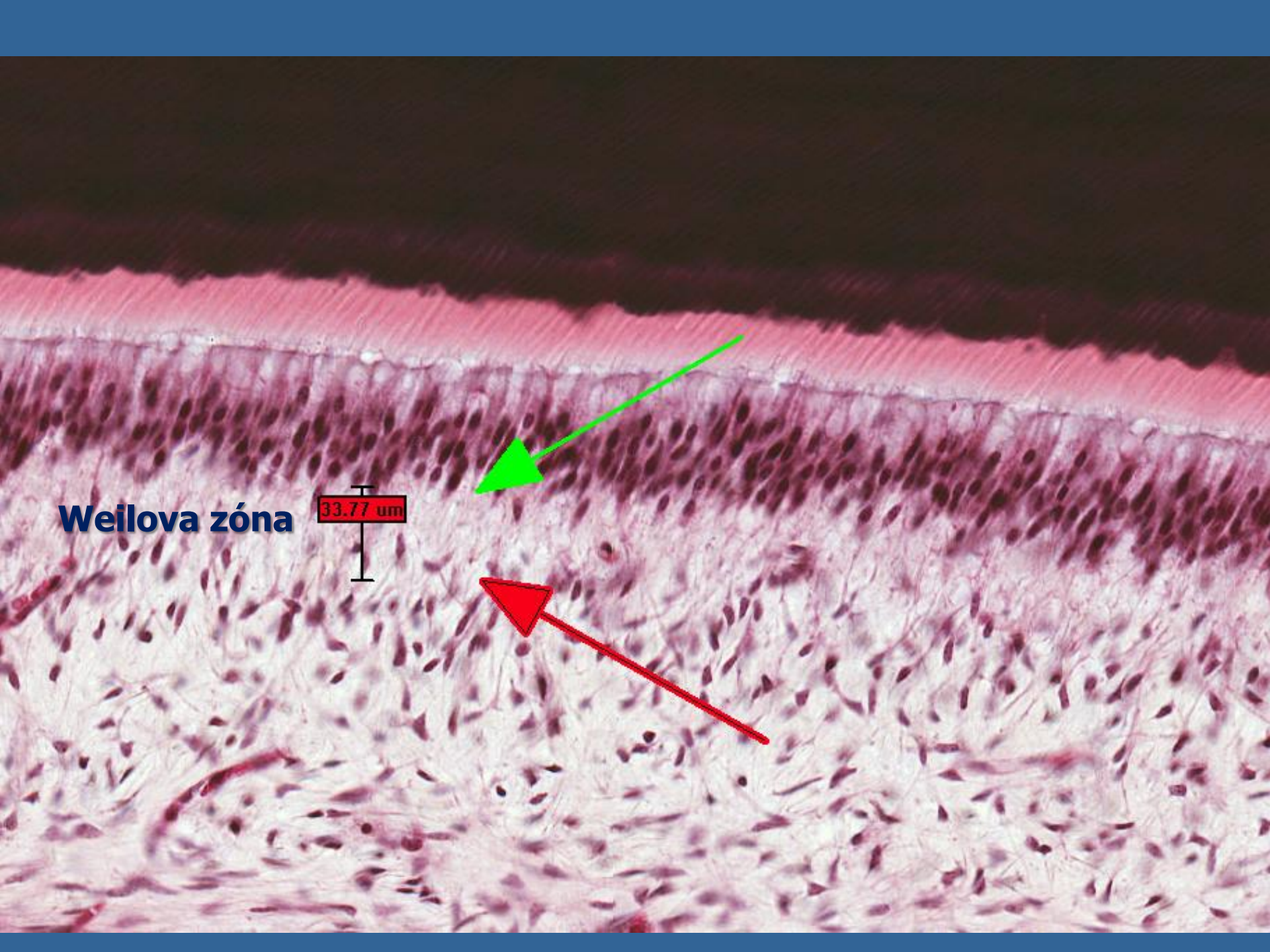


těla odontoblastů
Weilova zóna
bipolární pulpcyty

rosolovité či řídké
vazivo s podélně
probíhajícími
a nervy

Weilova zóna - asi 50 um tlustá vrstva dřeně bez buněk hned pod odontoblasty





Weilova zóna

33.77 um

funkce pulpy: zásadní význam pro

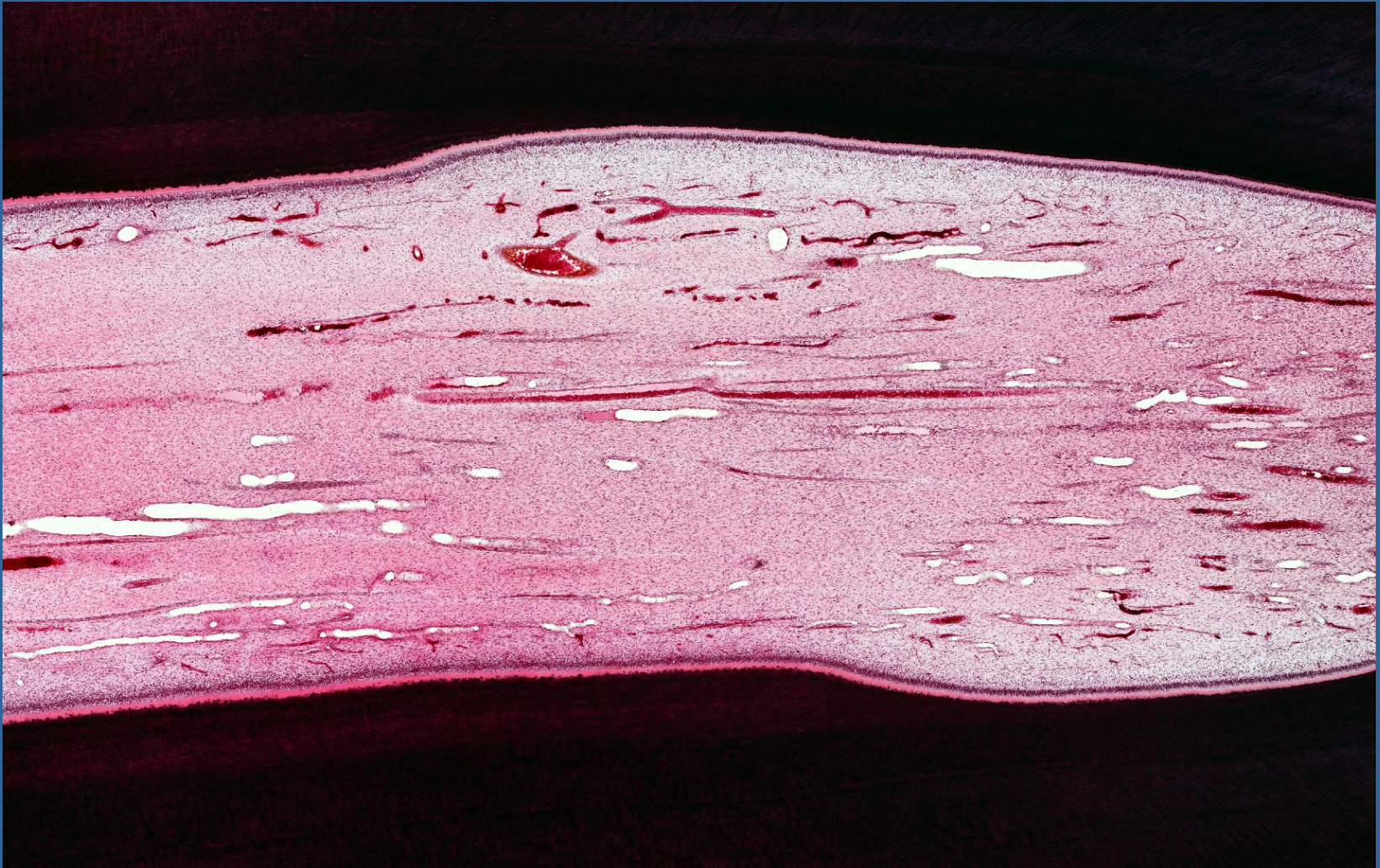
- a) **vitalitu zubu** – výživa a ochrana odontoblastů proti cizorodým a infekčním činitelům

- b) **reparativní pochody** - zásoba (pool) nediferencovaných buněk pro pulpární fibroblasty a odontoblastům podobné buňky

Cévní a nervové zásobení pulpy

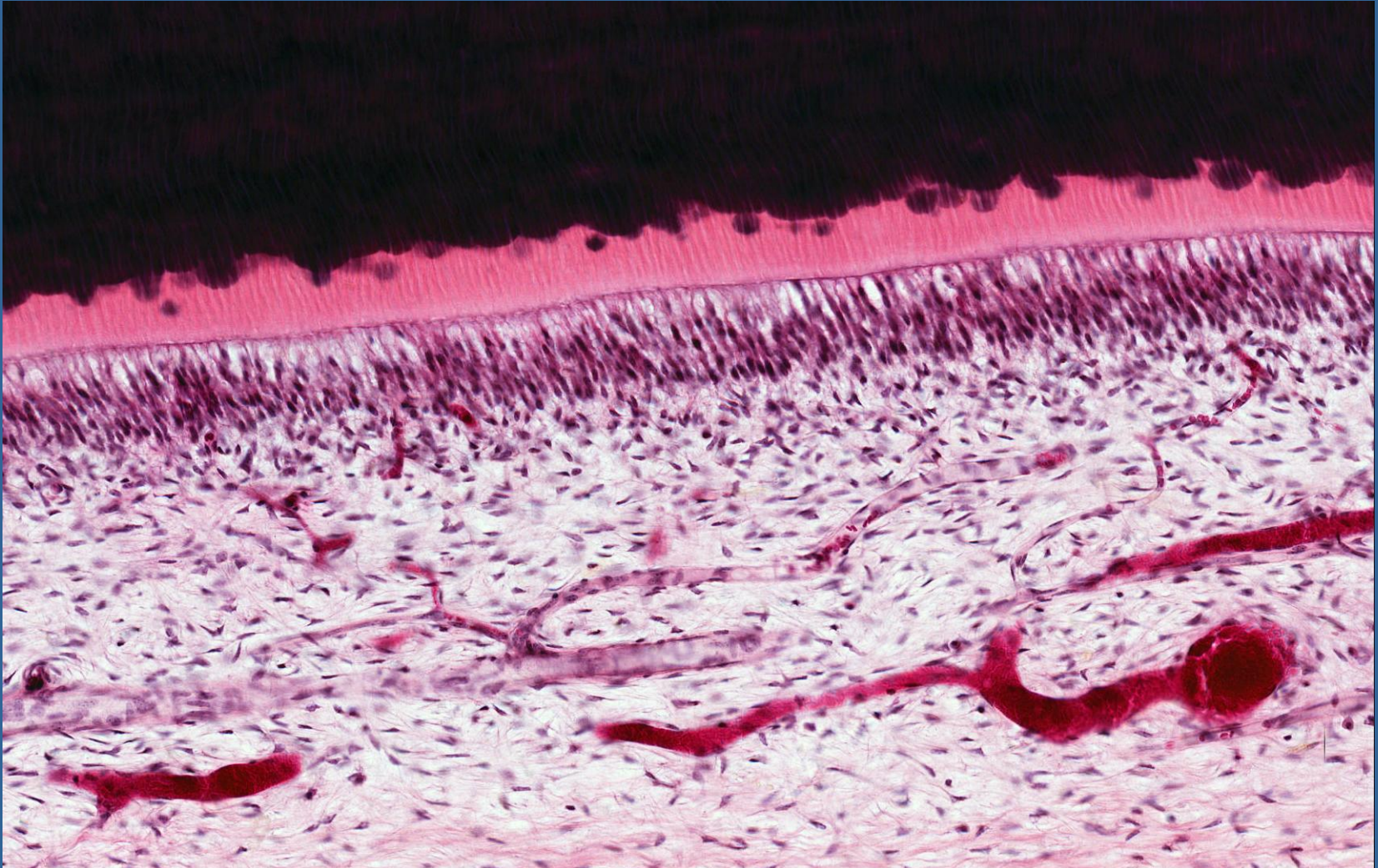
velmi bohaté (zvláště v mladém věku)

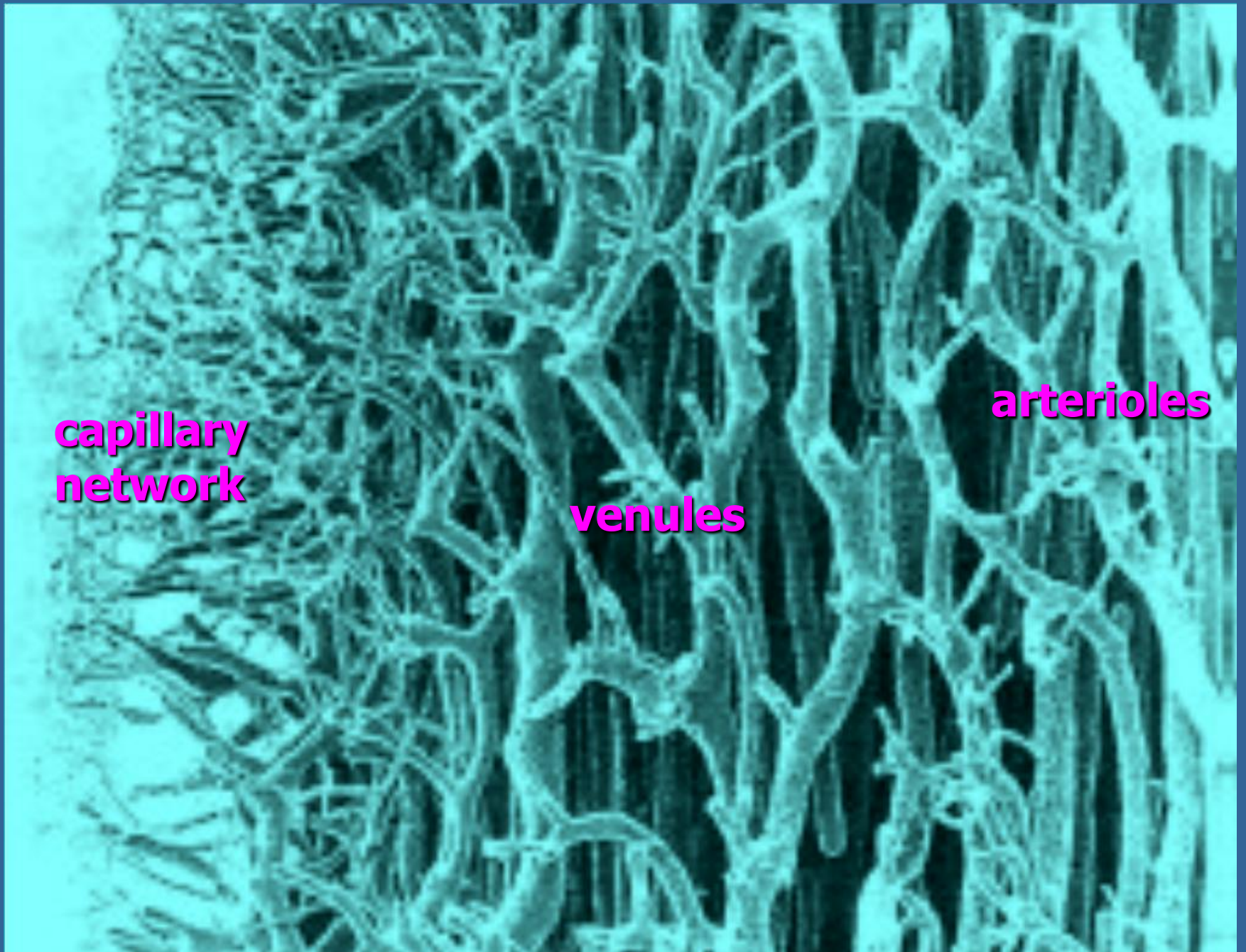
arterie (2-10) - podélně středem pulpy a vydávají hojně postranní větévky, které se rozpadají v terminální síť; ty dosahují až k vrstvě odontoblastů - **subodontoblastická kapilární pleteň**



*arterie mají velmi úzká lumina a tlustou stěnu, zesílenou několika vrstvami hladkých svalových buněk
stěna vén a venul je naproti tomu velmi tenká, což kontrastuje s jejich širokými průsvity*

mízní cévy - zjištěny: mízní kapiláry se spojují v malé lymfatické cévy, které opouštějí zubní dřev společně s cévami krevními a nervovými vláknyskrze foramen apicis radice dentis





**capillary
network**

venules

arterioles

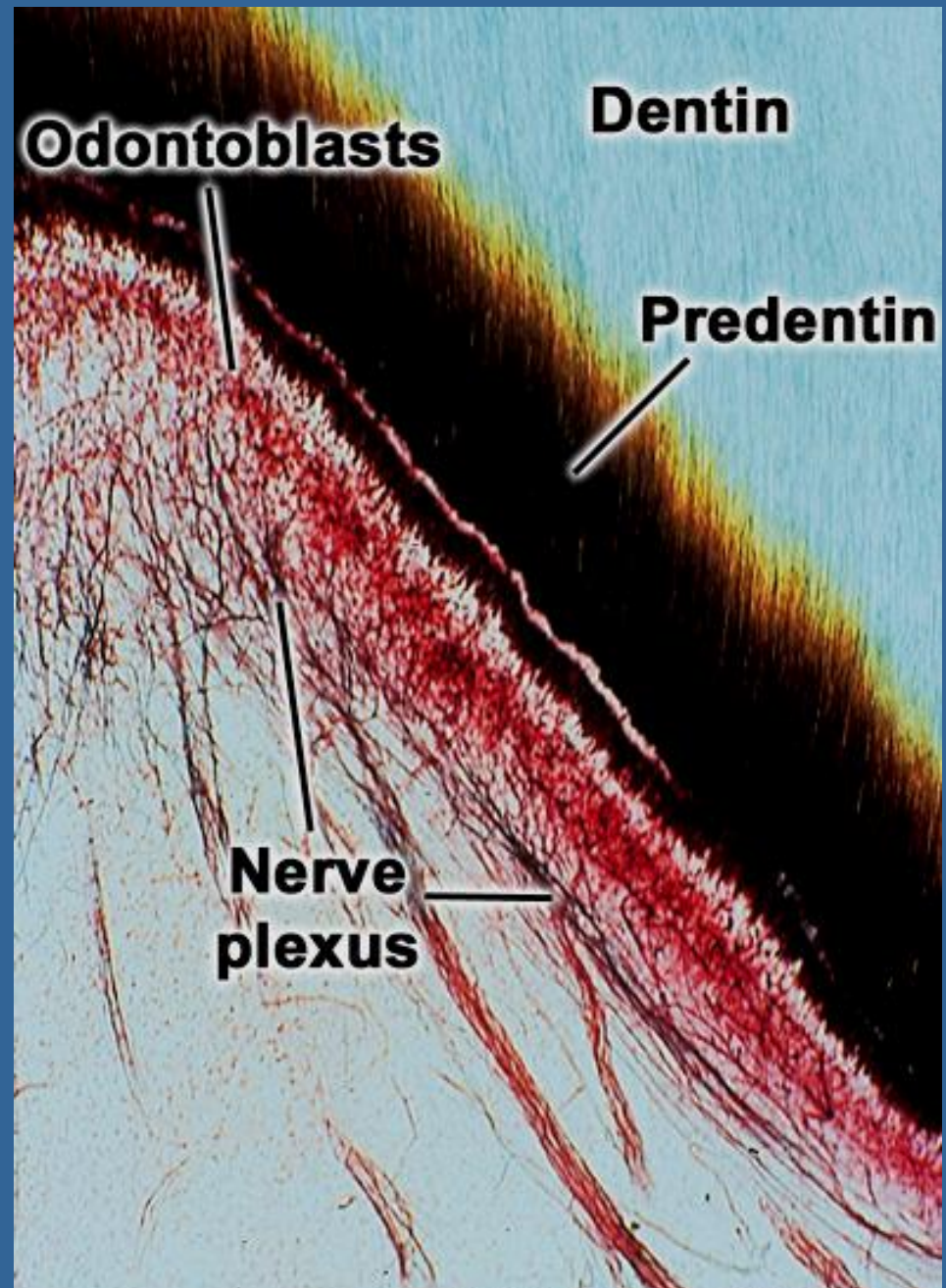
Inervace dřene

myelinizovaná a nemyelinizovaná

myelinizovaná nervová vlákna (v podstatě jde o dendrity buněk ganglion semilunare Gasseri) 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, ale část vstupuje do predentinu a dentinových kanálků

nemyelinizovaná nervová vlákna inervují krevní cévy v zubní pulpě



Věkové změny pulpy

maximum rozvoje bezprostředně po prořezání
s věkem se mění její chemické složení, struktura a také objem

- chemické složení - amorfní hmota ztrácí slizovitý charakter a ubývá jí
- struktura - úbytek buněk, přibývání vláken -přeměna v husté kolagenní vazivo
- zmenšuje se objem - následkem ukládání sekundárního a terciárního dentinu nebo tvorby dentiklů (kalcifikace)

