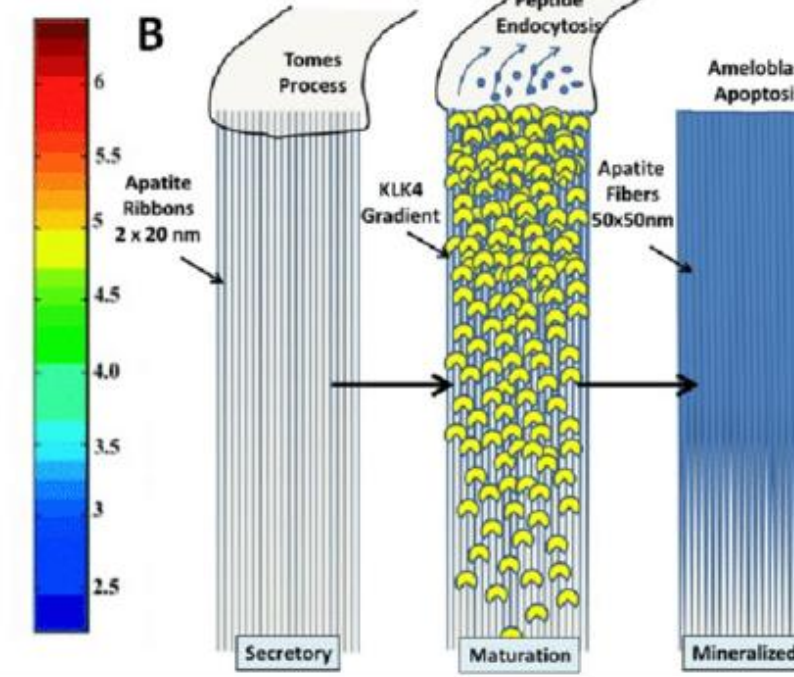
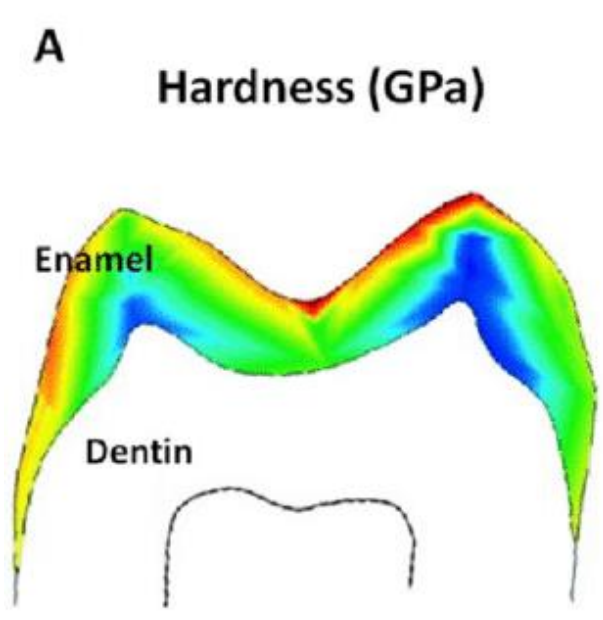
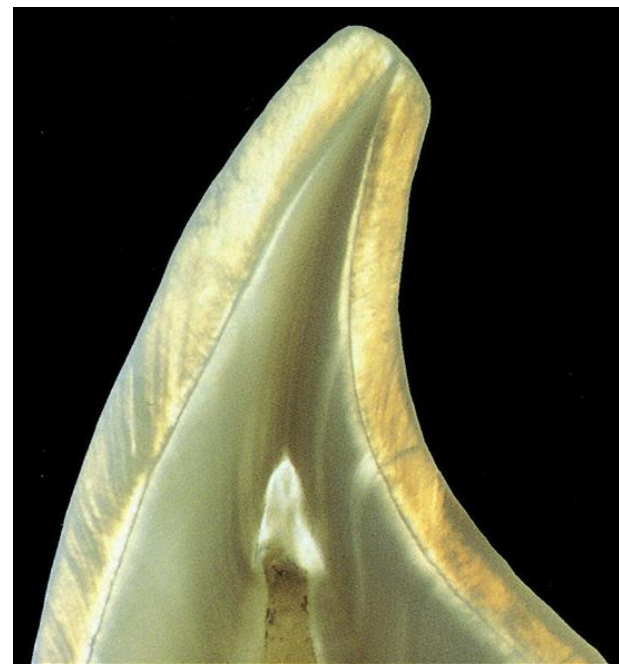


# Sklovina a cement

31. 3. 2023



# SKLOVINA

*(enamelum, enamel, email, substantia adamantina, s. vitrea)*

# Sklovina

(*enamelum, enamel, email, substantia adamantina, s. vitrea*)

- Nebuněčná hmota, která kryje anatomické korunky
- Ektodermálního původu
- Nejtvrdší tkáň (křehká) v těle obratlovců
- Acelulární

Tloušťka: U trvalých zubů      +- 2,5 mm (na řezacích hranách nebo kousacích ploškách)  
                  U dočasných zubů    +- 1,3 mm  
                  Na zubním krčku jen +- 0,1 mm

## Fyzikální vlastnosti

- Index lomu 1,62; spec. hmotnost  $2,9 \text{ g.cm}^{-3}$ ,
- Mohsova stupnice **tvrdost 5** (nejtvrdší tkáň lidského těla)
- Průsvitná, barva - odstíny bílé - závisí na tloušťce a stupni mineralizace  
    Šedobílá - na okluzních plochách  
    Bílá - ve středním oddílu korunky  
    Nažloutlá - poblíž krčku – prosvítá barva dentinu
- Velmi odolná k abrazi
- **Povrchová sklovina** tvrdší, hustší a méně porézní (aprizmatická)
- **Tvrdost se snižuje směrem k dentinosklovinné hranici** a od kousacích plošek ke krčku



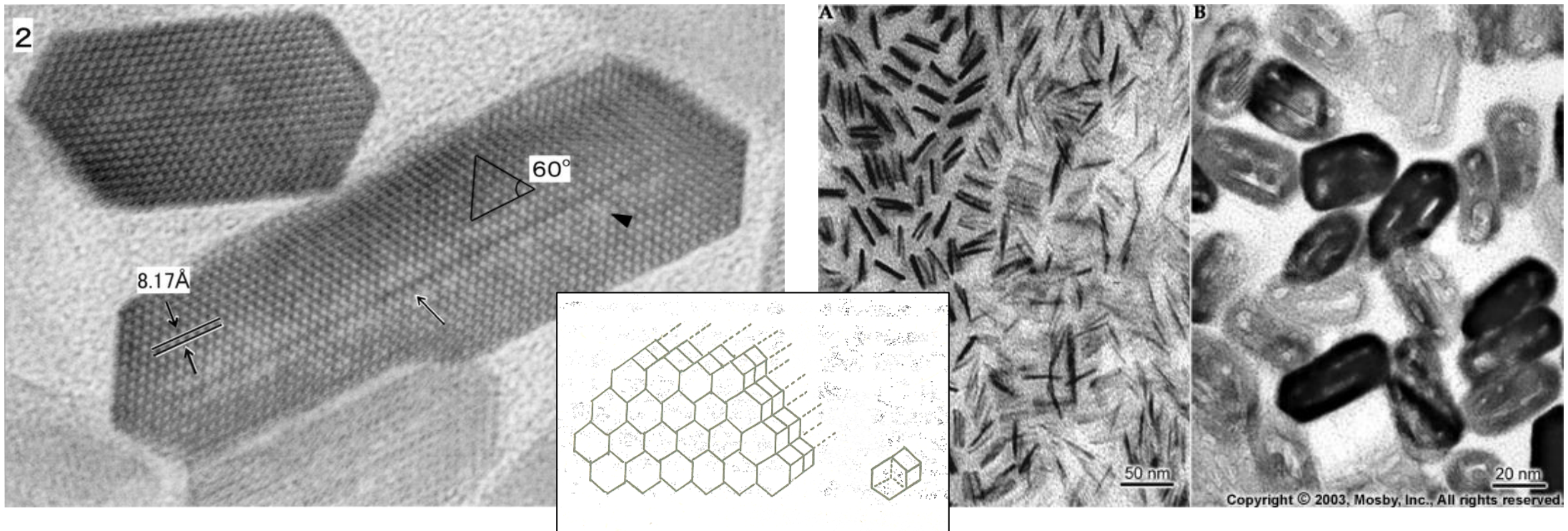
# Chemické složení

Anorganická část  
96 - 97 %

Voda  
2 - 3 %

Organická část  
1 %

- Hydroxyapatit tvořící hexagonální krystaly
- Fluoroapatit je spíše na povrchu skloviny, je tvrdší
- Hlavní prvky ve sklovině: Vápník, fluor, hořčík, fosfor (a jiné).
- Ukládání dalších látek (např. olovo) vlivem znečištěného prostředí – co se jednou uloží, tak ve sklovině zůstane.





# Chemické složení

Anorganická část  
96 - 97 %

Voda  
2 - 3 %

Organická část  
1 %

## Proteiny nekolagenové povahy

### a) Amelogeniny

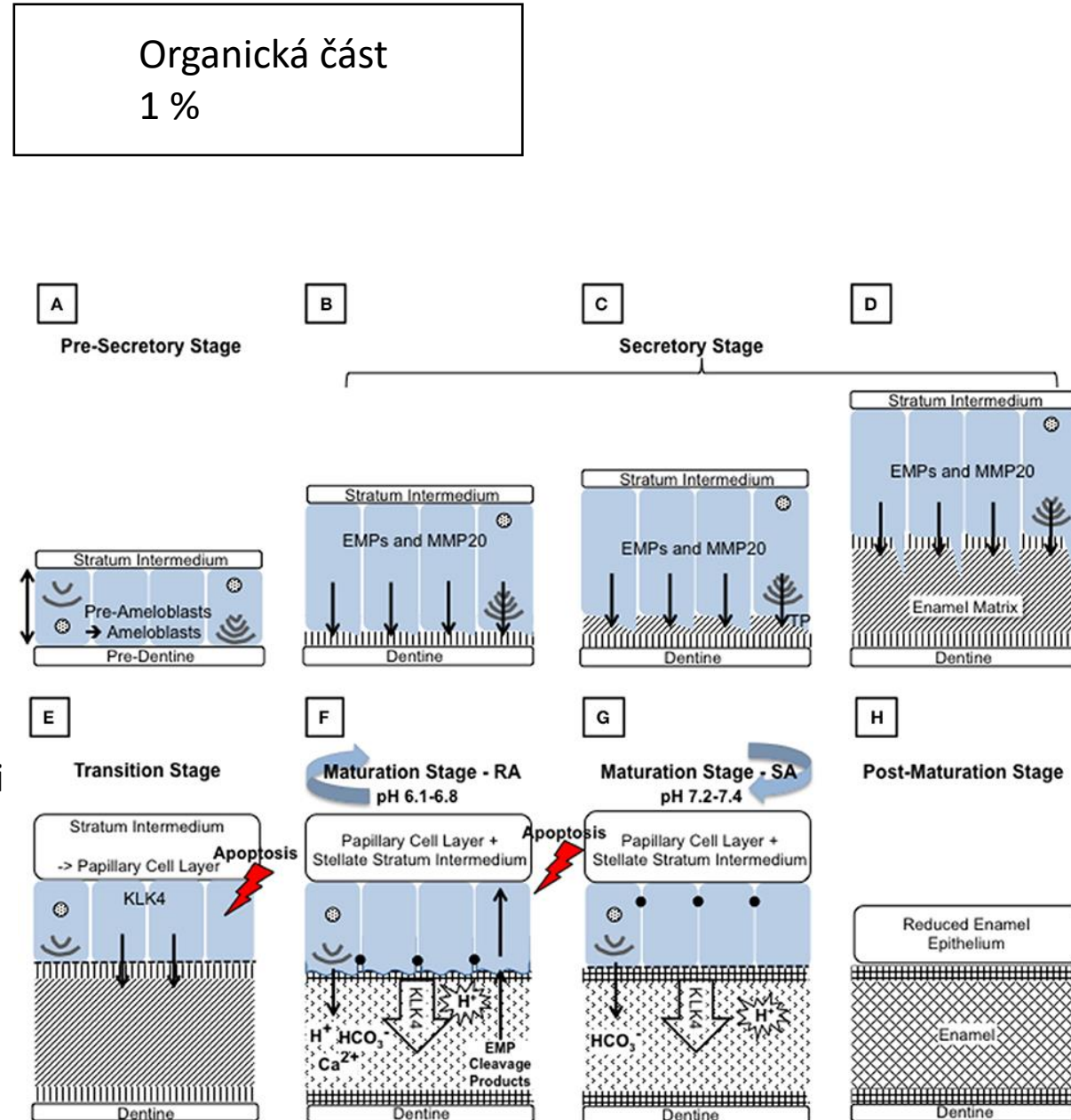
- 90 %
- Hlavní produkt sekretorní fáze ameloblastů
- kulovité polymery, regulace růstu sklovinných hranolů

### b) Proteiny ne-amelogeninové povahy :

- Enamelin - Nukleace a usměrnění růstu krystalů
- Ameloblastin – adhezivní molekula
- Kalikrein 4 – Proteasa secernovaná ameloblasty na konci sekretorní fáze
- Tuftelin – stabilizuje spojení s dentinem

### c) Enzymatické proteiny

- Metaloproteinázy (MMP20) – degraduje amelogenin
- alkalická a kyselá fosfomonoesteráza a serinproteináza1

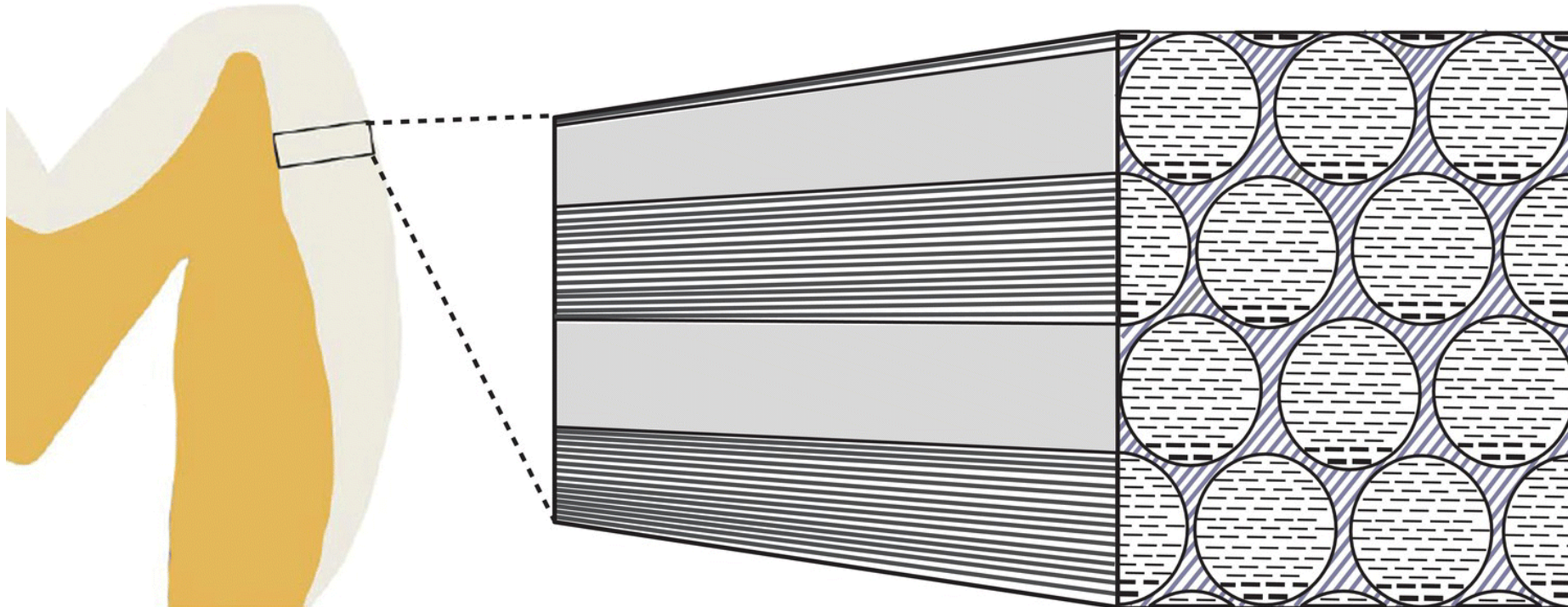


# Mikroskopická stavba

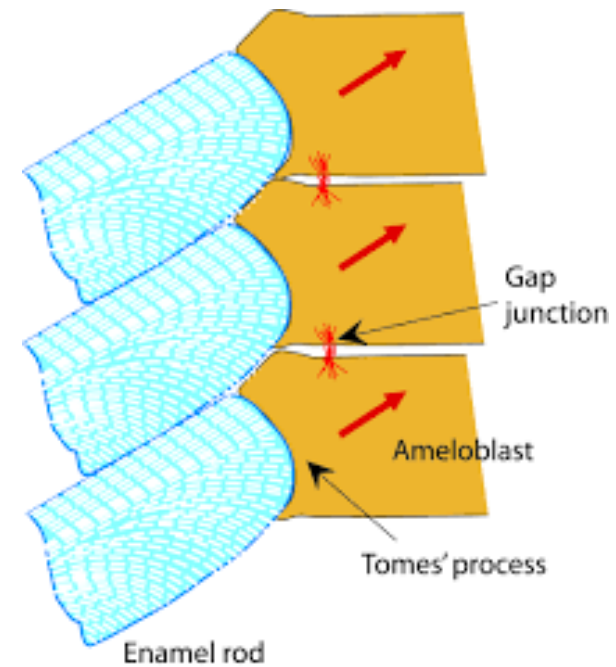
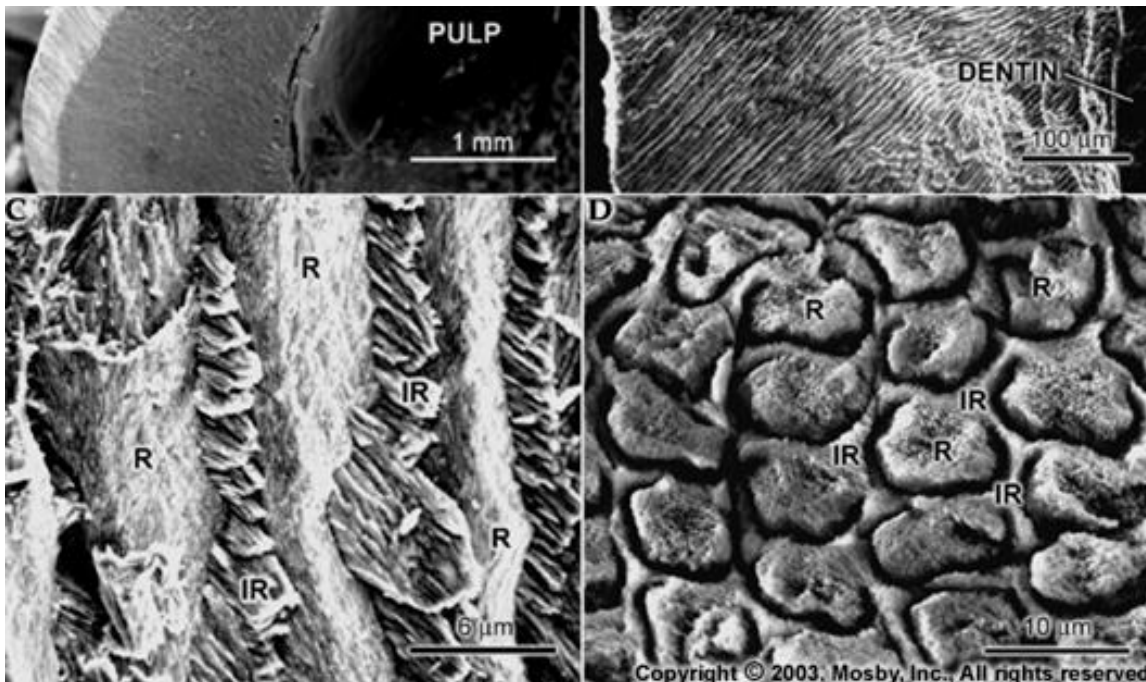
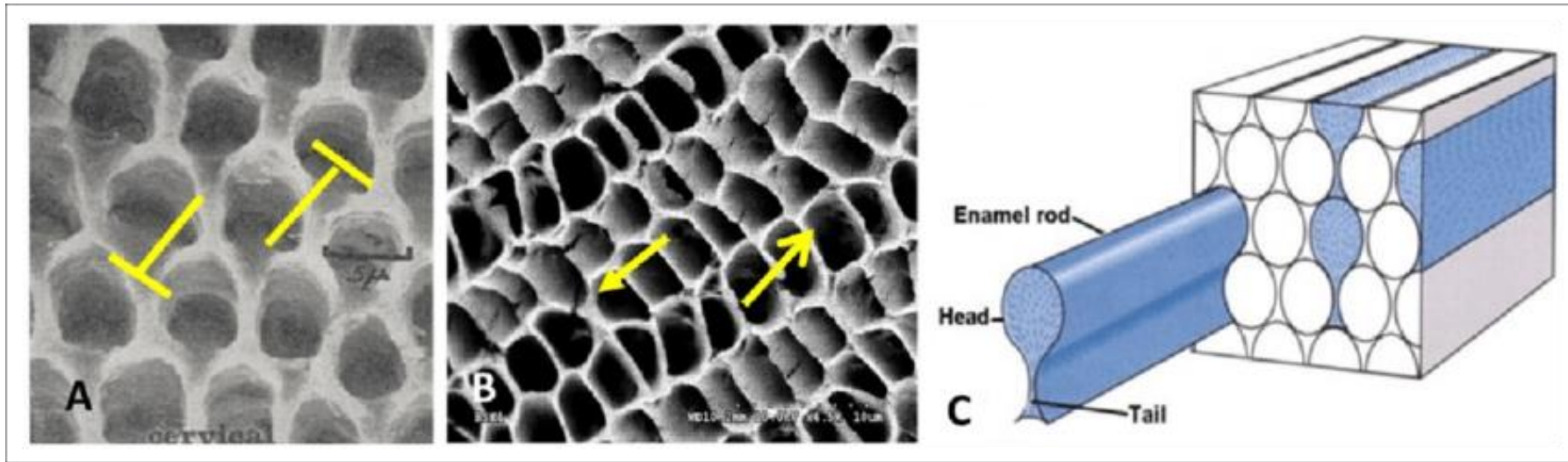
Složitá vnitřní, druhově specifická organizace

## Sklovinné hranoly – prizmata a interprizmatická hmota

probíhají od dentinosklovinné hranice k povrchu skloviny, asi 8,5 milionu (řezáky)



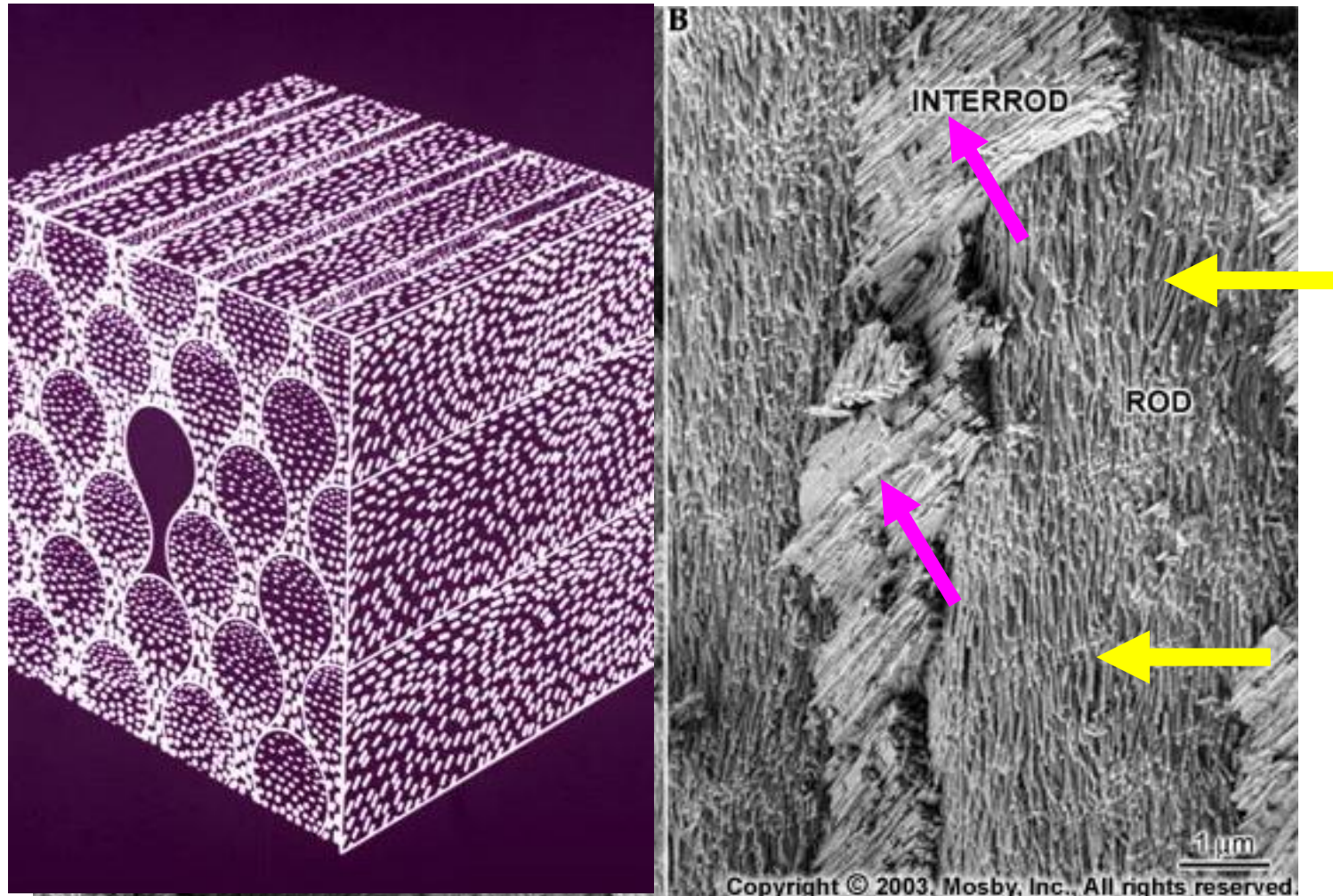




# Ultrastruktura hranolů

Skládají se z podélně řazených krystalků hydroxyapatitu, vložených do proteinové matrix (amelogeniny, Proteiny ne-amelogeninové povahy)

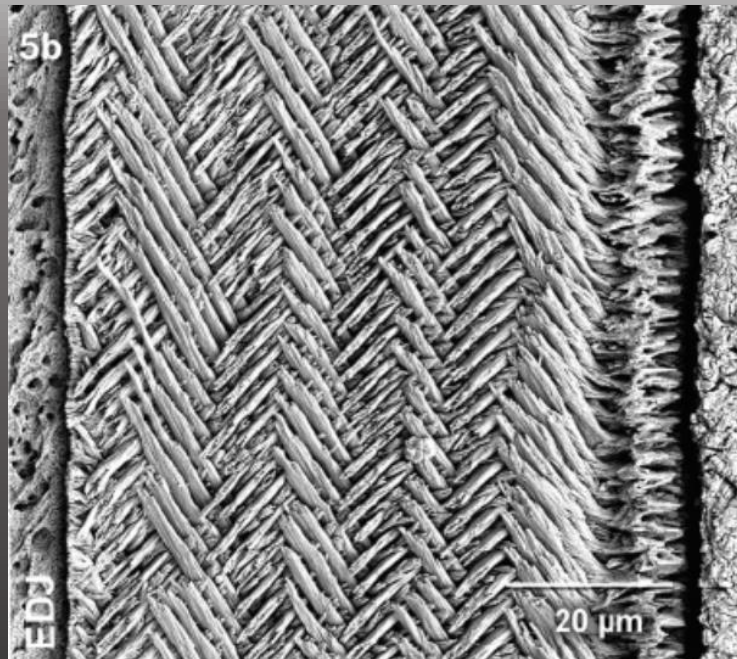
Struktura interprizmatické substance stejná, krystaly postaveny šikmo nebo kolmo na prizmata





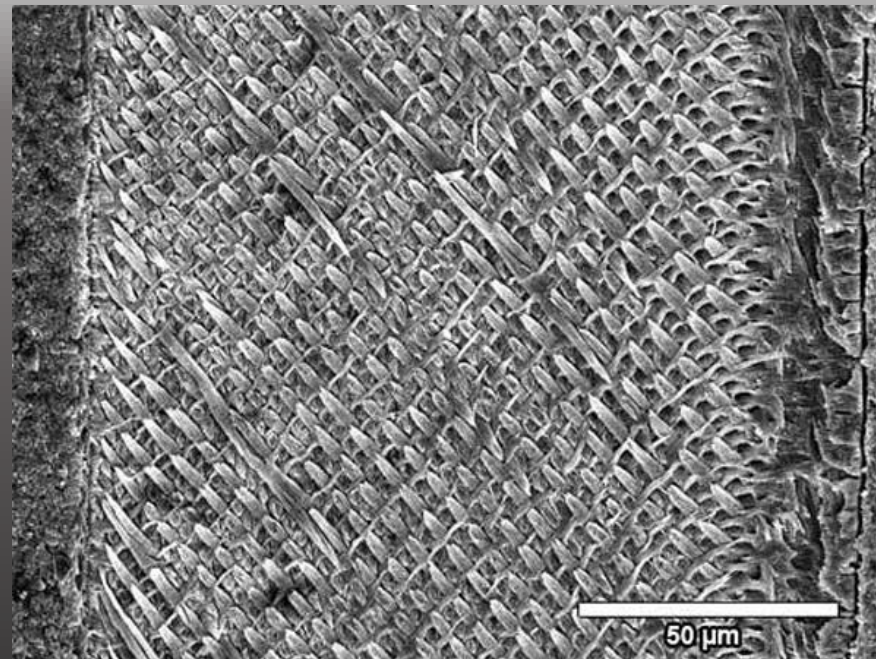
# Enamel decussation pattern (rodents)

- Very precise and homogeneous organization of enamel microstructure
- Little differences within different species
- Fundamental mechanisms controlling decussation pattern formation are evolutionary conserved



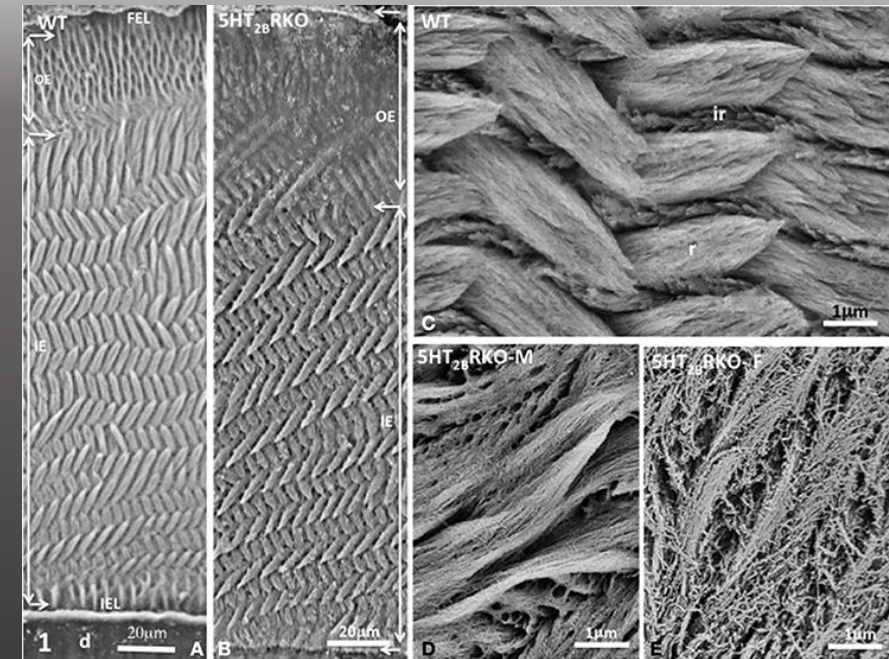
Daniela C. Kalthoff, 2007

*Heterosminthus gansus*  
(late Miocene)



Daniela C. Kalthoff

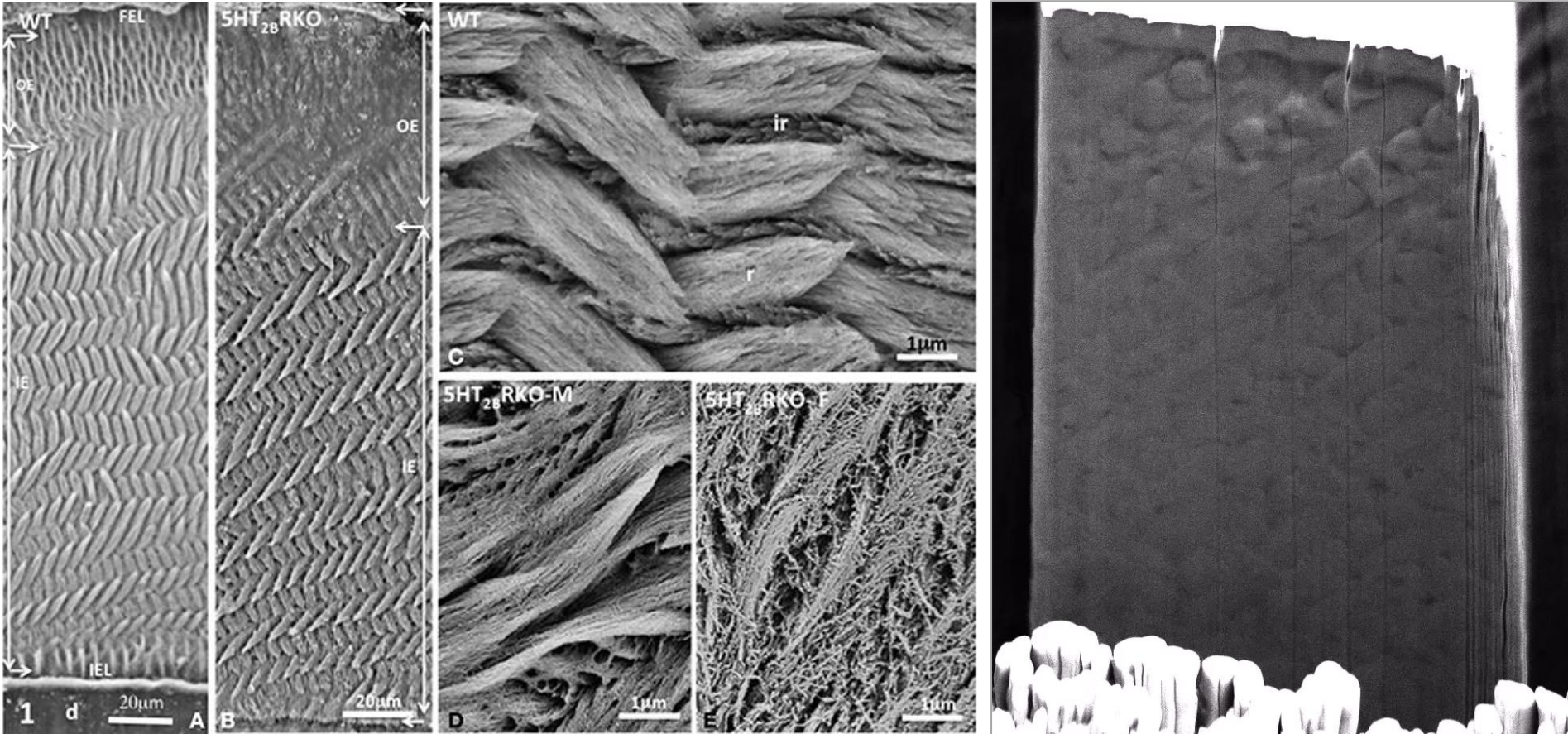
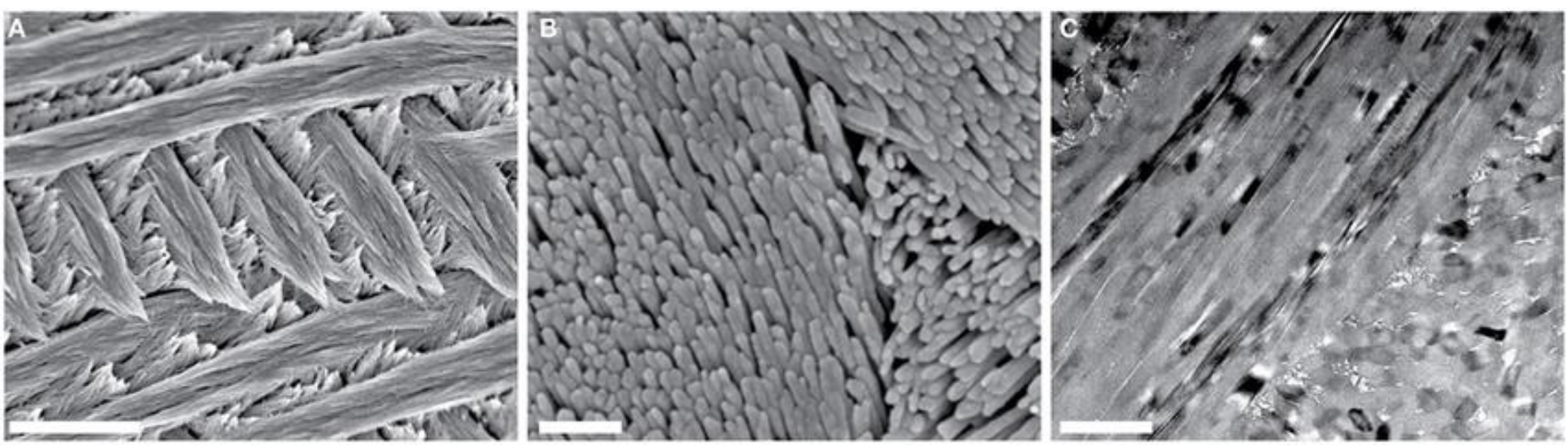
Wood Mouse (*Apodemus sylvaticus*)



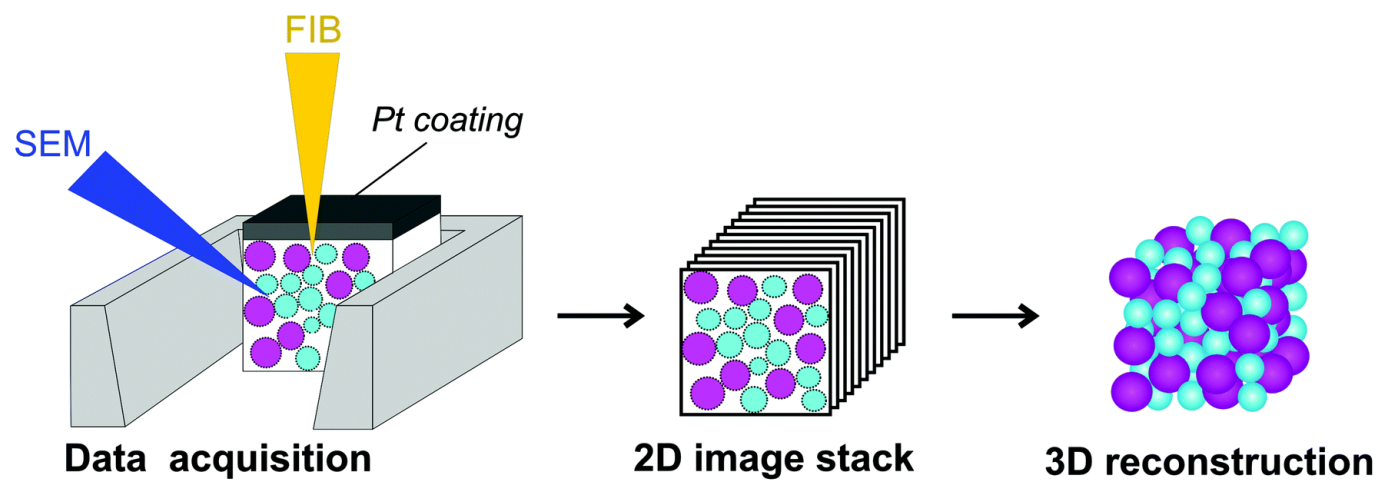
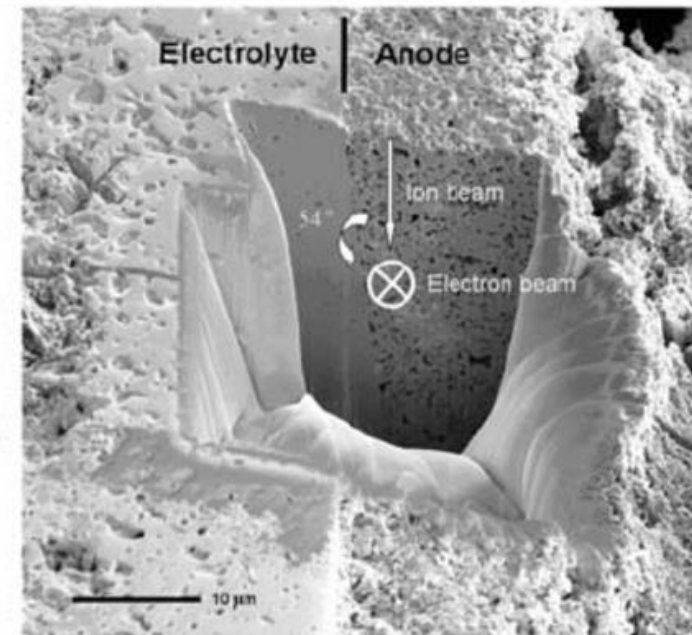
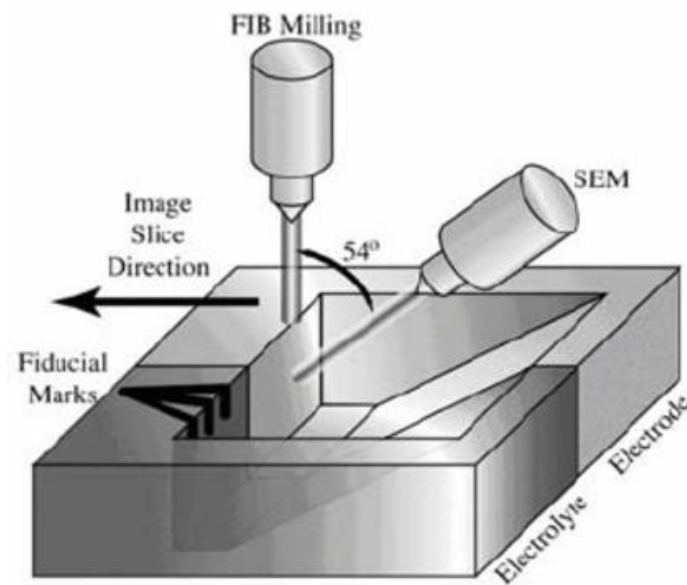
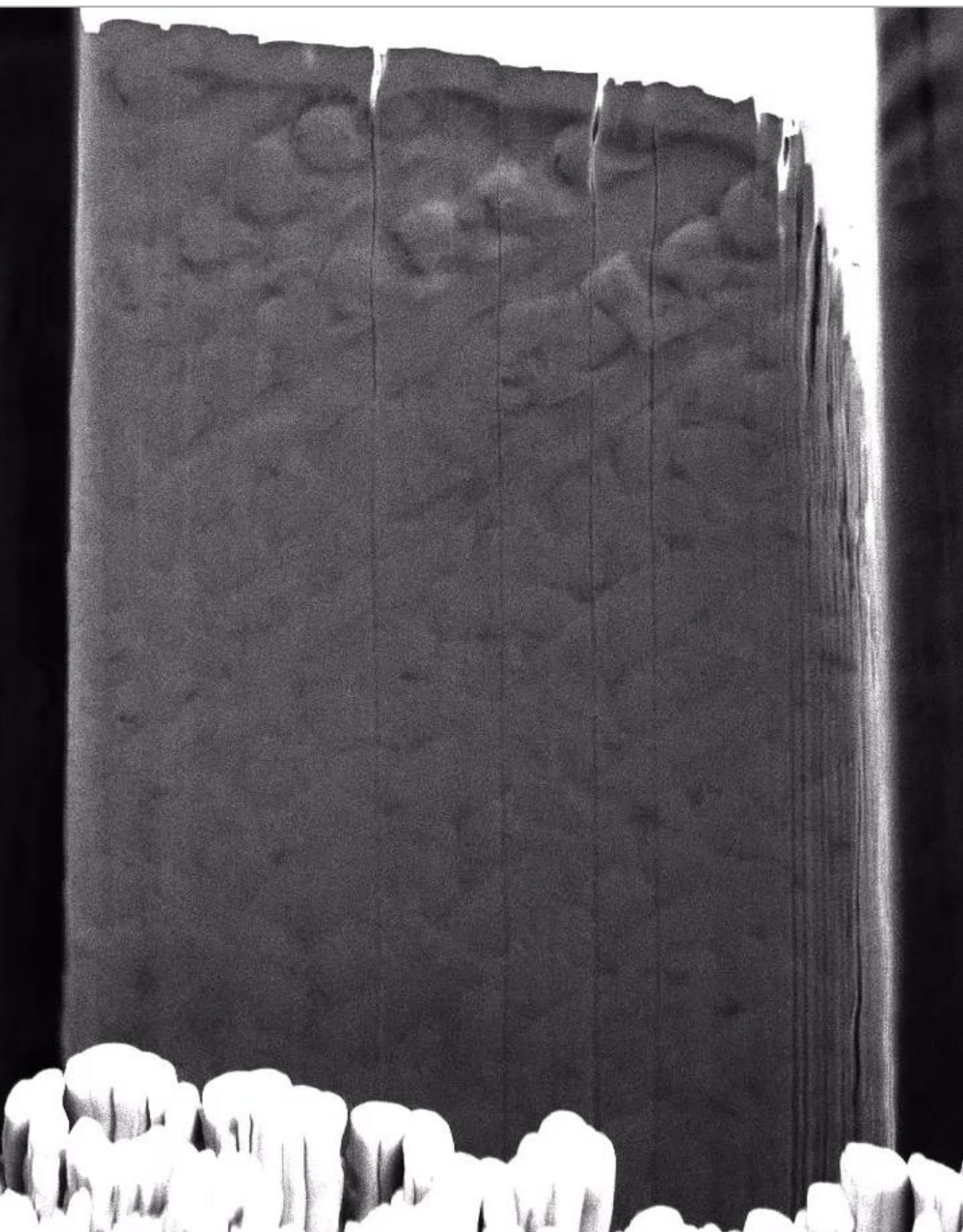
Goldberg et al, 2014

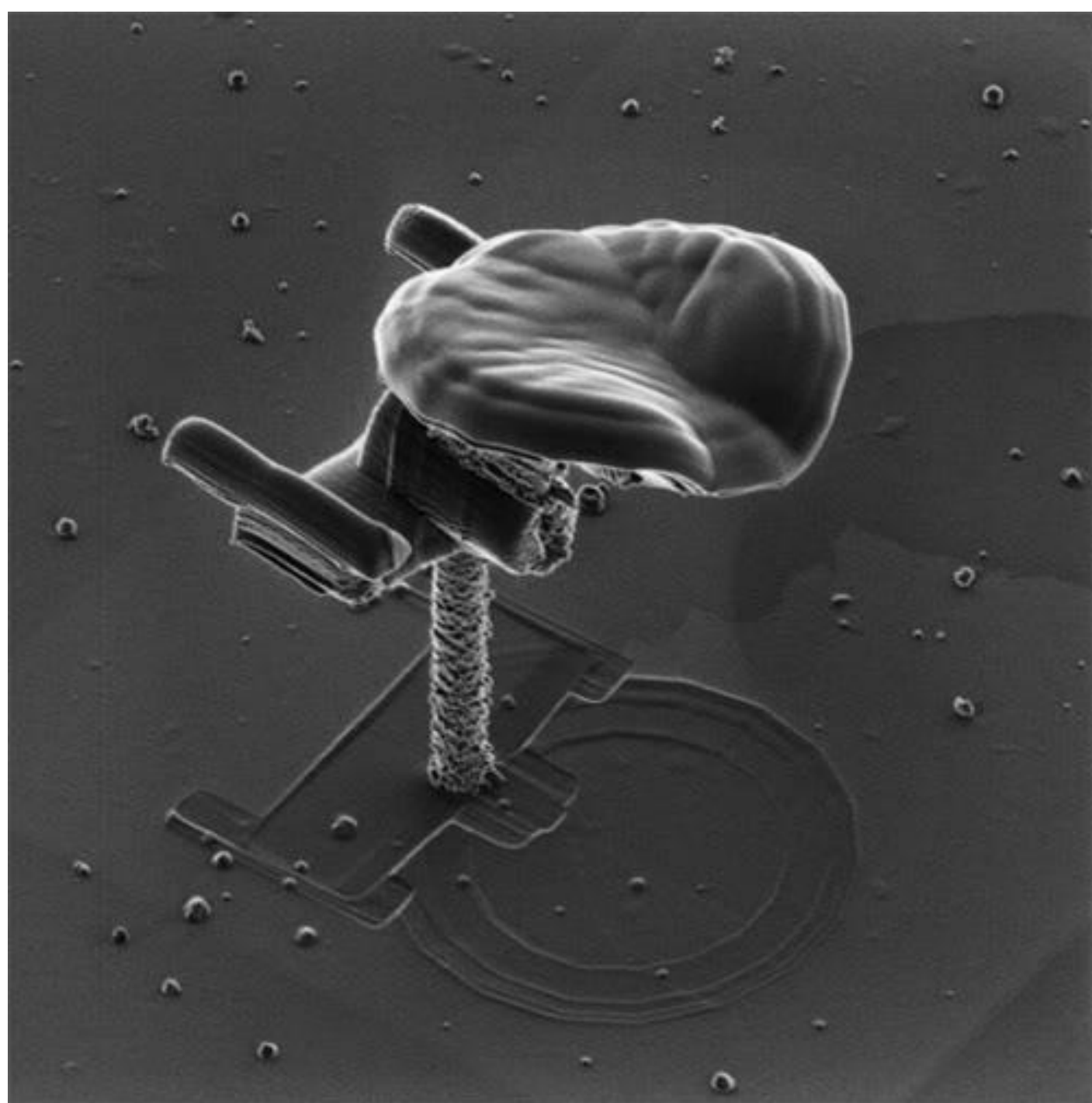
*Mus musculus*







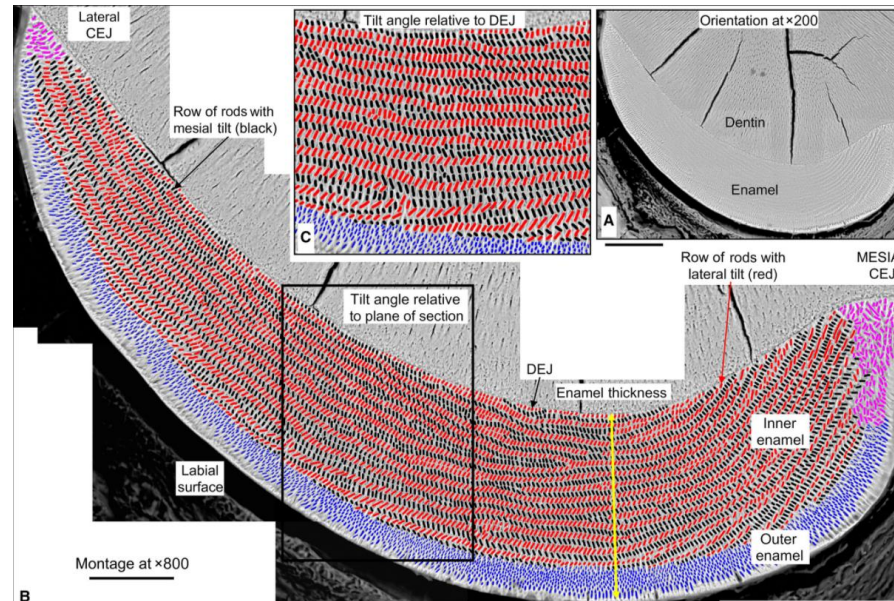






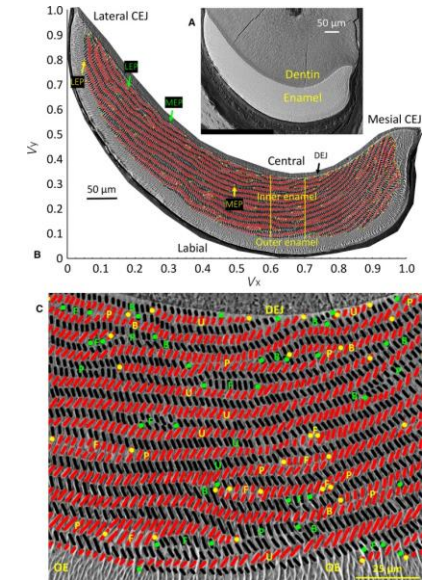
# Ameloblasty: pohyby buněk jsou zodpovědné za tvorbu vnitřní mikrostruktury skloviny

- Každý ameloblast je zodpovědný za tvorbu jednoho prismatu
- Ameloblasty se posunují v řadách pod úhlem přibližně 70 stupňů vůči sobě (*m. musculus*)

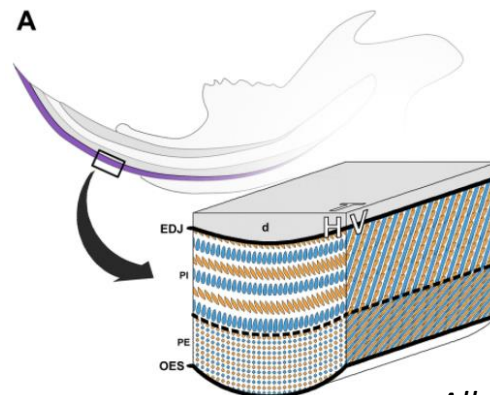


Smith et al., 2018

(James Simmer and Jan Hu lab)

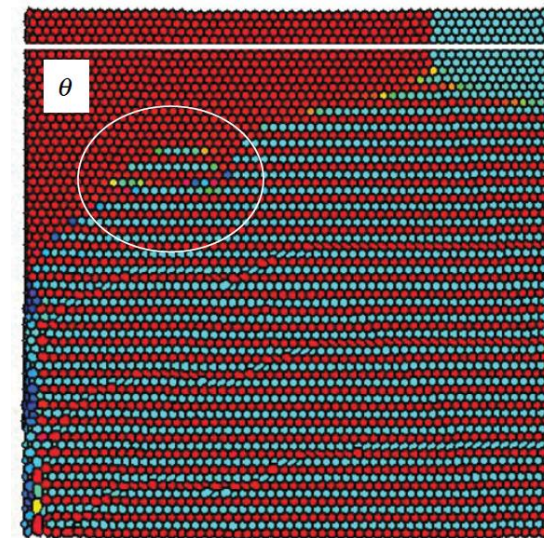
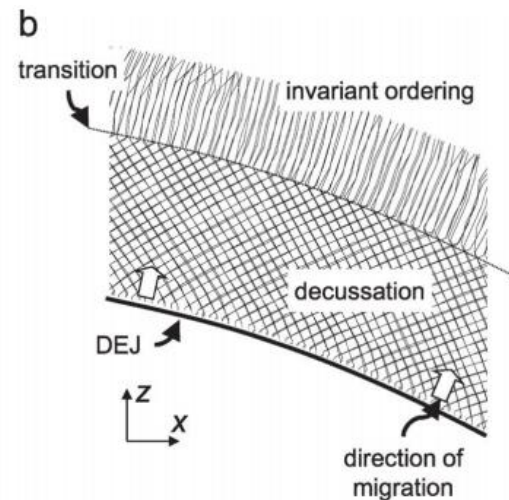
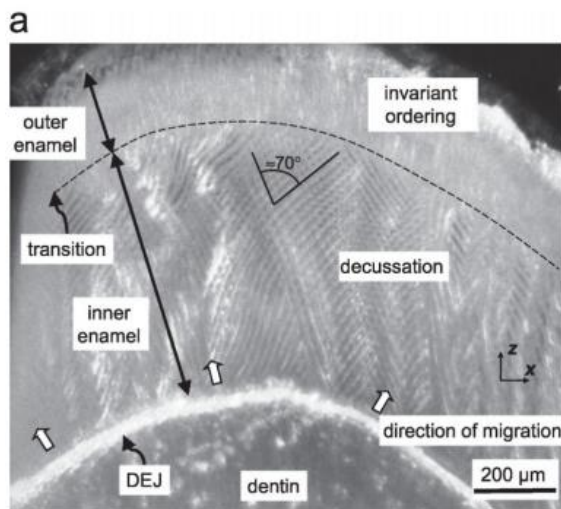
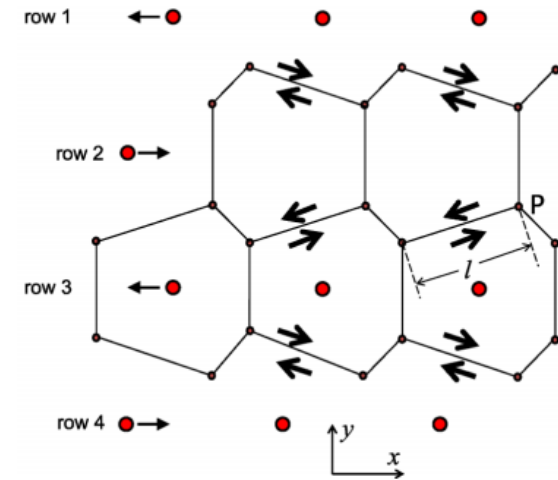
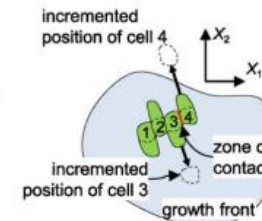
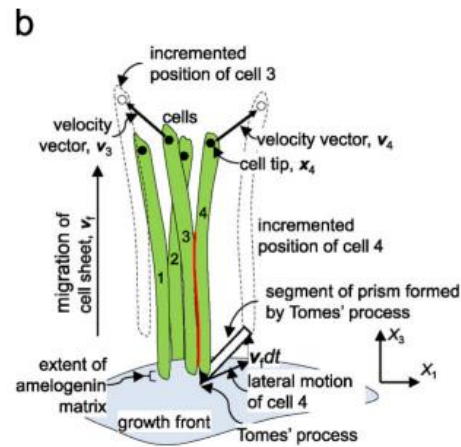
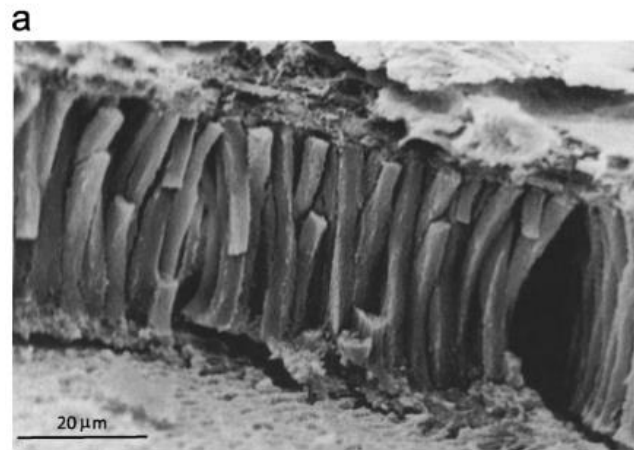


Smith et al., 2019



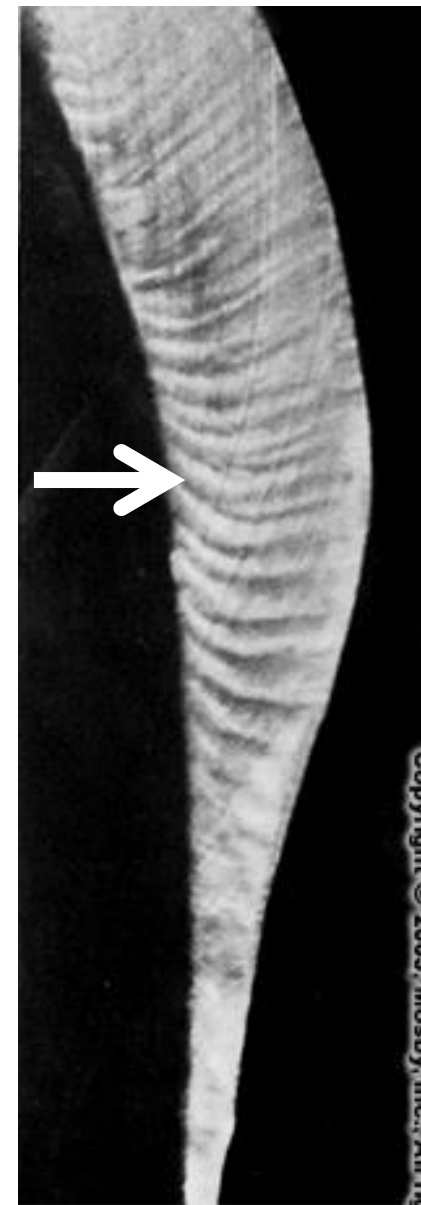
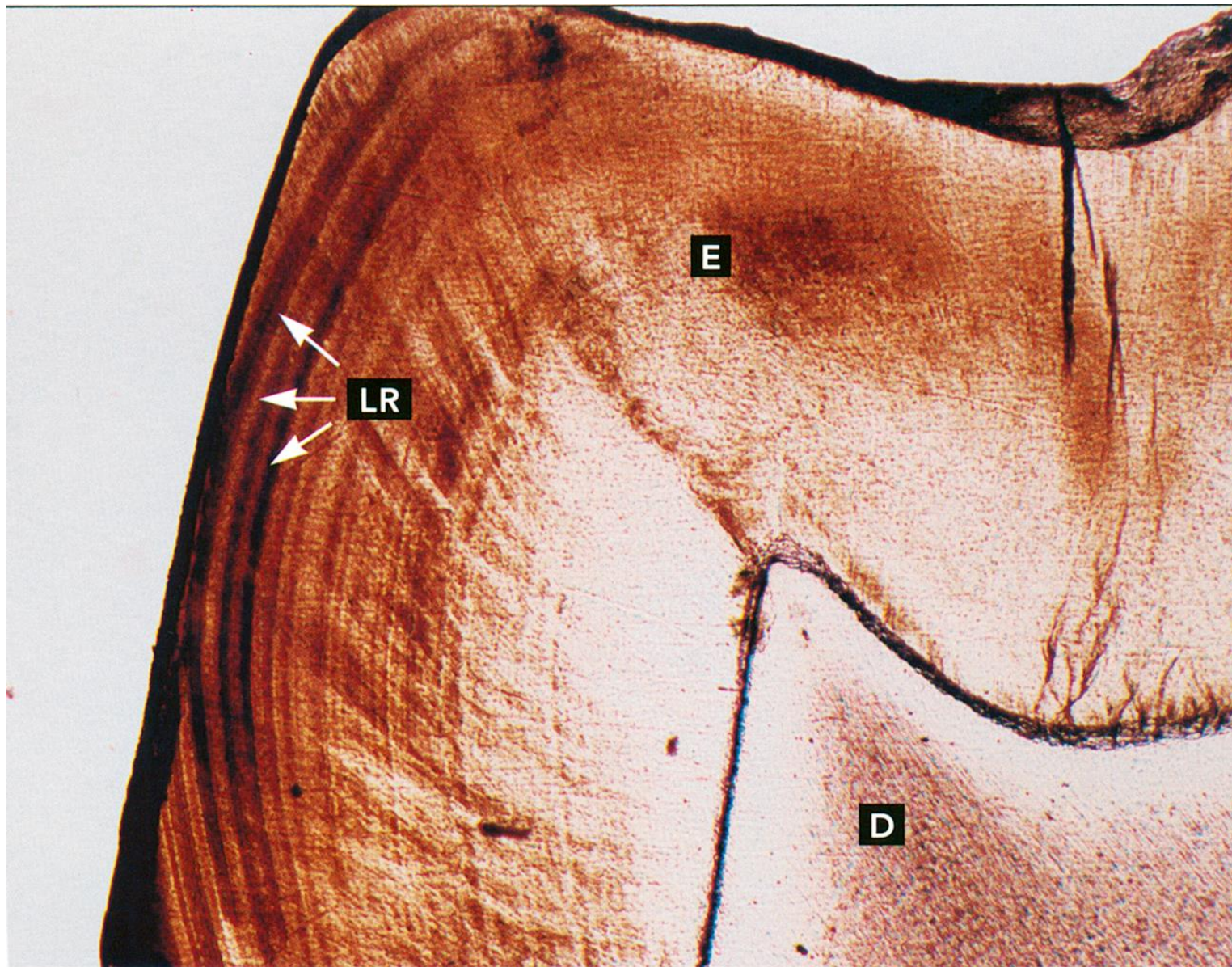
Alloing-Séguier et al., 2018

# Ameloblasty: pohyby buněk jsou zodpovědné za tvorbu vnitřní mikrostruktury skloviny





# Vnější znaky skloviny



# Vnější znaky skloviny

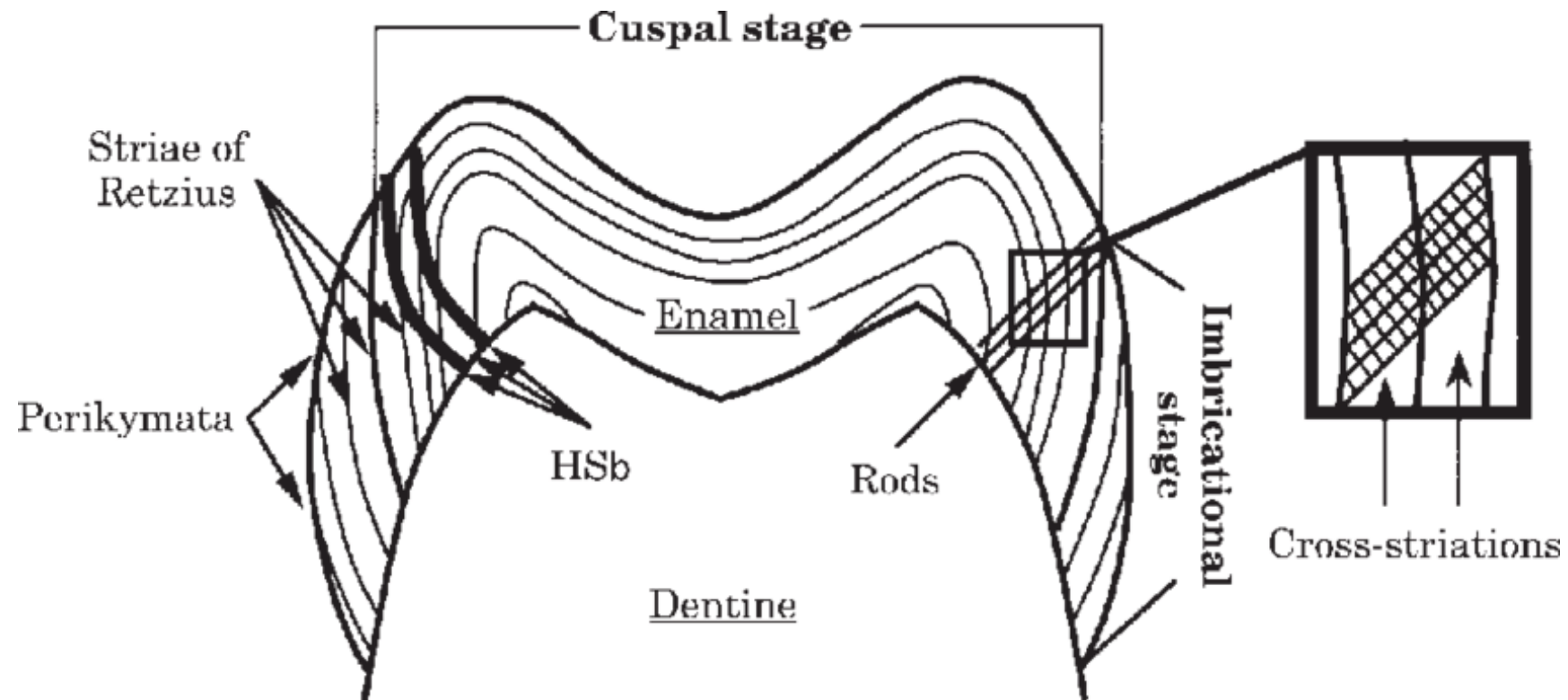
Retziusovy proužky

Perikymata

Hunterovy - Schregerovy proužky

Neonatální linie

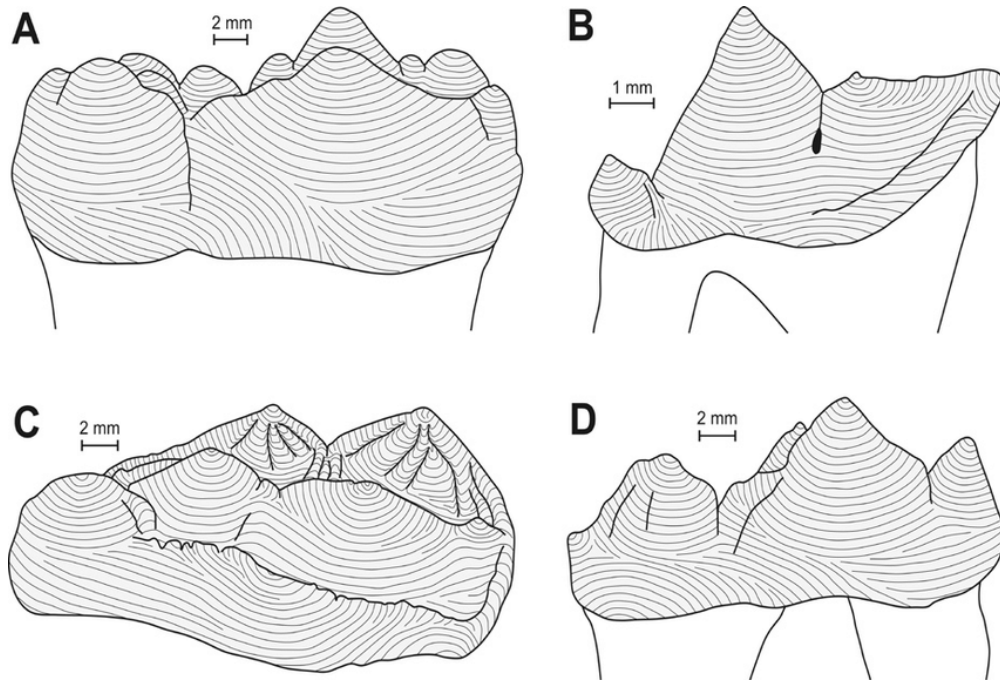
Enamel tufts





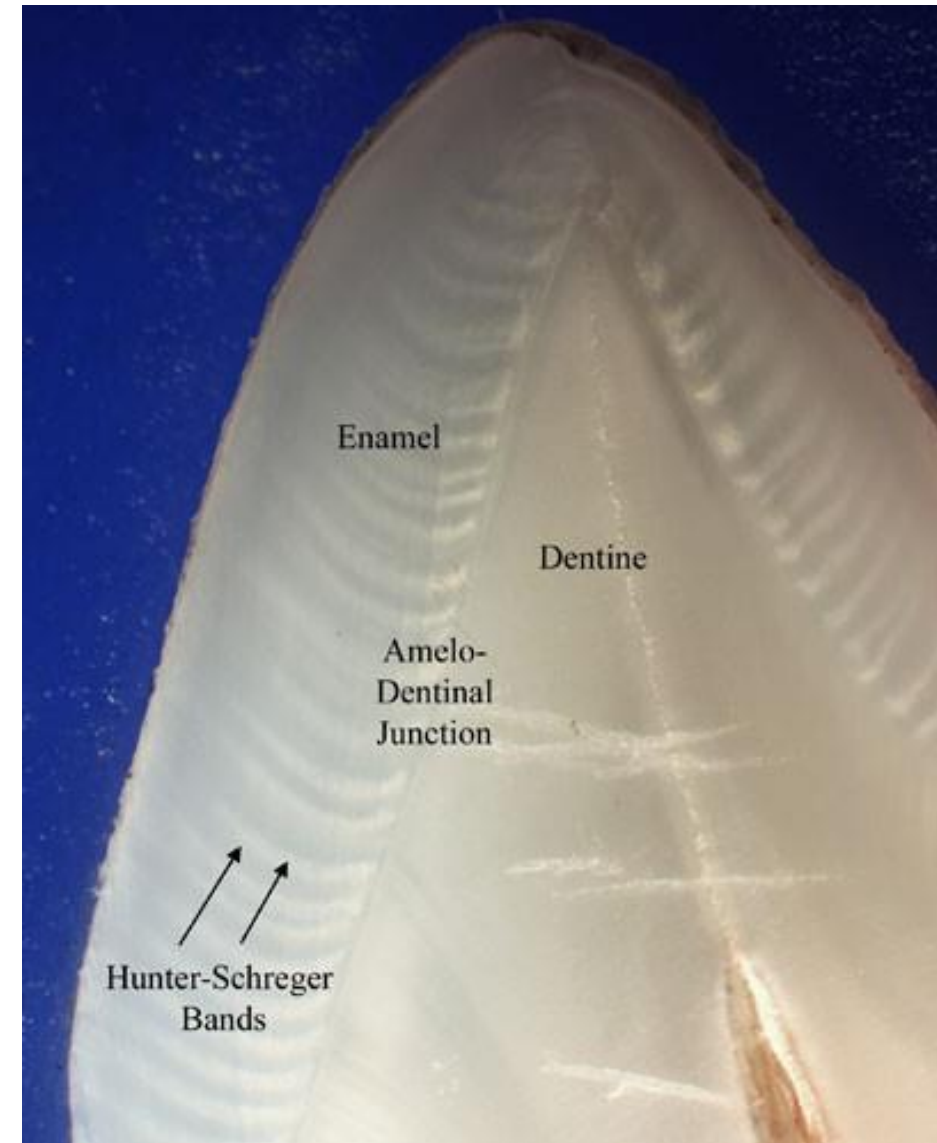
# Hunterovy - Schregerovy proužky

- Důsledek změn směru procházejících sklovinných prismatic
- Průběh sklovinných prismatic se mění ve všech směrech, zejména u premolárů a molárů.
- Opticky se jeví jako střídající se světlé a tmavé proužky



Course of Hunter-Schreger bands (HSB) on: the buccal side of M 2 from *Ursus spelaeus* (A), the buccal side of P 4 from *Felis catus* (B), the *U. wenzensis* M 2 viewed from the lingual and occlusal side (C) and the buccal side of M 1 from *U. wenzensis*.

*Nowakowski et al., 2010*



*Lynch et al., British dental journal, 2010*

# Inkrementální (přírůstkové) linie skloviny

Sklovina přirůstá periodicky: vliv **cirkadiálních rytmů**

**Projev periodické aktivity ameloblastů** nebo společné mineralizace většího počtu denních přírůstků

Na základě přírůstkových linií rozlišujeme charakteristické proužkování skloviny

## a) Denní linie

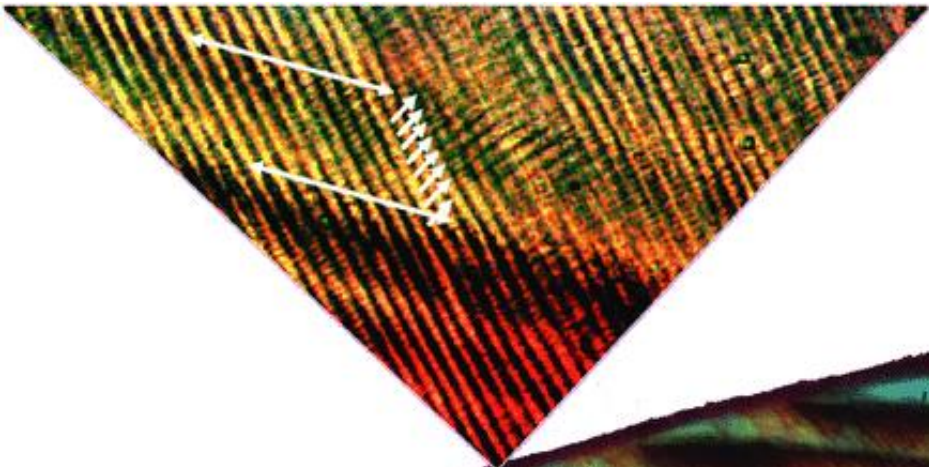
- Způsobují příčné pruhování prizmat (cross-striation), velmi tenké 2,5 - 6  $\mu\text{m}$
- Střídání fáze intenzivní sekrece s fází odpočinkovou
- Souvisí s cirkadiálními rytmy

## b) Retziusovy linie (sklovinné striae)

- Pozorovatelné v optickém mikroskopu na zubních výbrusech, vzdálenost 25-35  $\mu\text{m}$
- Od dentinosklovinné hranice k povrchu skloviny
- Tvoří perikymata (labiální plošky předních zubů - incisivi, caninus)

## c) Neonatální linie

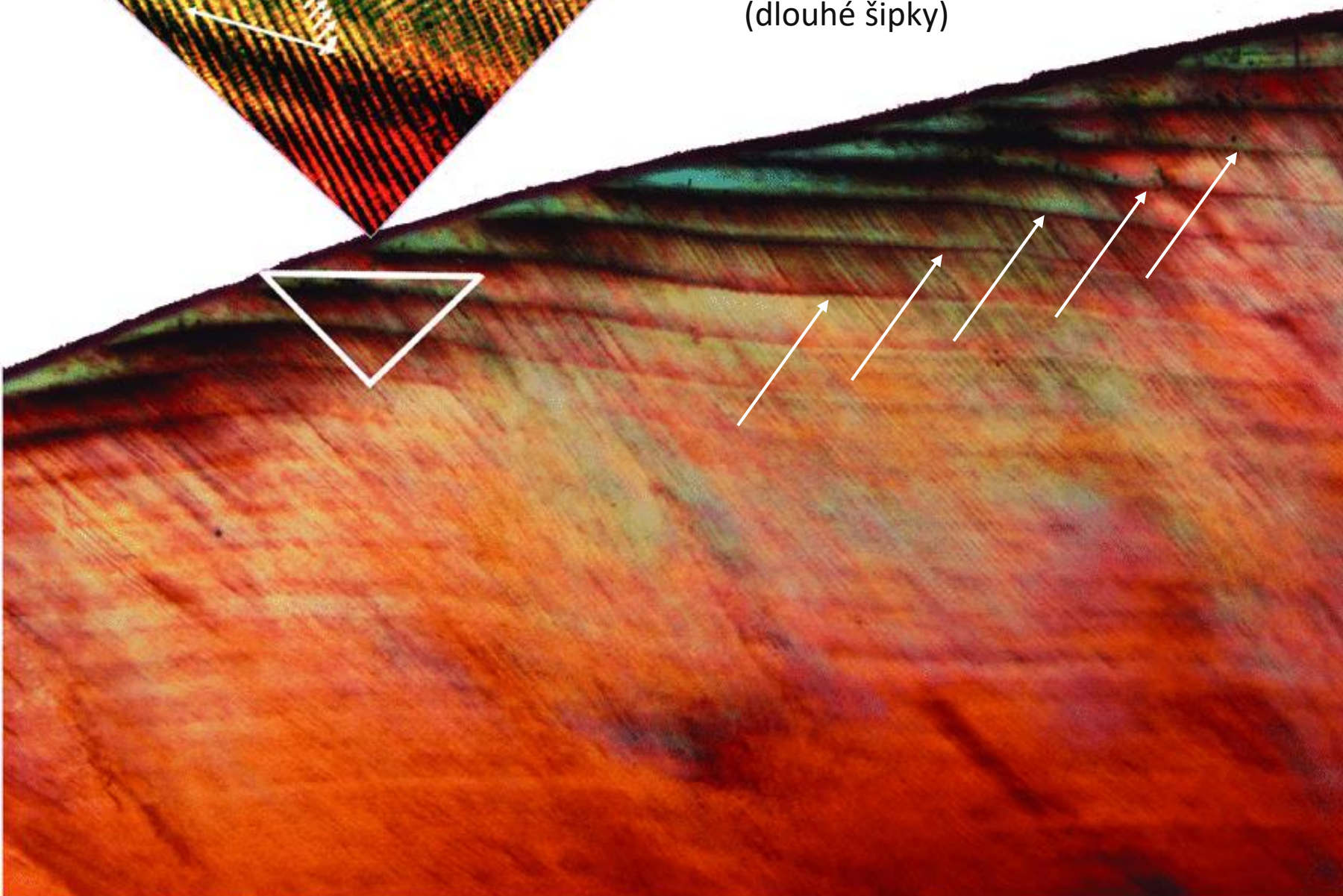
- Výrazný pruh méně mineralizované skloviny
- Vzniká v důsledku náhle změny příjmu potravy při narození
- U zubů primární dentice a M1
- Patří mezi Retziusovy linie



Denní – cirkadiální přírůstkové linie (krátké šipky) jsou patrné mezi Retziusovými – vícedenními proužky (dlouhé šipky)

## Denní linie

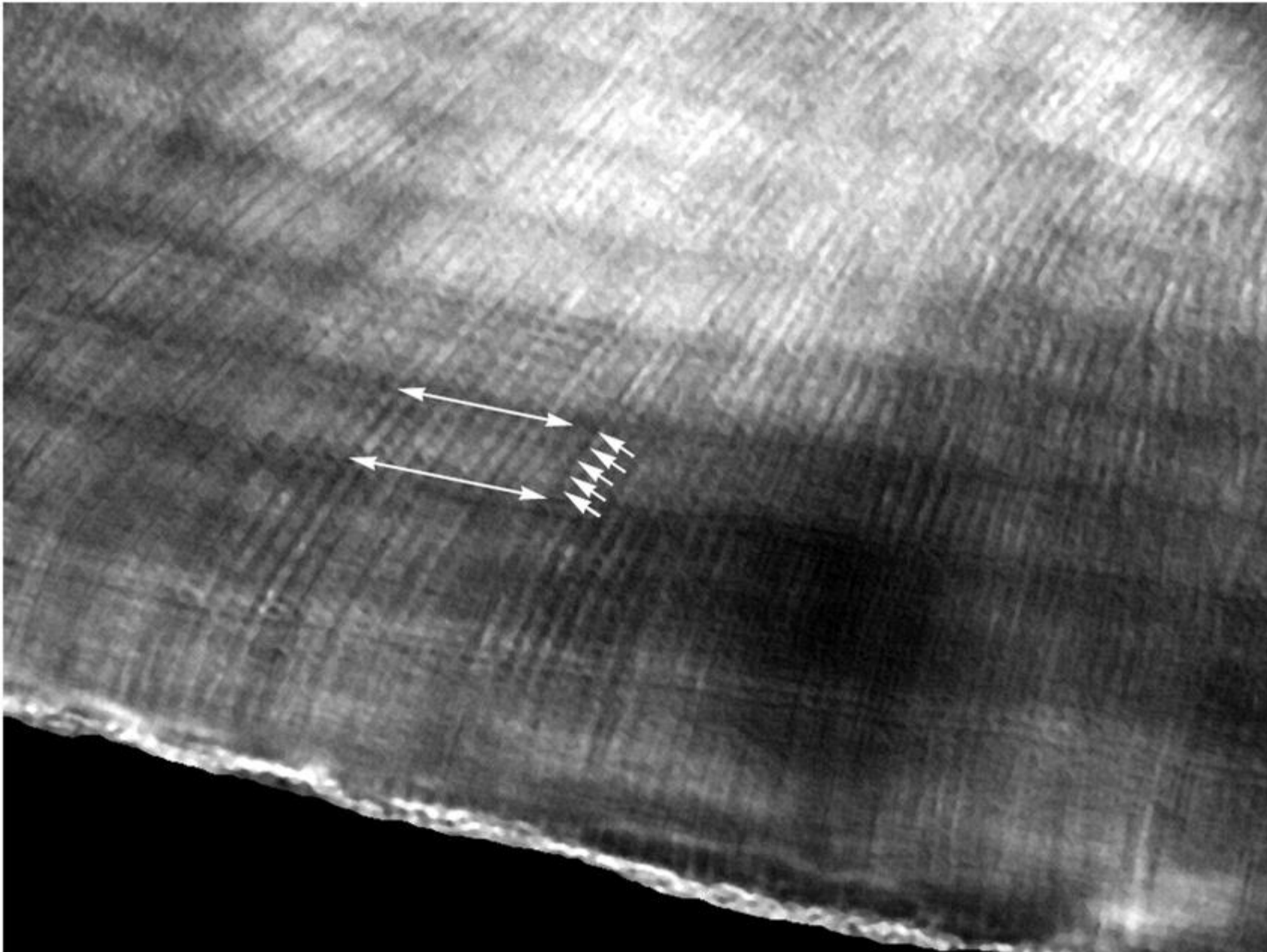
Počet příčných proužků mezi sousedními Retziusovými liniemi se nazývá „repeated period“. U lidského moláru je to 5-10 proužků.



*(Timothy G. Bromage et al., 2015, American Journal of Physical Anthropology; Hard Tissue Biology, Metabolomics, and Life History)*



## Denní linie



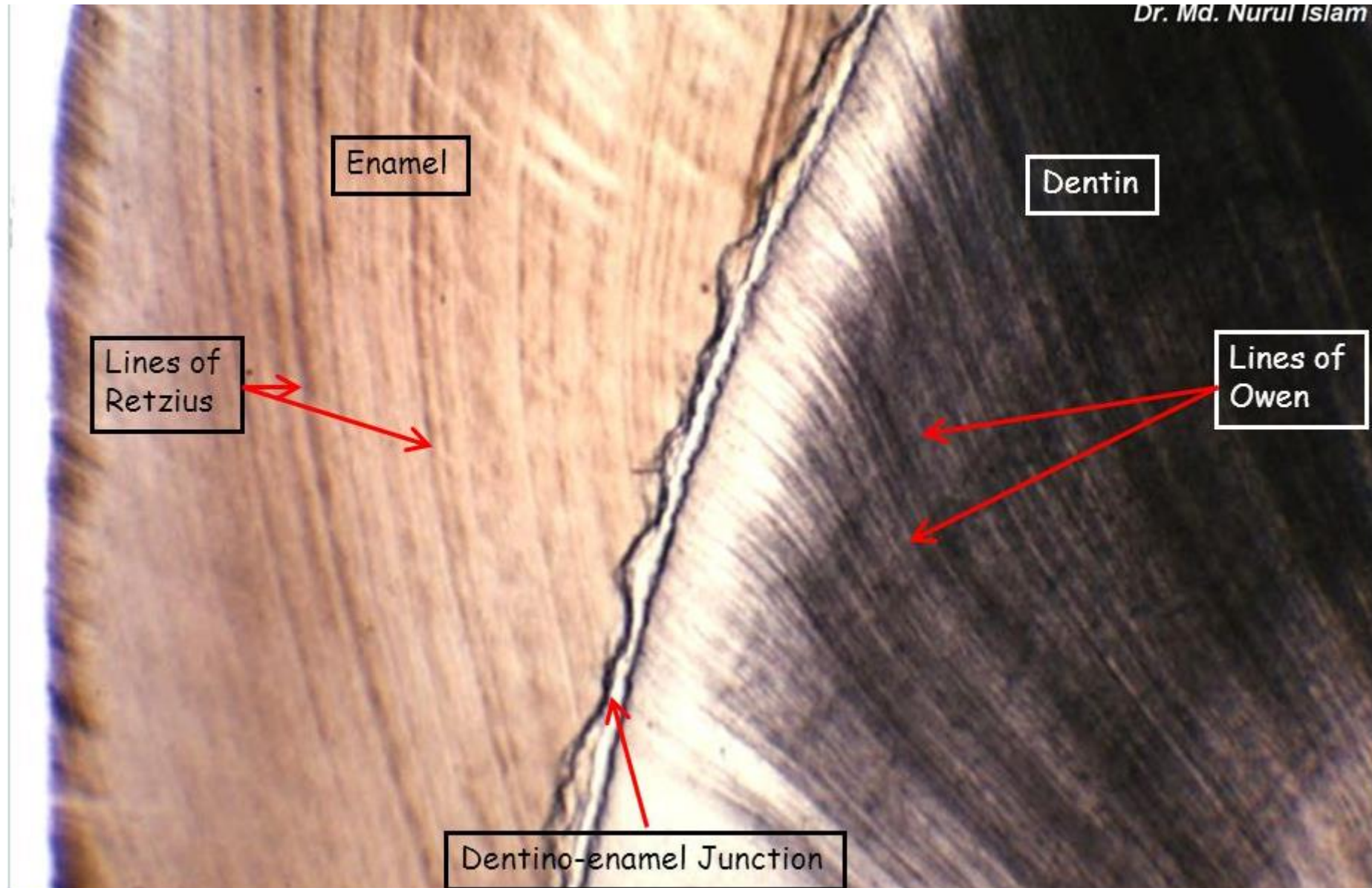
Denní – cirkadiální přírůstkové linie (krátké šipky) jsou patrné mezi Retziusovými – vícedenními proužky (dlouhé šipky)

Prasečí sklovina

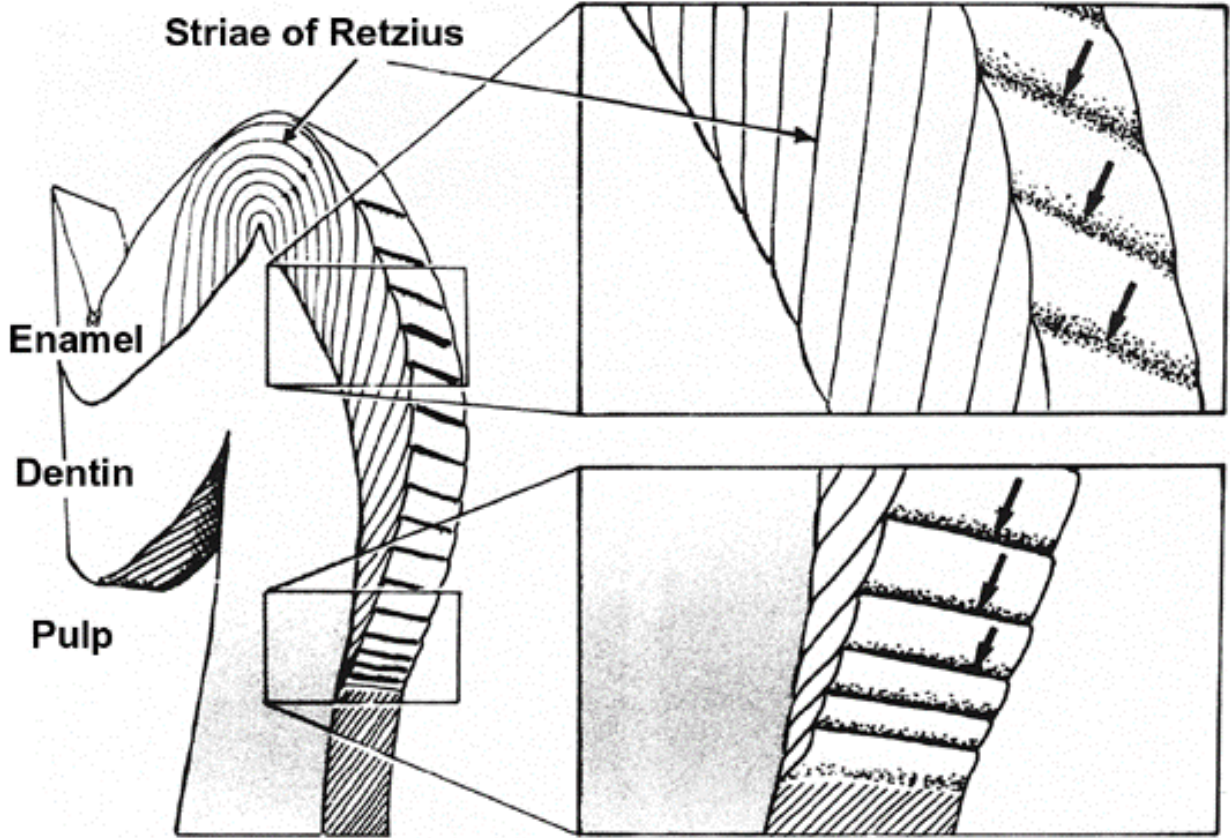
*(Timothy G. Bromage et al., 2015, American Journal of Physical Anthropology; Hard Tissue Biology, Metabolomics, and Life History)*



# Retziusovy linie



# Retziusovy linie



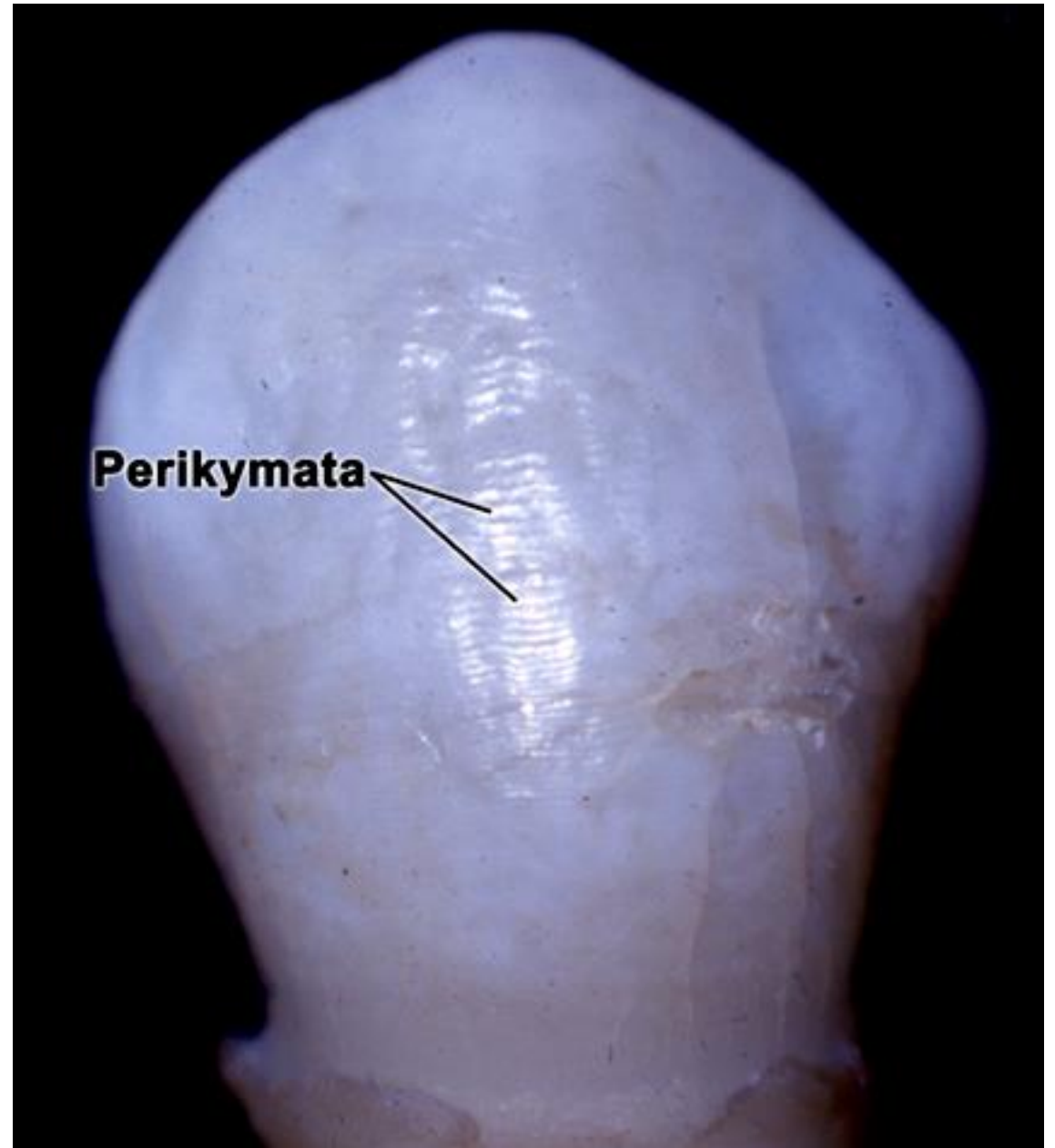
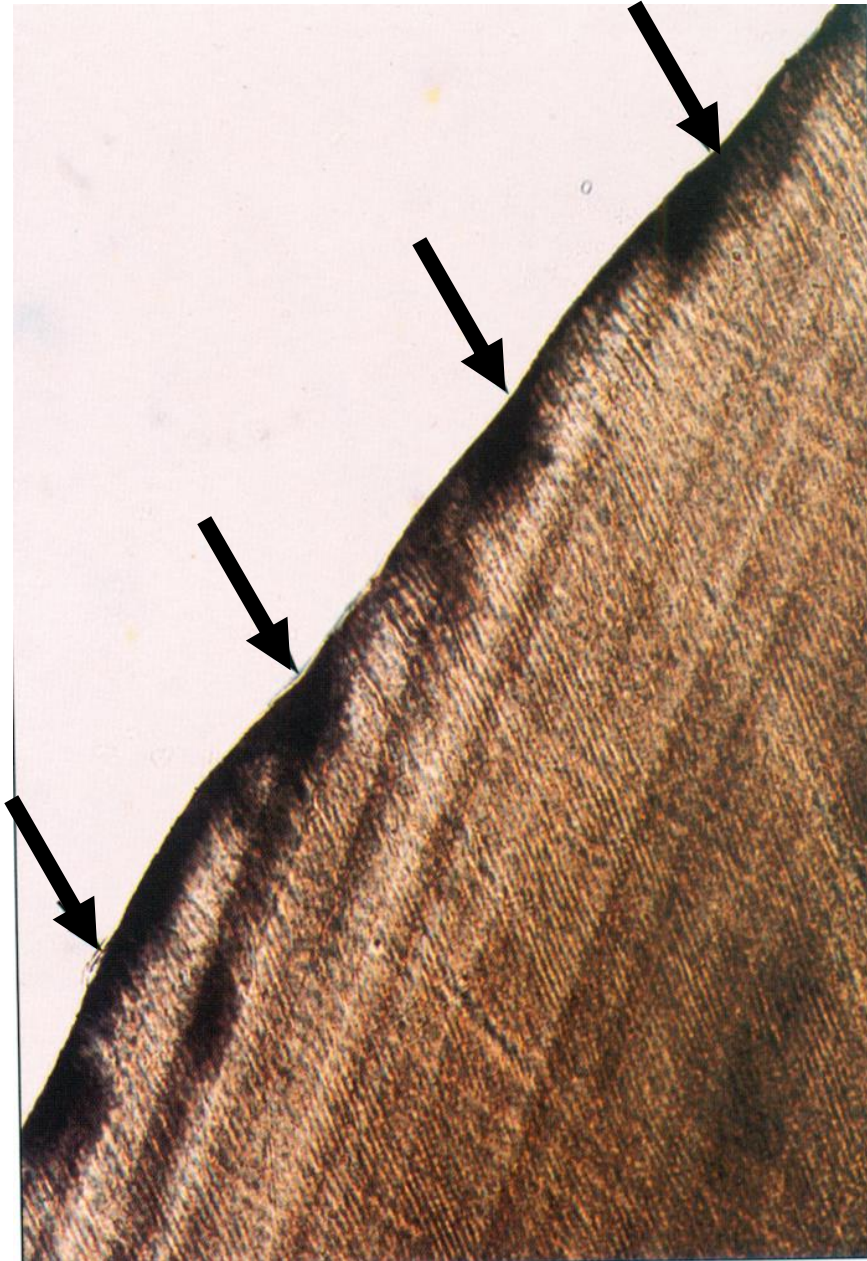
Copyright © 2003, Mosby, Inc., All rights reserved.



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

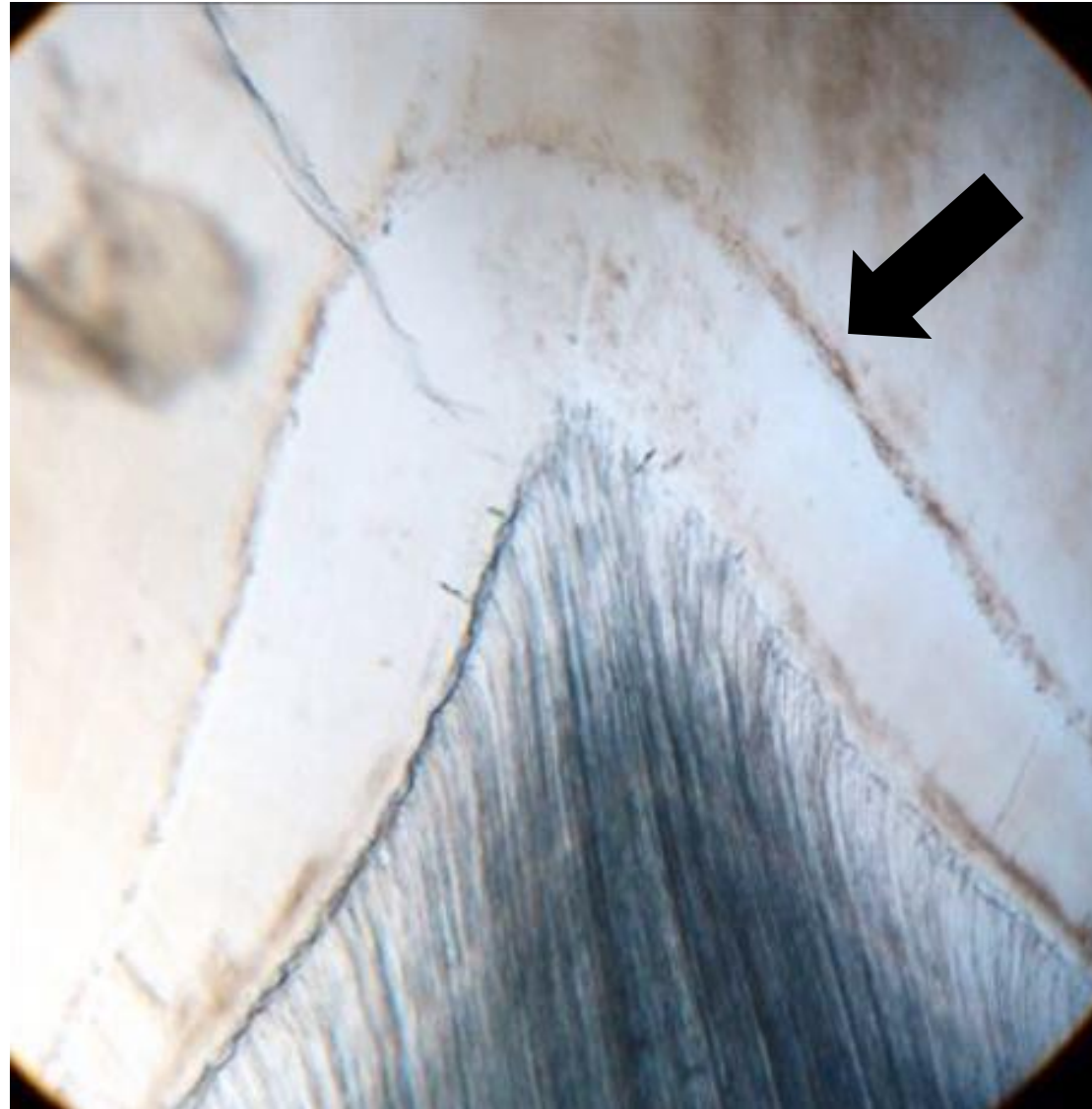


# Perikymata



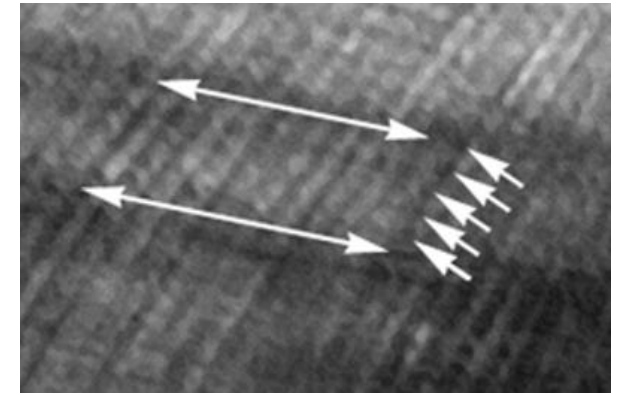


## Neonatální linie



# Inkrementální (přírůstkové) linie skloviny

projev periodické aktivity ameloblastů nebo společné mineralizace většího počtu denních přírůstků prizmat



## a) Denní linie

- Způsobují příčné pruhování prizmat (cross-striation), velmi tenké 2,5 - 6  $\mu\text{m}$
- Střídání fáze intenzivní sekrece s fází odpočinkovou
- Souvisí s cirkadiálními rytmy

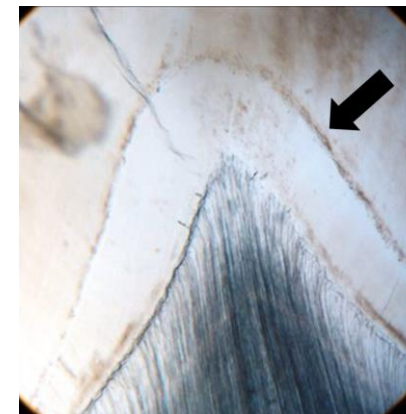
## b) Retziusovy linie (sklovinné striae)

- Pozorovatelné v optickém mikroskopu na zubních výbrusech, vzdálenost 25-35  $\mu\text{m}$
- Od dentinosklovinné hranice k povrchu skloviny
- Tvoří perikymata (labiální plošky předních zubů - incisivi, caninus)



## c) Neonatální linie

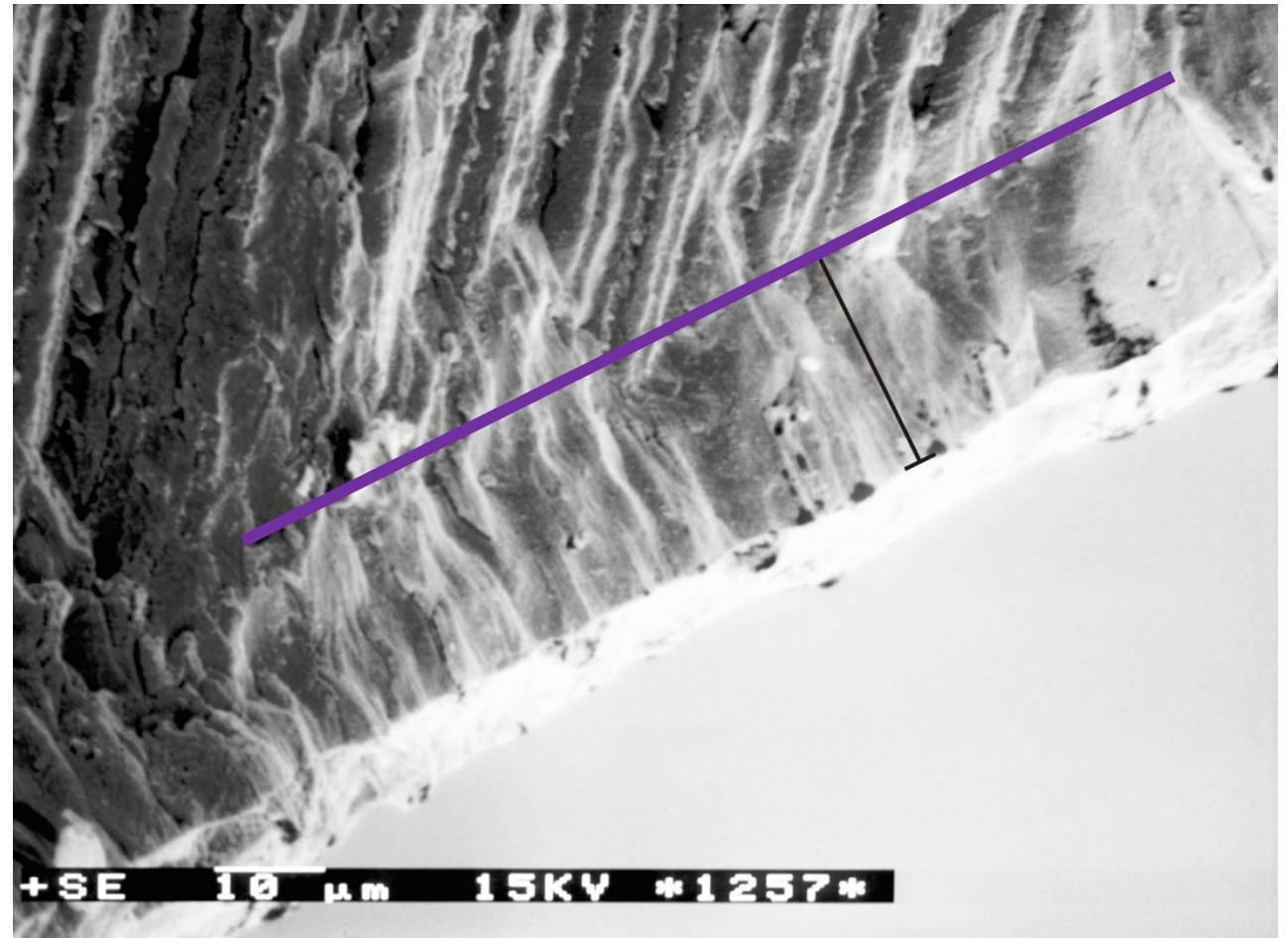
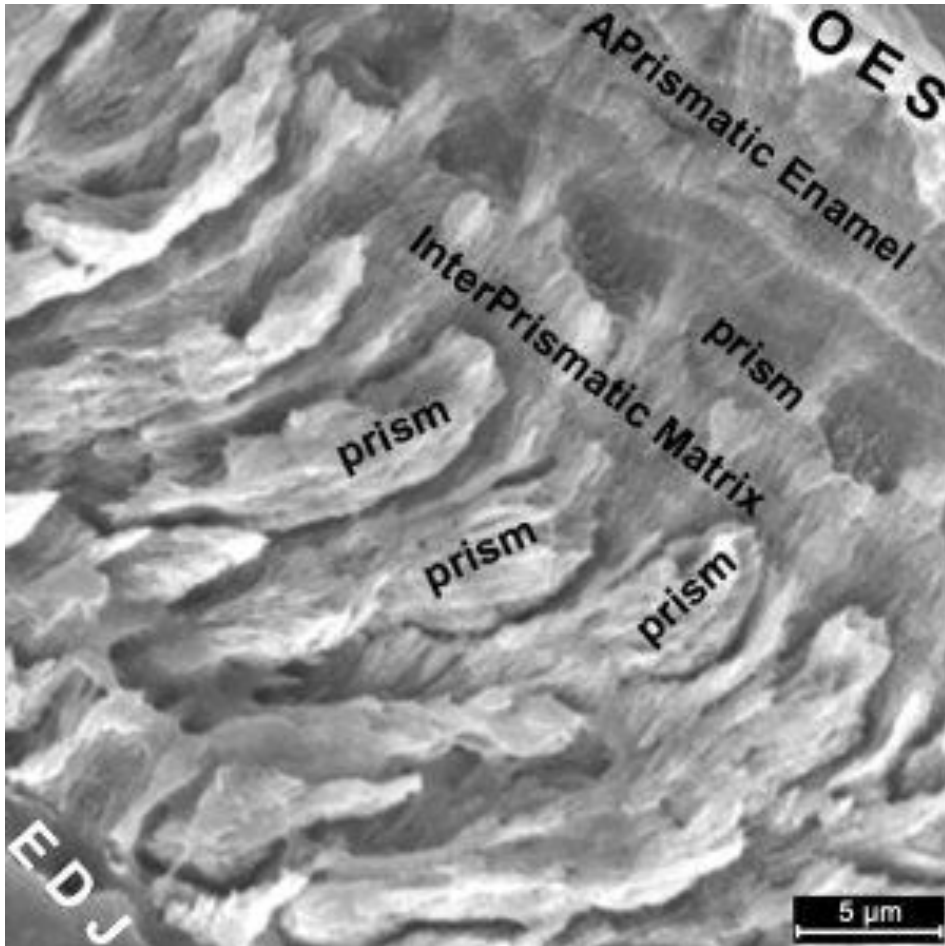
- Výrazný pruh méně mineralizované skloviny
- Vzniká v důsledku náhle změny příjmu potravy při narození
- U zubů primární dentice a M1
- Patří mezi Retziusovy linie

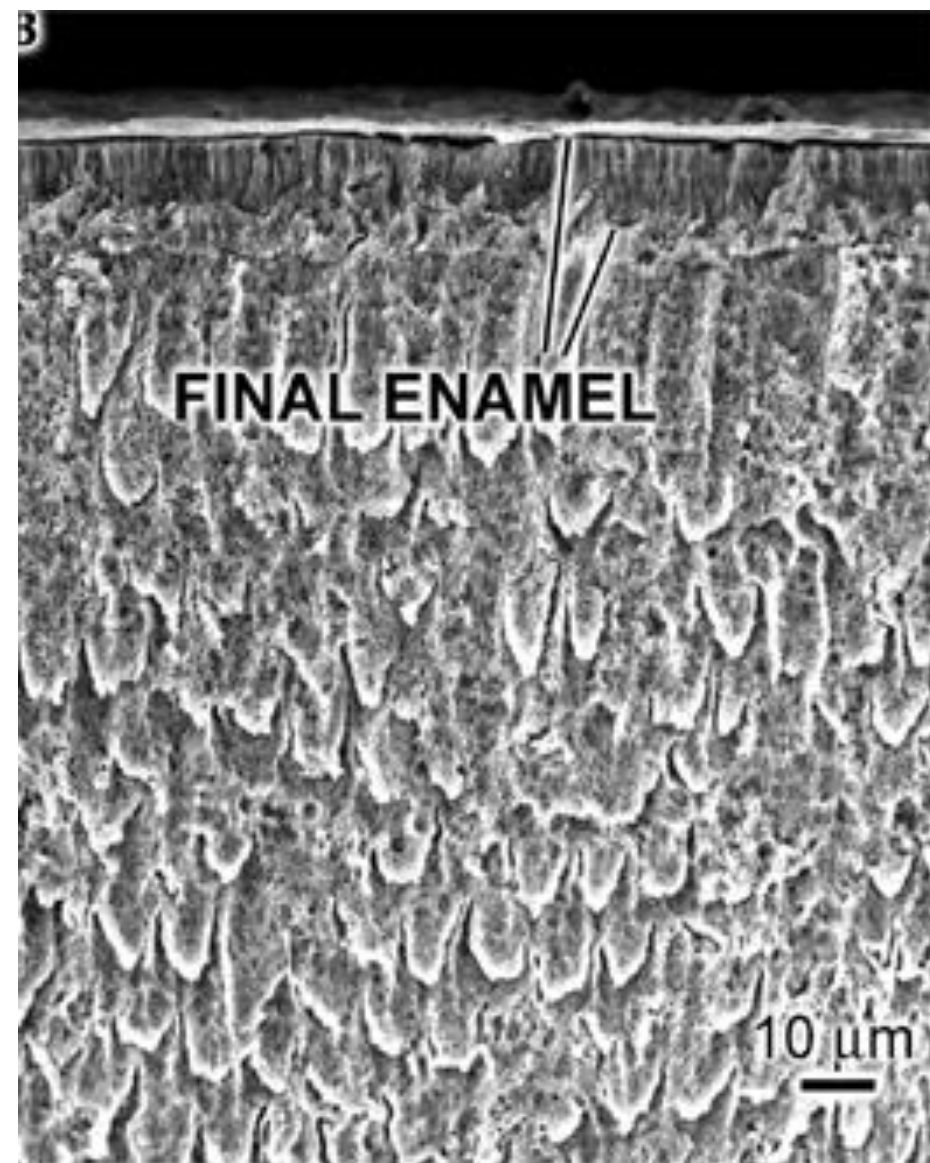
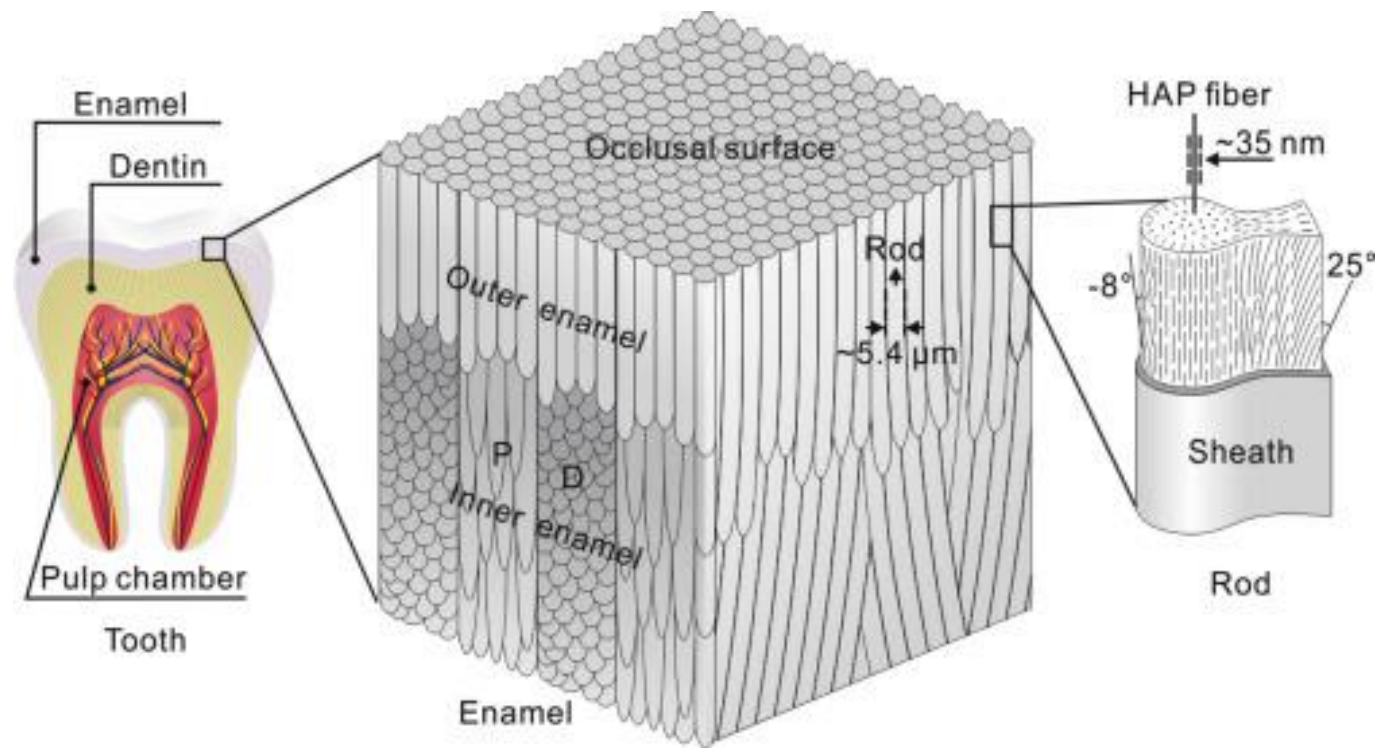




# Aprizmatická sklovina

- 20-70  $\mu\text{m}$  tlustá vrstva na povrchu korunky bez prizmat
- Tvrdší a více mineralizovaná, obsahuje více fluoru,
- Tvoří se před ukončením aktivity ameloblastů
- Krystaly hydroxylapatitu uspořádány souběžně a kolmo k povrchu emailu

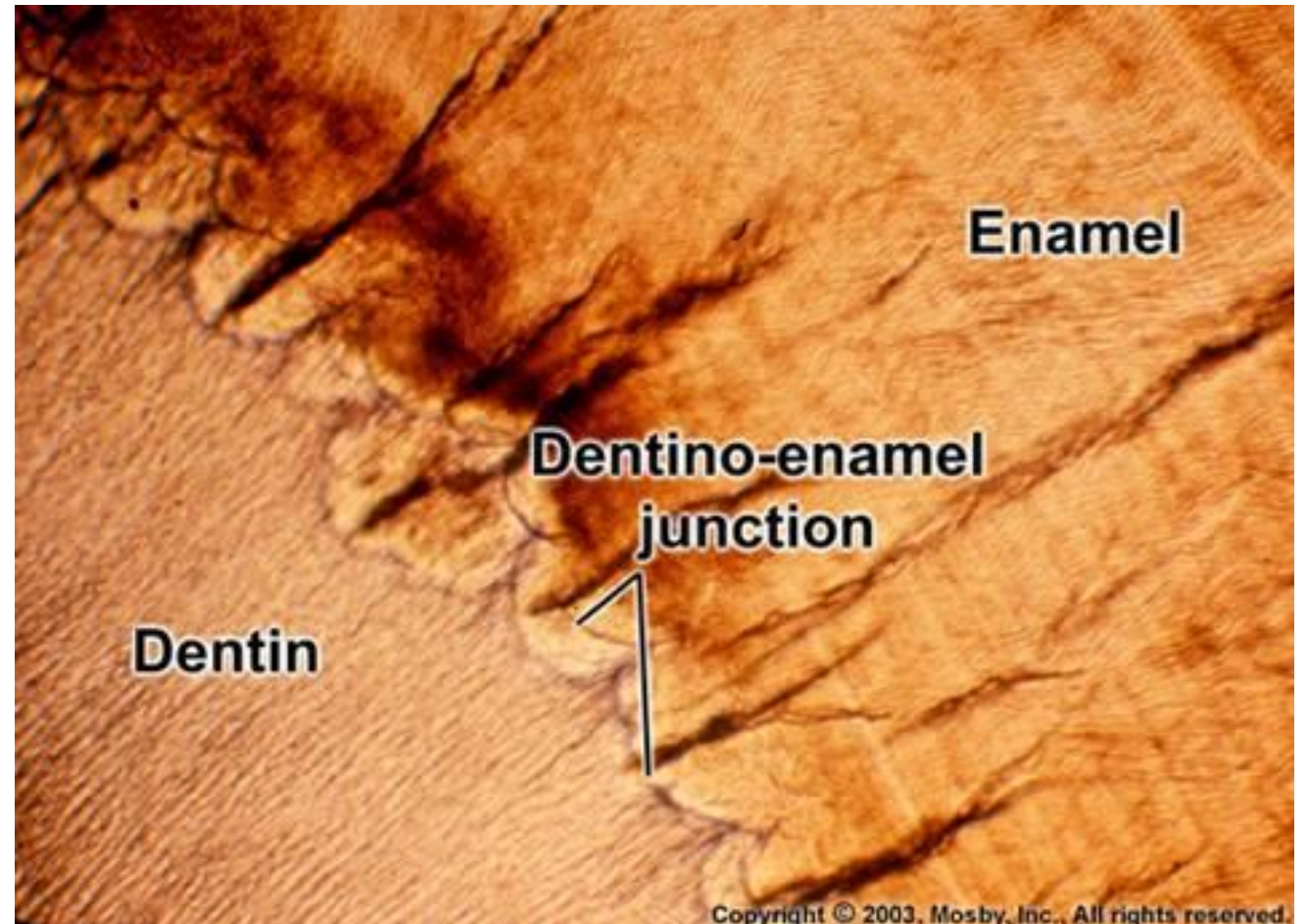
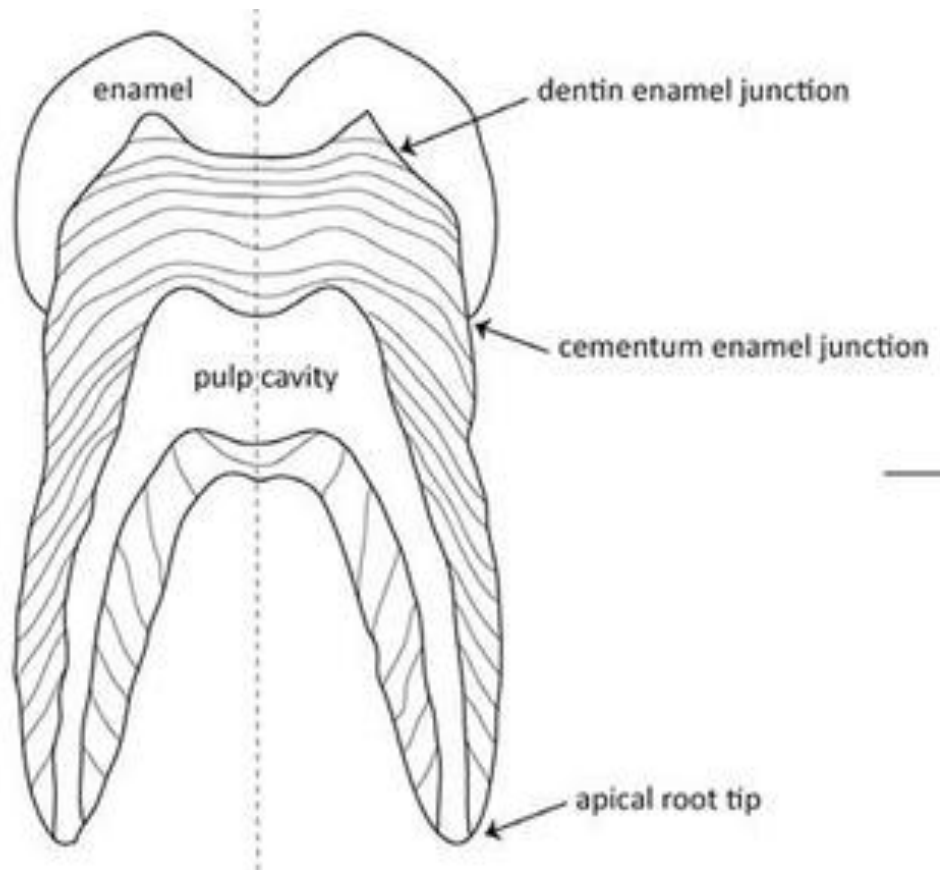






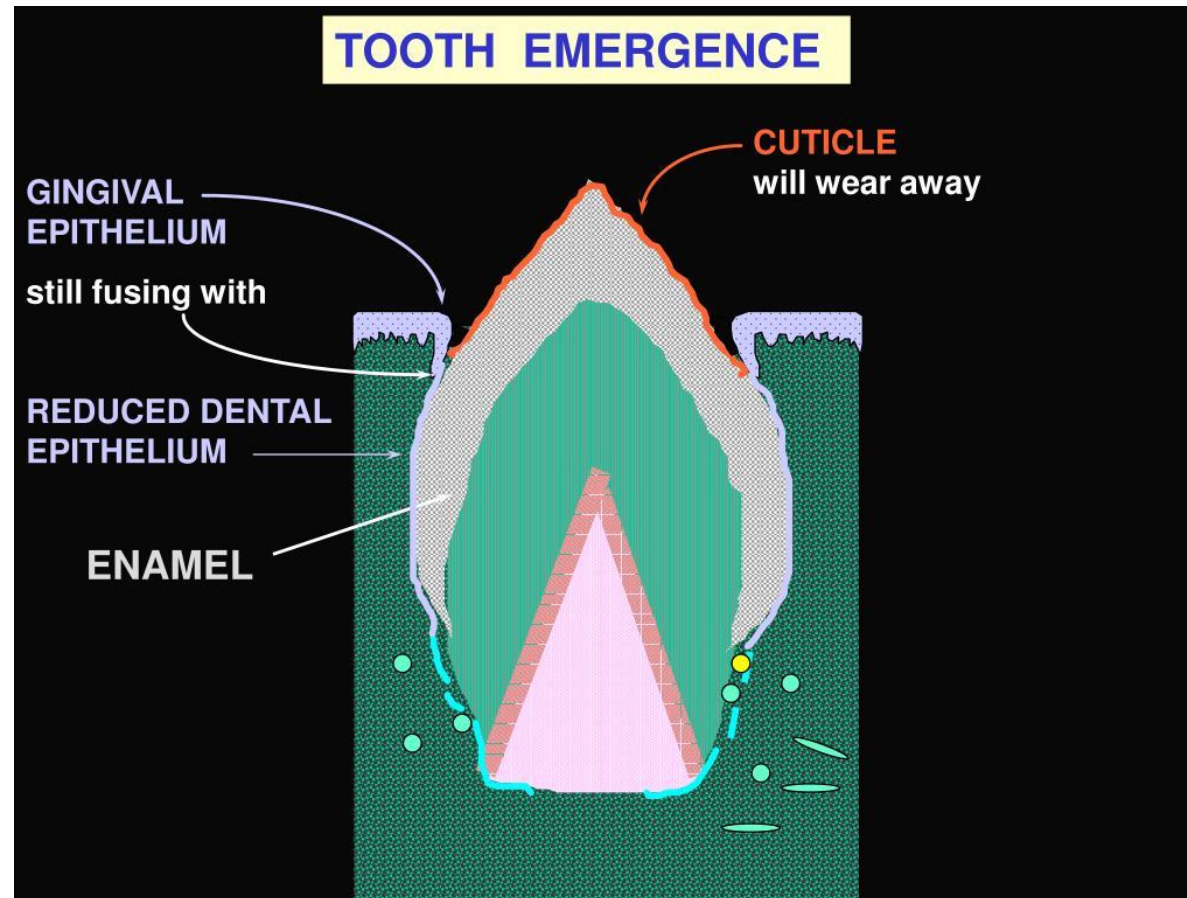
# Dentino-sklovinná hranice

- Hranice mezi sklovinou a dentinem, tvoří funkční napojení těchto dvou tvrdých tkání.
- Vývojově se nachází v místě bývalé bazální membrány ameloblastů
- Na podélných preparátech má vroubkovaný průběh (girlandy)
- Sklovinná prizmata



## Cuticula dentis (Nasmythova blanka)

- Kryje nově prořezaný zub
- Vzniká při prořezávání korunky splynutím primární a sekundární kutikuly za vývoje zubu
- Snadno podléhá abrazi – mizí z kousacích plošek zubů
- Asi 1  $\mu\text{m}$  tlustá blanka, tvořena proteiny a polysacharidy
- Po prořezání její zbytky můžou být patrné pouze v blízkosti zubního krčku





**ENAMEL**

**Enamel  
spindles**

**DENTIN**

## **Sklovinná vřeténka** (fusus enameli)

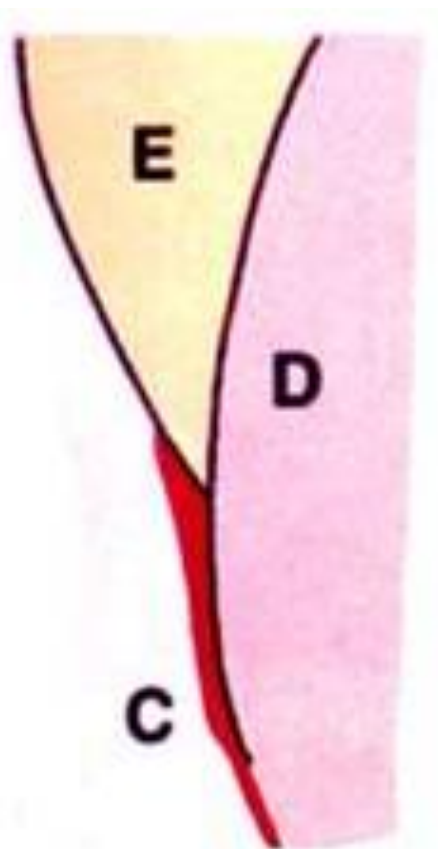
až 100 um dlouhá prodloužení  
dentinových tubulů do skloviny

# Cemento-sklovinná hranice

3 typy:

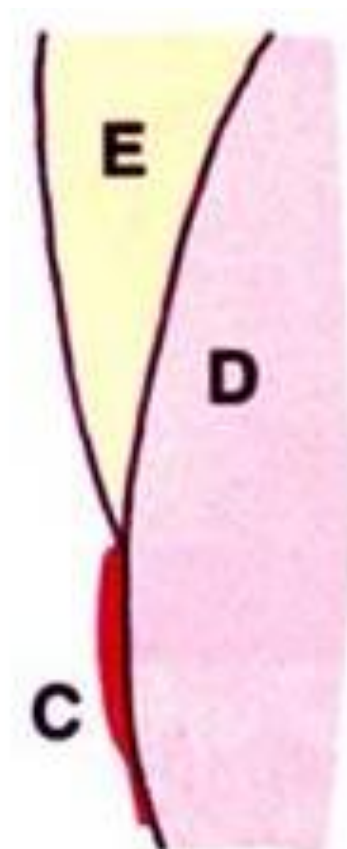
přesah cementu na sklovinu

15 %



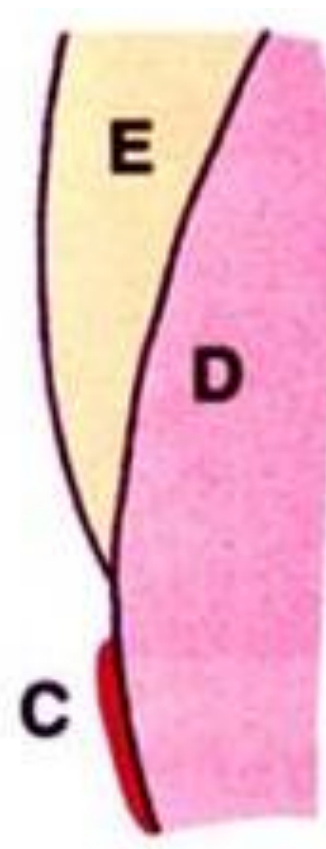
v ostré linii

52 %



s mezerou

33 %





## Regenerace skloviny

Sklovina neregeneruje!  
Ameloblasty zanikají během erupce



## Reparace skloviny

Dochází ke zpětné remineralizaci poškozené skloviny působením slin

## Hypoplazie skloviny

Sklovina je měkká a drobivá  
etiologie:

- Poškození ameloblastů a předčasné ukončení jejich činnosti
- Genetické příčiny (*amelogenesis imperfecta*)
- Dlouhodobě zvýšený přísun fluoridů (5 násobné zvýšení fluoridů v pitné vodě)
- Tetracyklinová antibiotika - inkorporována do skloviny během kalcifikace
- Horečnaté stavy během amelogeneze



# Věkové změny skloviny

- **Obrušování** – v pokročilejších stádiích může dojít až k expozici dentinu
- **Změna chemického složení** – zvyšování obsahu fluoridů, snižování obsahu vody a organických sloučenin
- **Změna pigmentace skloviny** – inkorporace organického materiálu do skloviny, tloušťnutím dentinu a jeho tmavnutí
- **Změny permeability** – s věkem se snižuje, krystaly během života rostou a zmenšují se póry mezi nimi





# Zubní cement

*(cementum, substantia petrosa)*

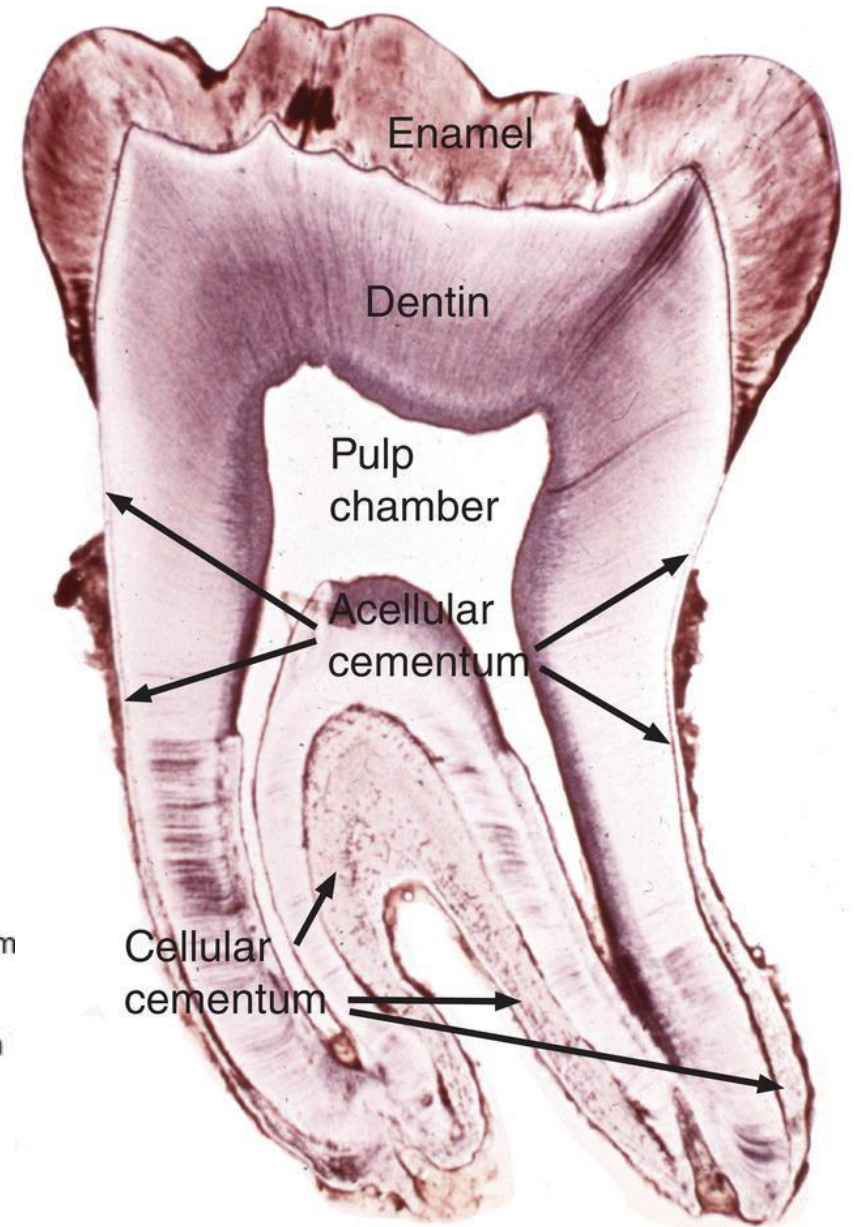
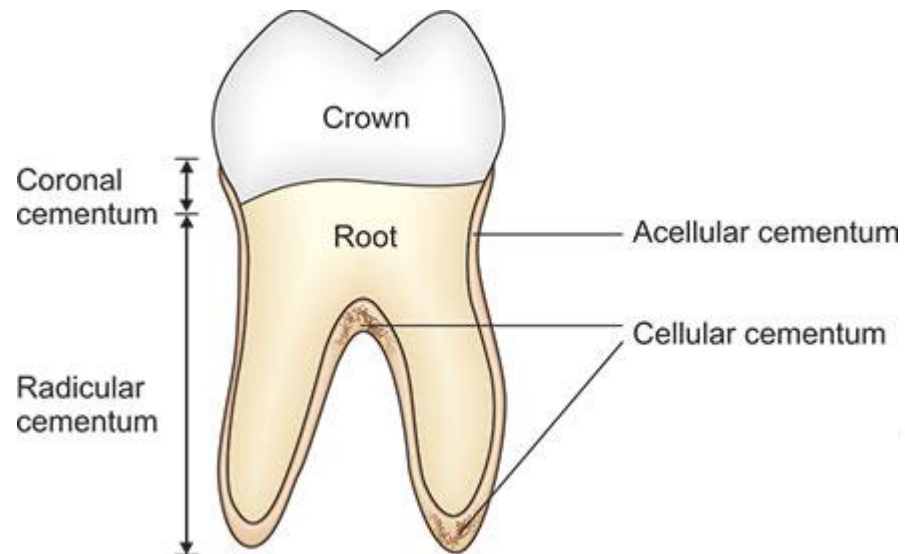


# Zubní cement

- Tvrdá, kosti podobná tkáň, kryjící kořen zubu
- Nažloutlá barva
- **Avaskulární hmota**
- **Nedochází v něm k přestavbě** (na rozdíl od kostní tkáně)
- Může být resorbován **cementoklasty** - v období výměny zubů
- Je tvořen stále v průběhu života **apozicí nových vrstev** vitální tkáně. Přirůstání probíhá periodicky – inkrementální linie.
- Vývojově pochází z ektomezenchymu

- Tvoří ho:

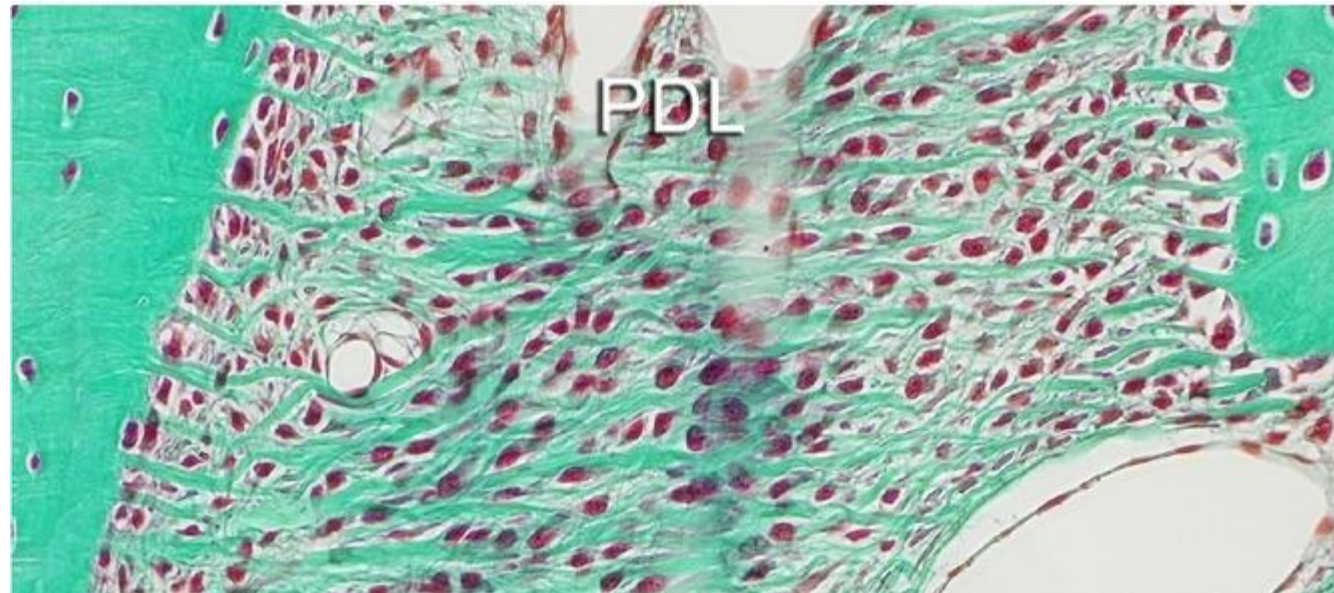
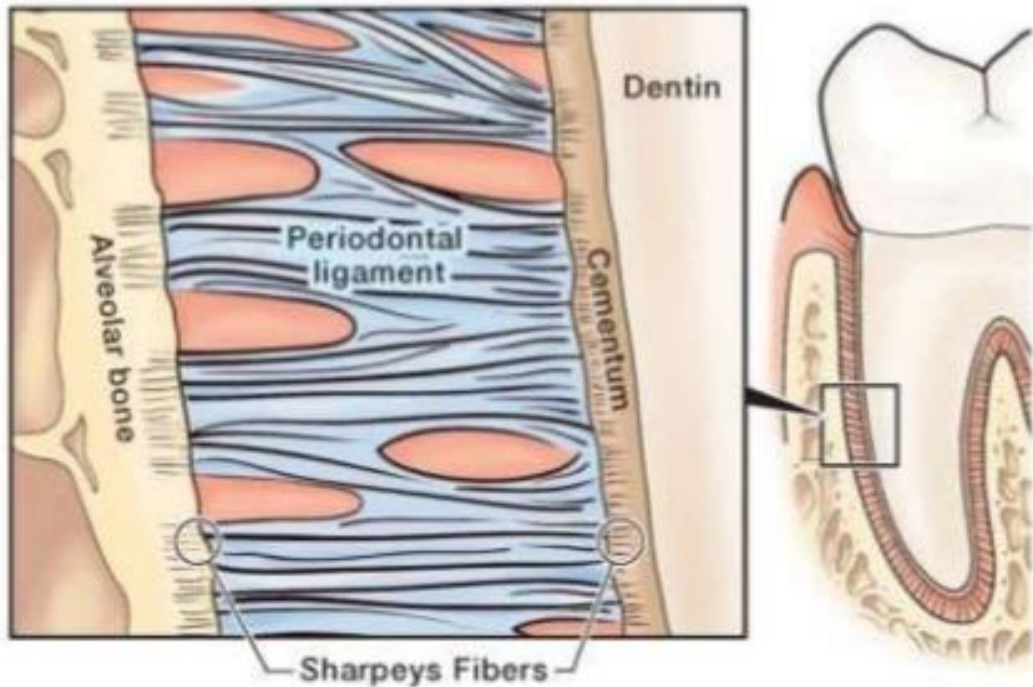
- Buněčná hmota
- ECM





# Sharpeyova vlákna

- Kolagenní vlákna (zejména kolagen 1) periodontálních ligament, která jsou zanořena na jedné straně v cementu a na straně druhé v periostu alveolární kosti
- Tvoří funkční uchycení zubu v zubního alveolu
- Probíhají až do acelulárního cementu, kde plně mineralizují



# Mikroskopická stavba cementu

Cementocyty, Cementoblasty, Cementoklasty (výměna zubů)

Mezibuněčná hmota (ECM) = Cement

Acelulární (primární)

Celulární (sekundární)

Podle  
typu ECM

Buňky

**Cementoblasty**

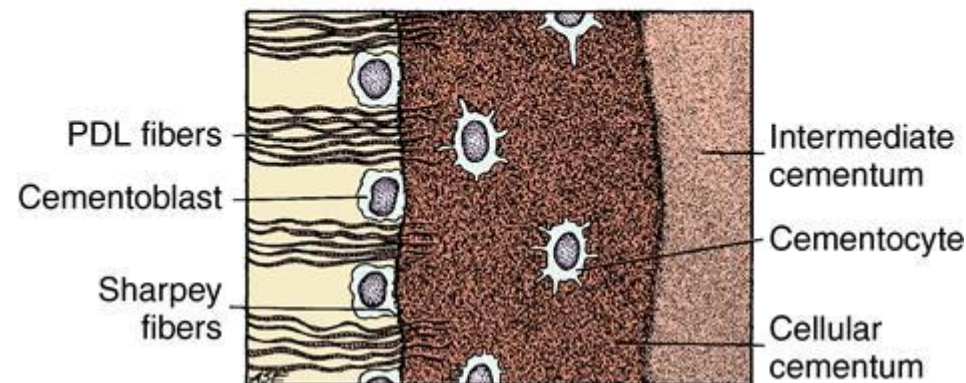
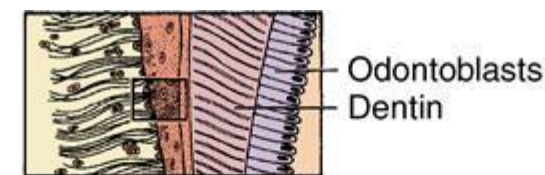
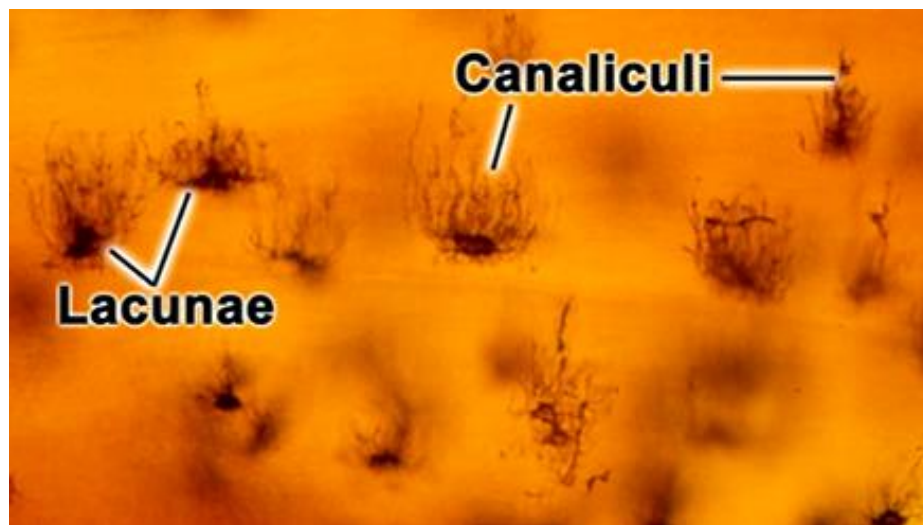
Buňky, které se aktivně podílí na tvorbě ECM

**Cementocyty**

Buňky obklopené cemenózní tkání, těla uložena v dutinkách (*lacunae*), výběžky v chodbičkách (obdobu osteocytů v kosti) – *canaliculi cementi*

**Cementoklasty**

Podílí se na resorbci cementu dočasných zubů





## Cementová matrix

Tvoří ji kolagenní vlákna a zvápenatělá amorfní extracelulární hmota

Kolagenní vlákna probíhají ve snopečcích jejichž orientaci určují síly, které za zub působí

Cement podle vzniku dělíme na:

### Primární (acelulární)

Neobsahuje cementocyty

V rozsahu celého zubního kořene

Nasedá přímo na zubovinu

Tloušťka: **10 do 200  $\mu\text{m}$**

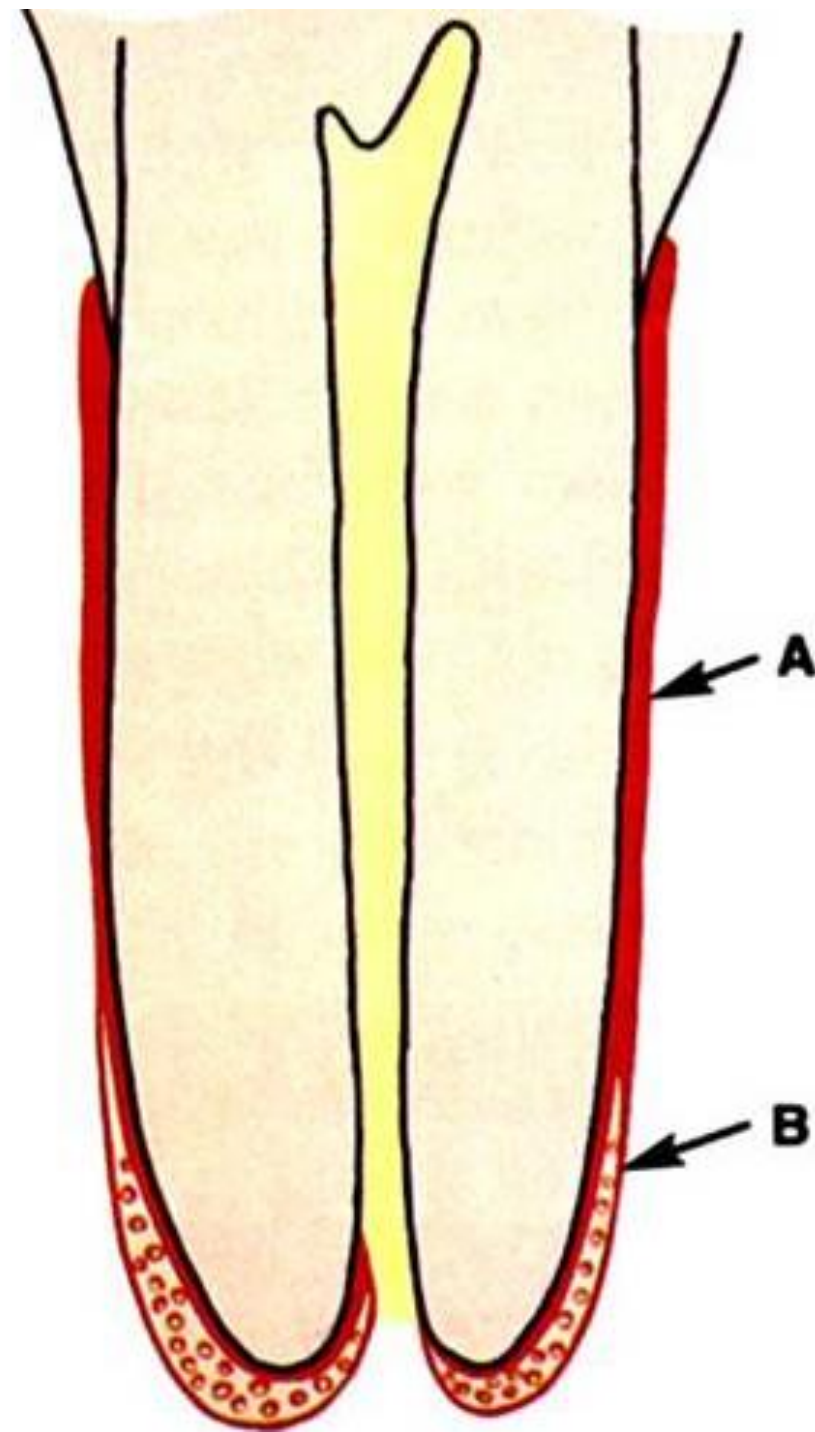
### Sekundární (celulární)

Obsahuje cementocyty

V místech zatížení nebo v důsledku stárnutí

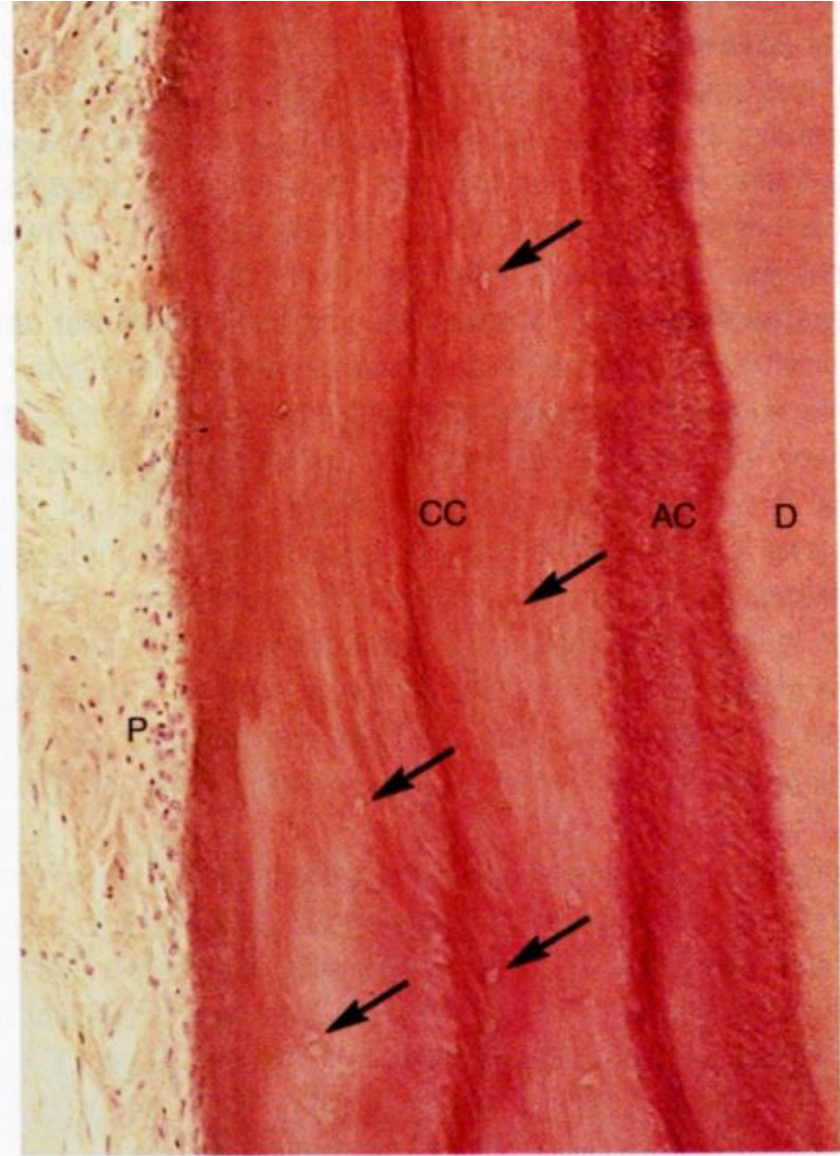
Zejména na zubních apexech

Dorůstá až do tloušťky **500  $\mu\text{m}$**





A



B



# Cementogeneze

Začíná až po zániku a rozpadu Hertwigovy epitelové pochvy

Její místo zaujmou ektomezenchymové buňky, které kolem dentinového základu kořene vytvoří **cementogenní plášť**

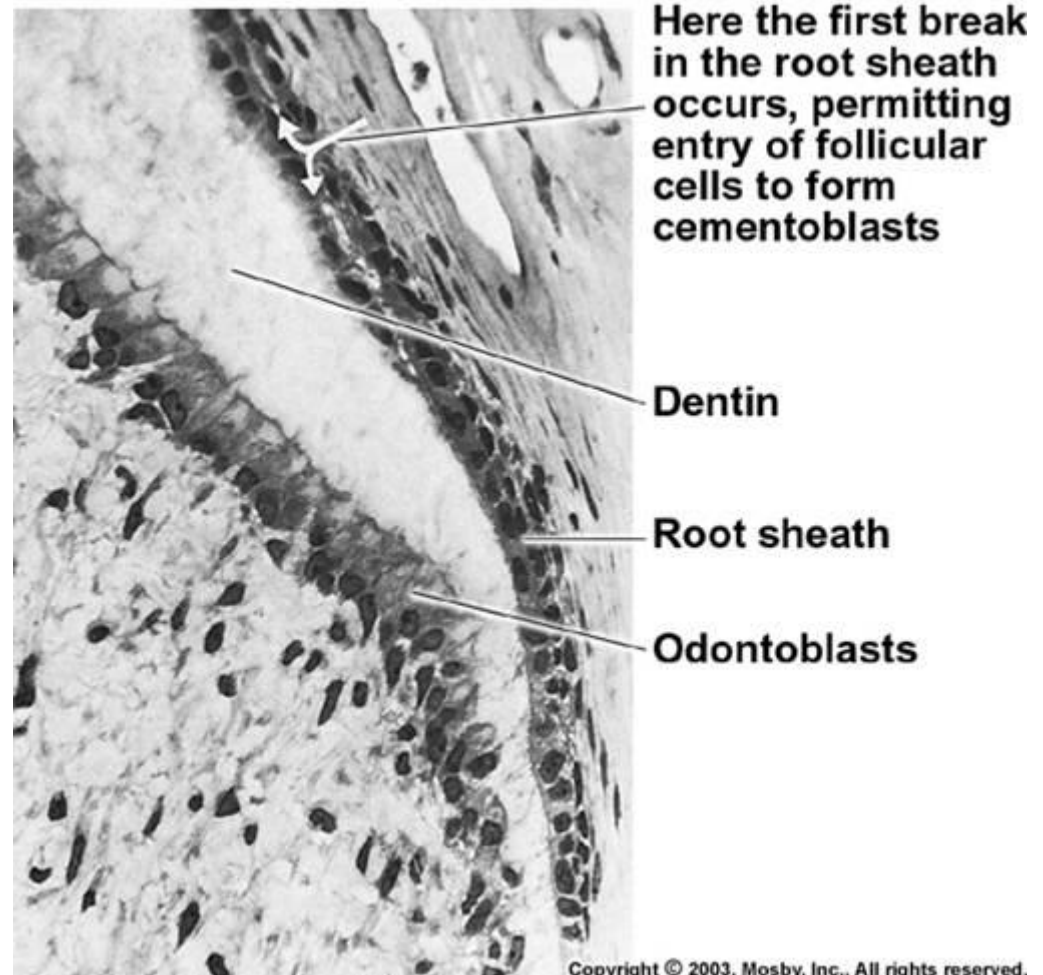
Diferenciací ektomezenchymu pláště vzniknou cementoblasty

Zpočátku je ukládání cementózní matrix velmi pomalé, takže cementoblasty se stačí přemístit do povrchnějších vrstev

→ **acelulární (primární) cement**

V období těsně před prořezáváním zubu, produkují cementoblasty základní hmotu rychle a v takovém množství, že buňkám znemožňuje únik a po jejím zvápenatění v ní zůstanou trvale zality

→ **celulární (sekundární) cement**



# Hyperplasie cementu (hypercementóza)

Abnormální ztlustění cementu

Vyskytuje se buď izolovaně, nebo u všech zubů dentice (Pagetova choroba)

Nejčastější příčinou hypercementózy bývá dlouhodobé a nadměrné zatěžování zubů

Cementikly – v PDL

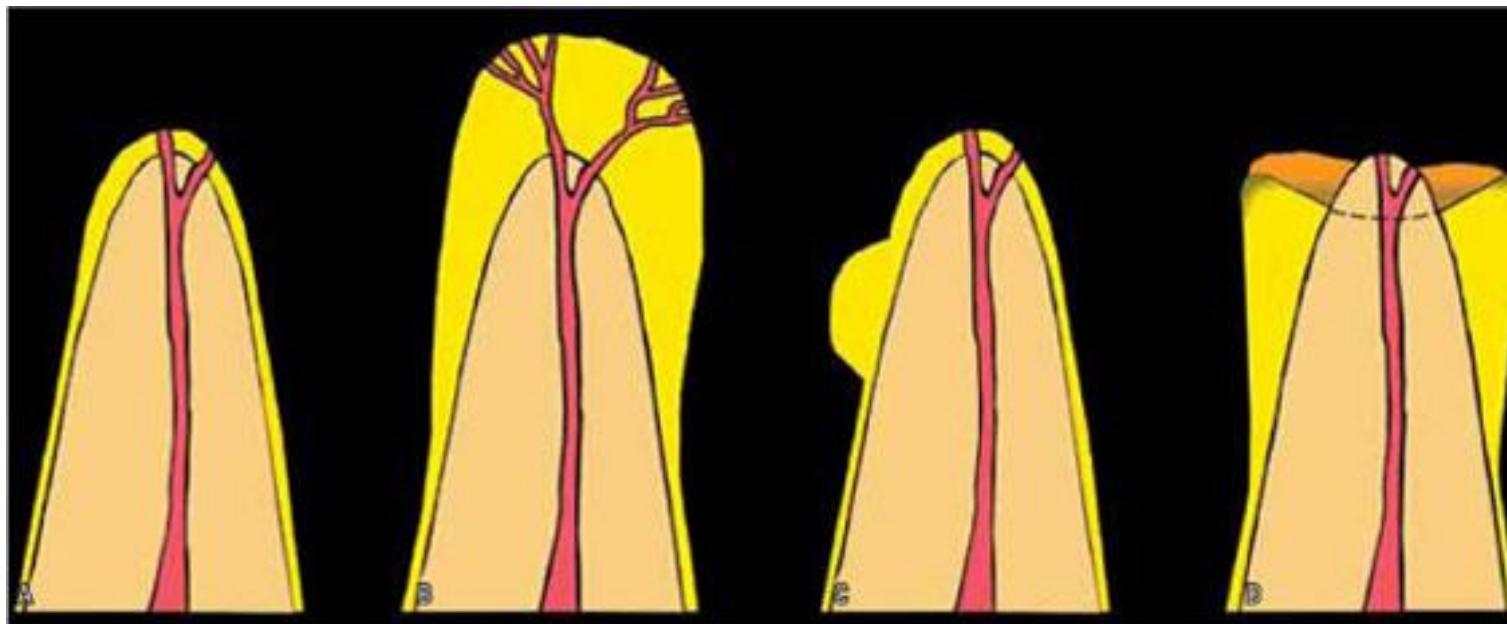
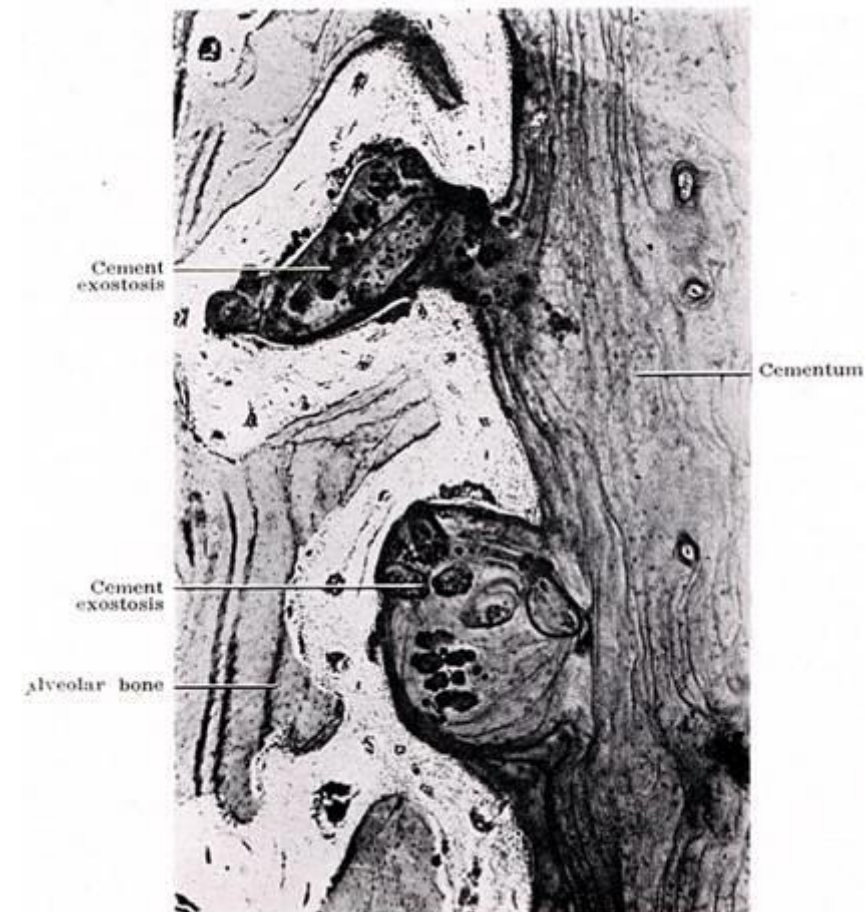
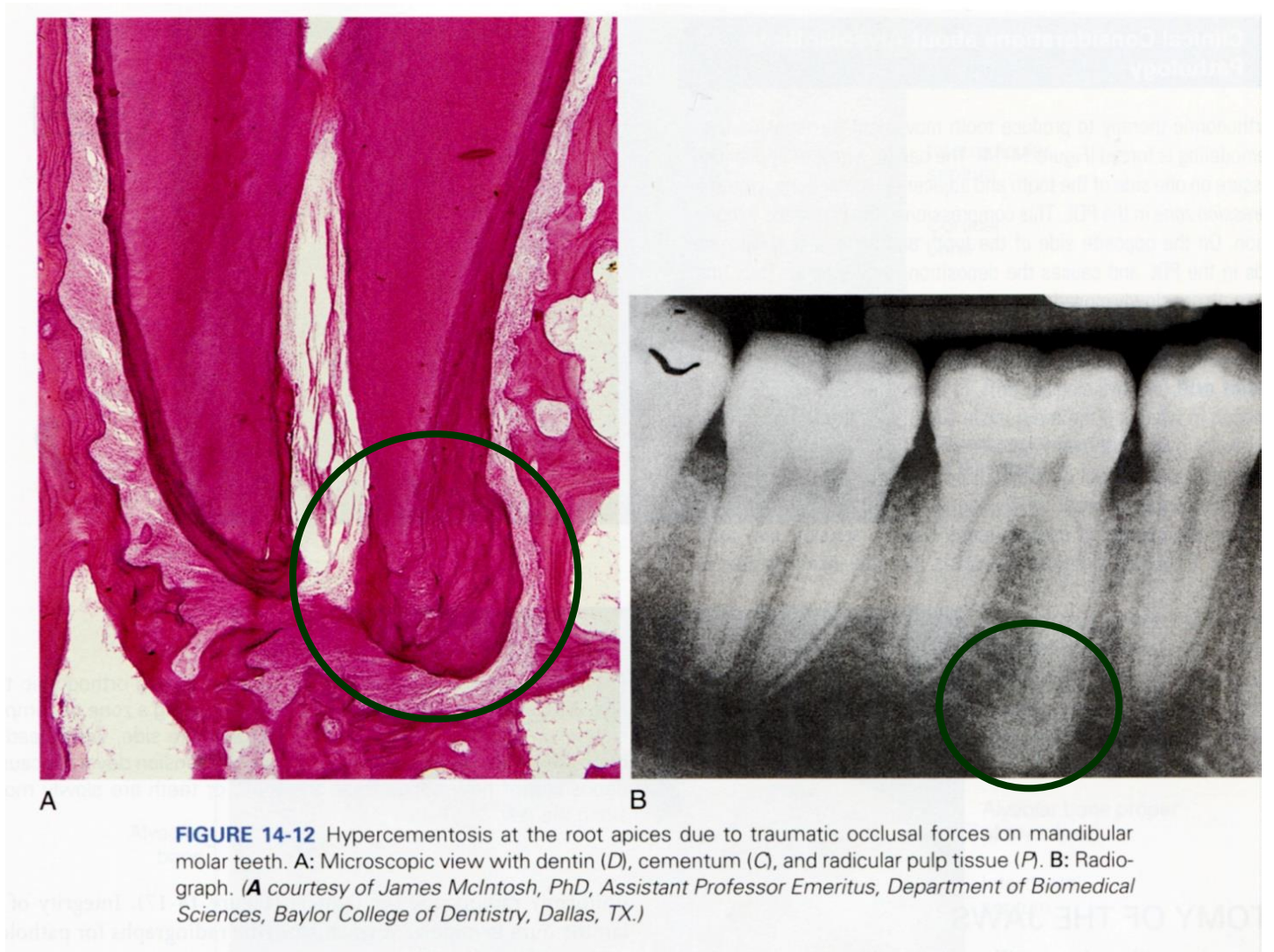


FIGURE 1 - Morphological types of hypercementosis: In (A) the root is normal; in (B) diffuse hypercementosis, when the root assumes a club shape. In (C) focal or localized hypercementosis, which is restricted to an isolated root surface; in (D) hypercementosis in the shape of a shirt sleeve cuff, which does not involve the most apical part and occurs on the periphery, as result of chronic periapical lesion (Source: Pinheiro<sup>25</sup>).







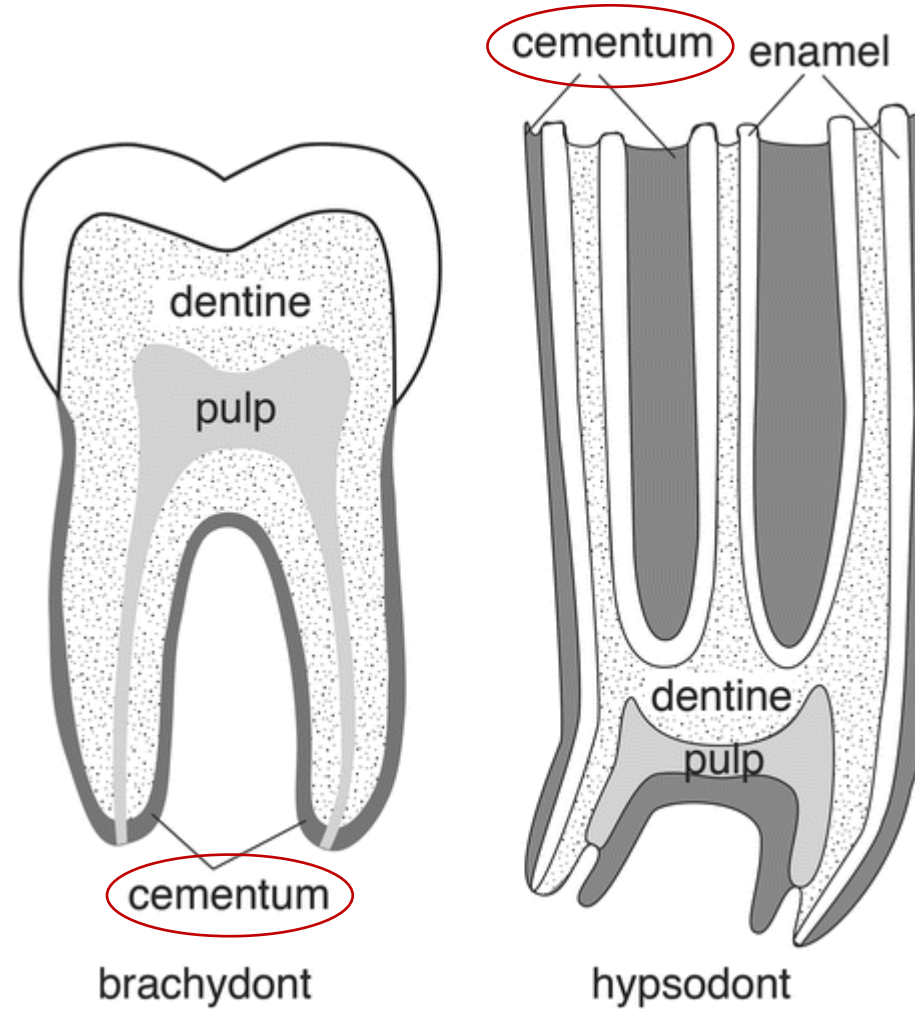
**FIGURE 14-12** Hypercementosis at the root apices due to traumatic occlusal forces on mandibular molar teeth. **A:** Microscopic view with dentin (*D*), cementum (*C*), and radicular pulp tissue (*P*). **B:** Radiograph. (**A** courtesy of James McIntosh, PhD, Assistant Professor Emeritus, Department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

# Uchycení hypsodontních zubů v čelisti

Vývoj hypsodontních zubů o živočichů s vysoce abrazivní dietou.

Postupné, nerovnoměrné obrušování „korunkové“ části.

Co je to korunka?



Nízká  
„korunka“

Vysoká  
„korunka“



# Vývoj zubu

...od iniciace po prořezání



Migrace neurální lišty k orálnímu epitelu  
Tvorba dentální lišty (epiteliální ztluštění)

Stádium pupene  
Stádium čepičky  
Stádium zvonku

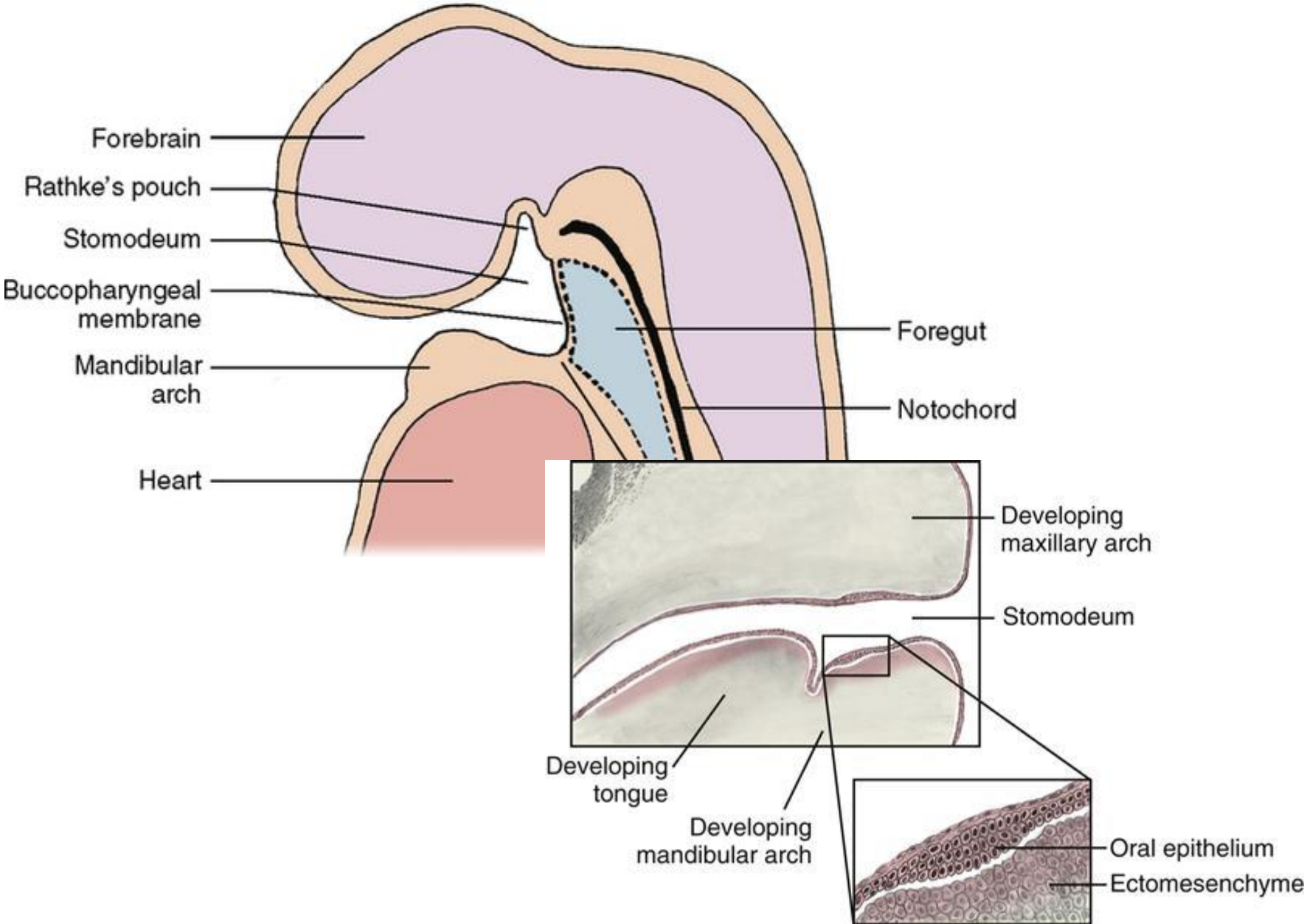
Stádium apozice (tvorba tvrdých zubních tkání)

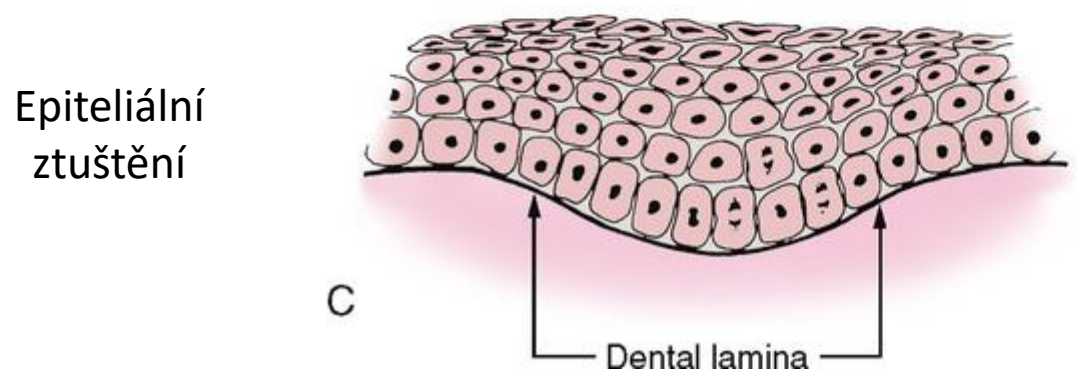
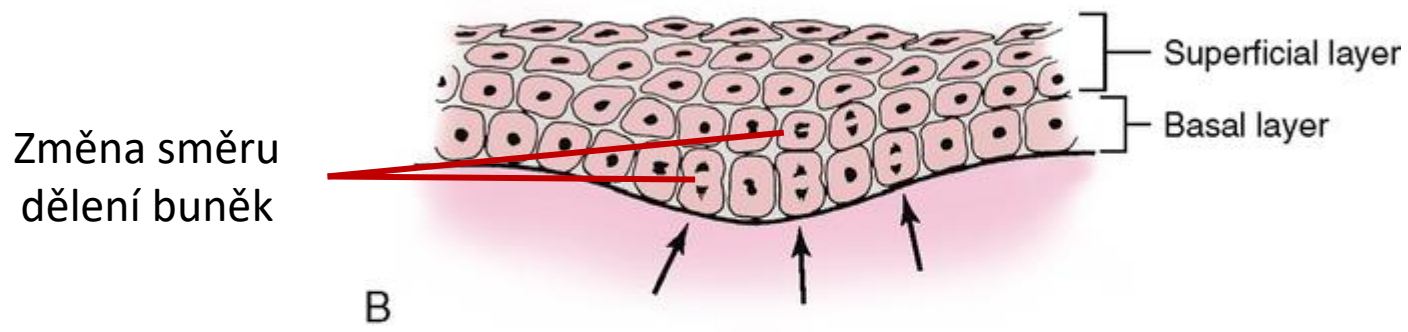
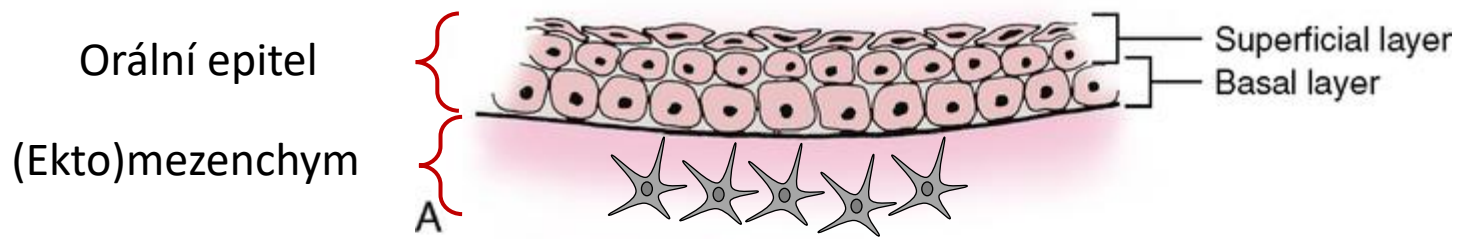
Tvorba kořene  
Prořezávání (erupce)





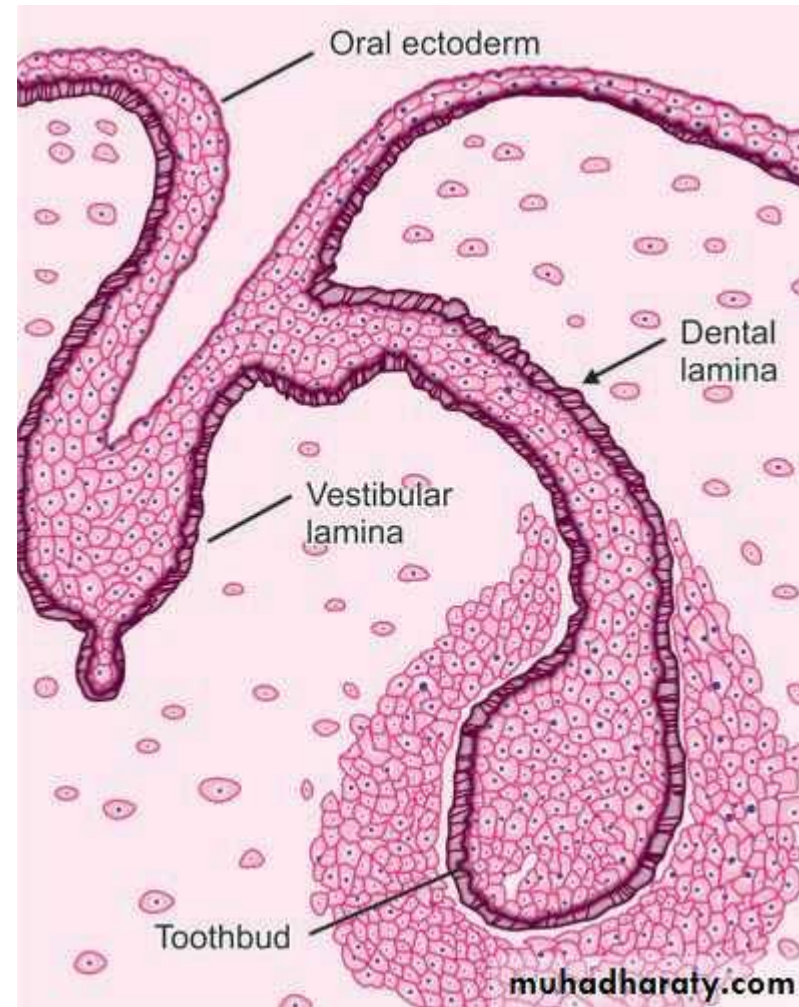
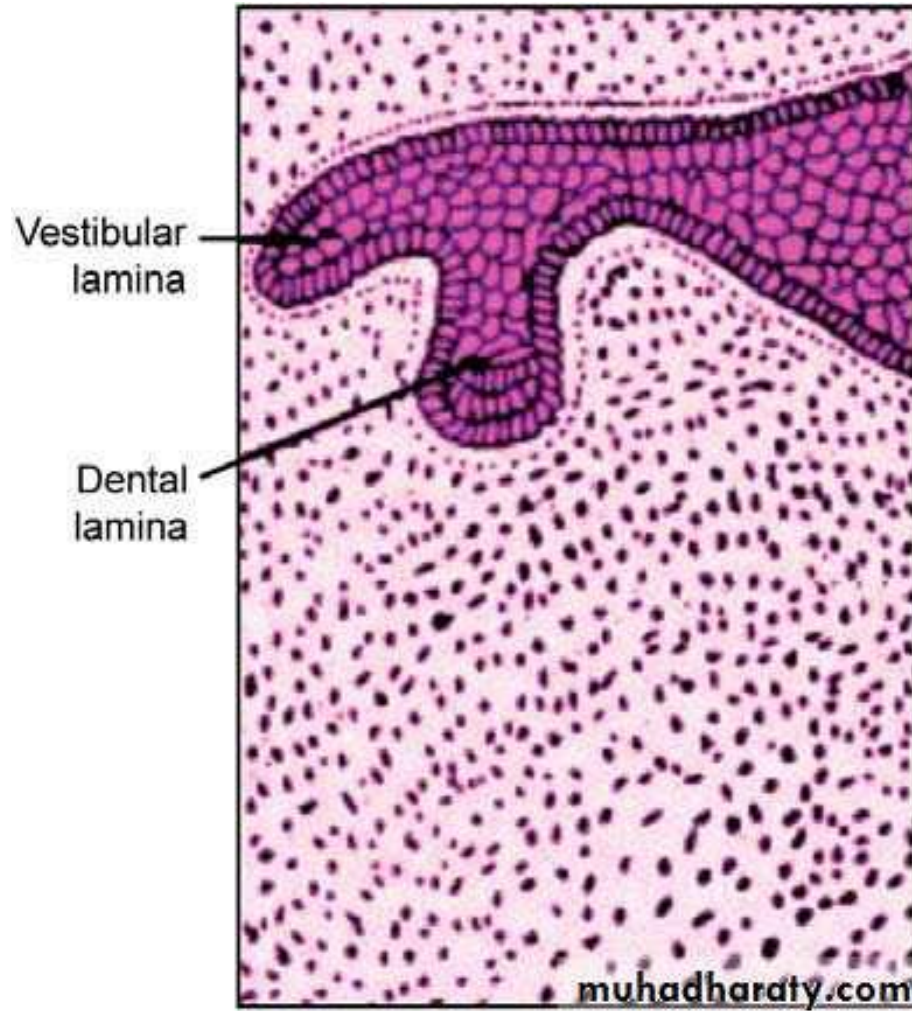
# Počátek vývoje dentice

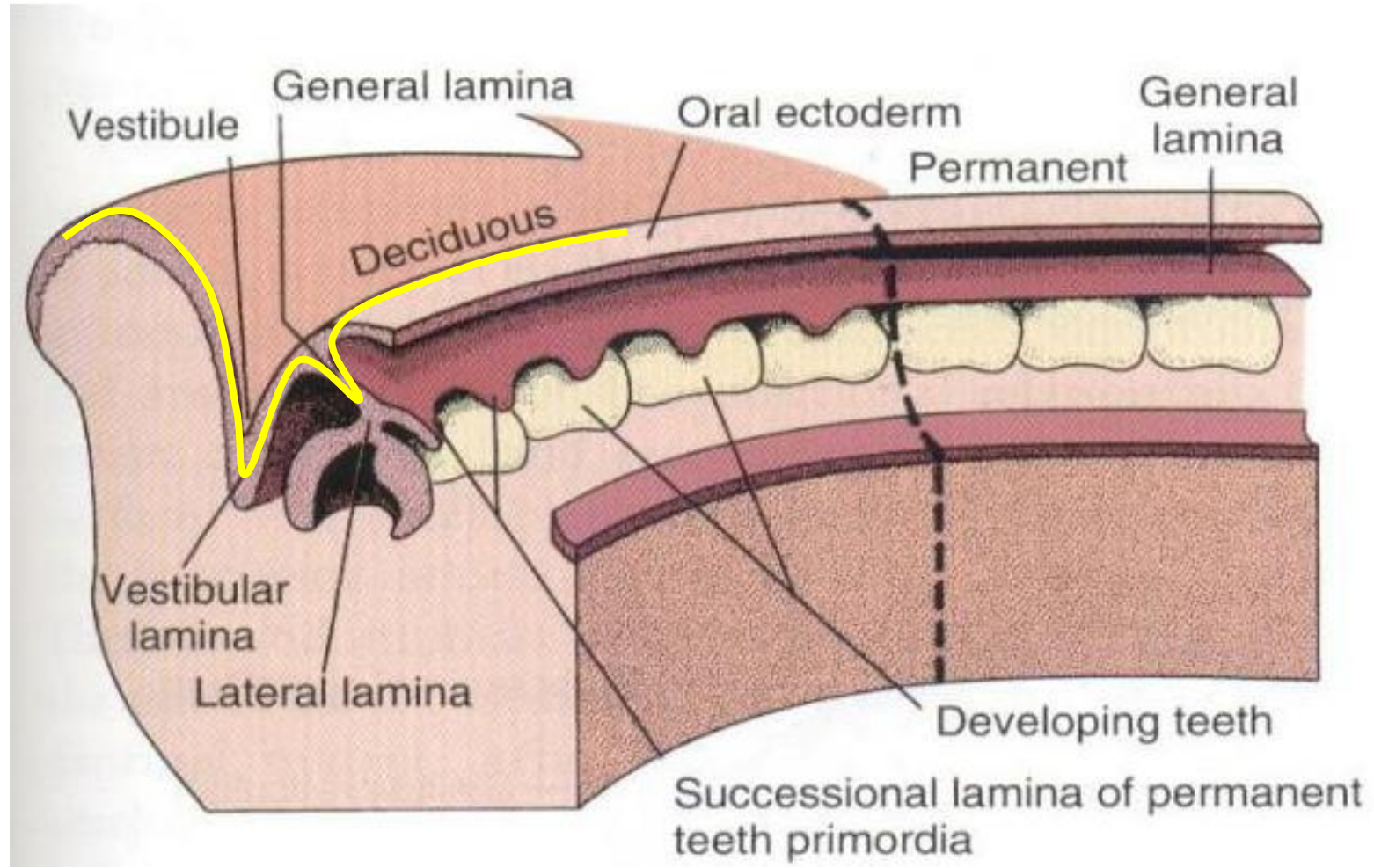






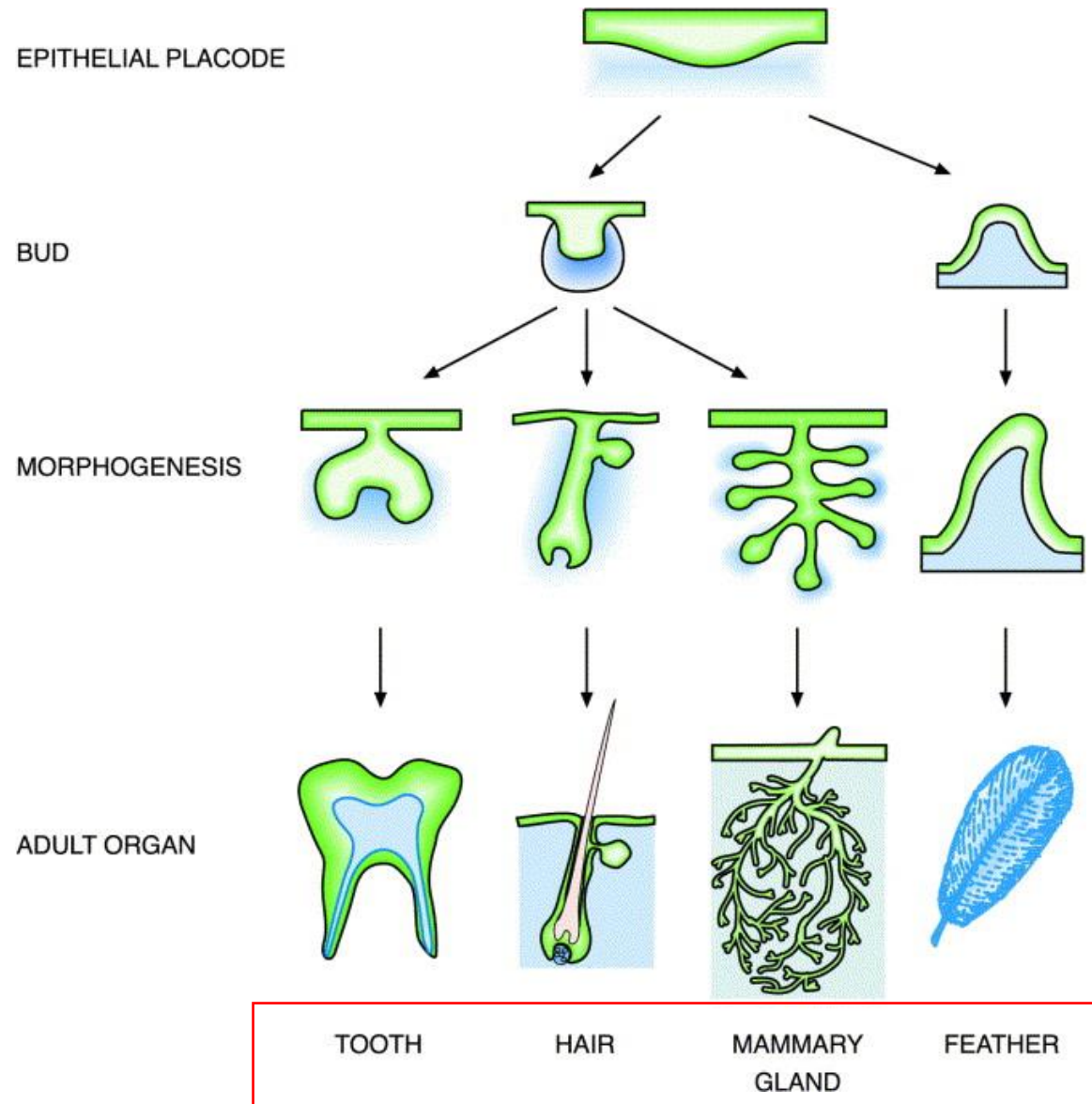
# Dentální vs. Vestibulární lamina





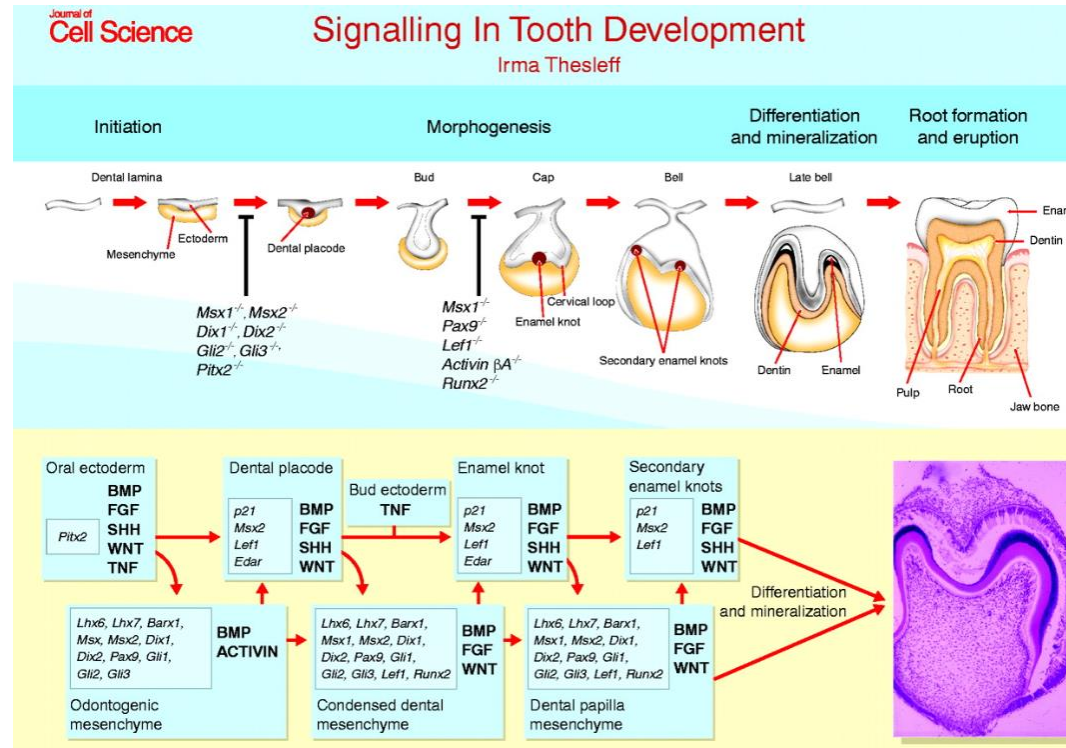


# Ektodermo – mezenchymové interakce



# Ektodermo-ektomezenchymové interakce

## Složité reciproční interakční systém



- Transplantace ektomezenchymu pod orální ektoderm indukuje jeho přeměnu v **buňky produkující proteiny skloviny**
- Transplantace ektomezenchymu řezáku pod ektoderm moláru - **řezák**
- Transplantace ektomezenchymu moláru pod ektoderm řezáku - **molár**
- vnitřní sklovinný epitel (pseudoameloblasty) indukuje diferenciaci odontoblastů z ektomezenchymu



# Odontogeneze (vývoj zubů)

zuby dočasné stejně jako trvalé dentice se vyvíjejí z ektodermu a ektomezenchymu

- **Původem z ektodermu** – sklovina (ameloblasty), ERM
- **Původem z ektomezenchymu** – zubní dřev, dentin, zubní cement, periodoncium, alveolus
- **Identická morfogeneze**
- **Proliferace, migrace, embryonální indukce, apoptóza**

**Primární informace pro vývoj zubů (počet, velikost) obsažena v ektomezenchymu**

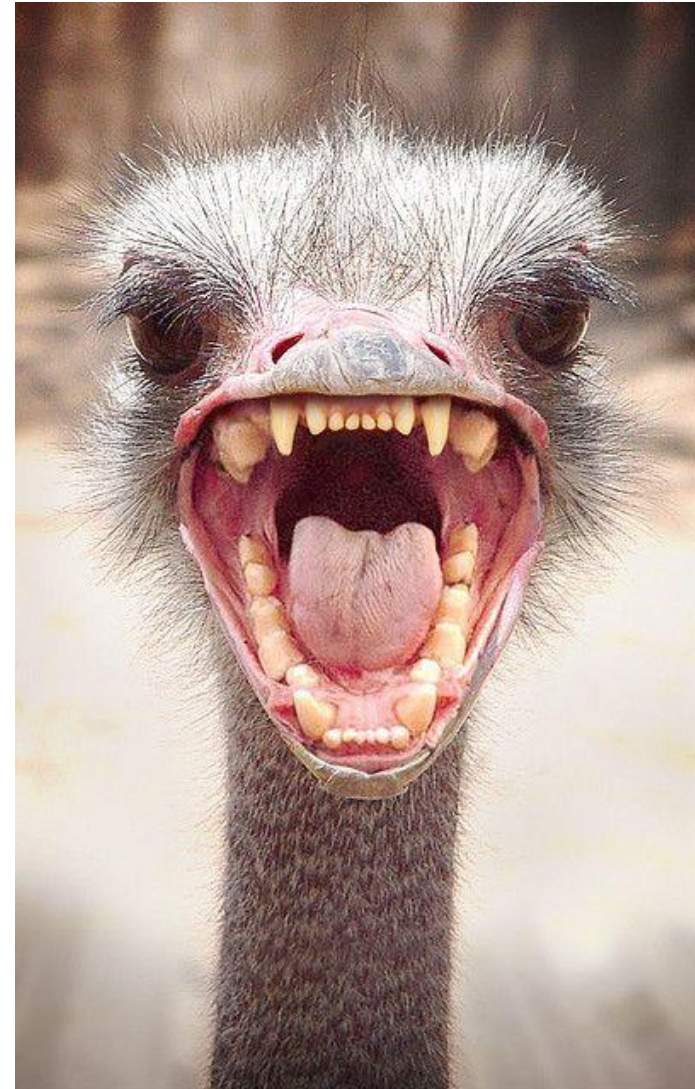
(poškození kraniálního konce crista neuralis nebo odstranění cristy způsobí anodoncii)

Ektomezenchym indukuje proliferaci a diferenciaci ektodermu dásňového valu v odontogenní epitel a primární zubní lištu se základy zubů

Vzájemná interakce ektomezenchymu a orálního ektodermu nakonec vyústí k tvorbě kompletního orgánu

**Evolučně silně konzervované vývojové cesty**

Mají ptáci zuby?

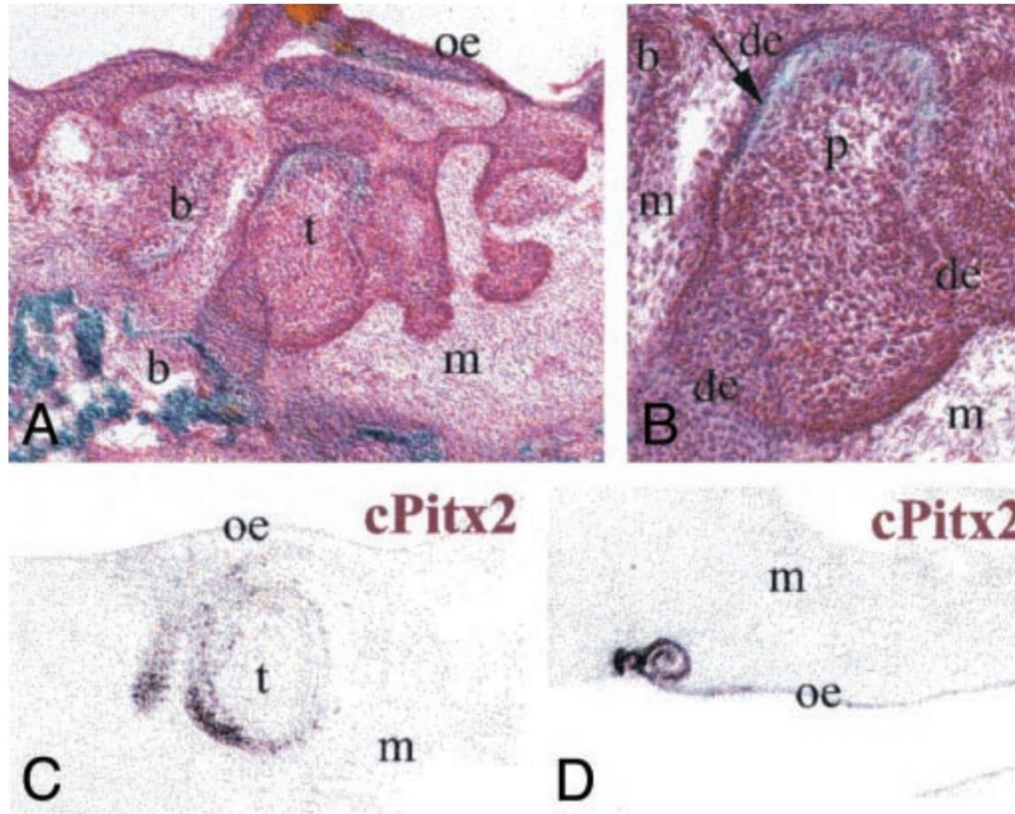




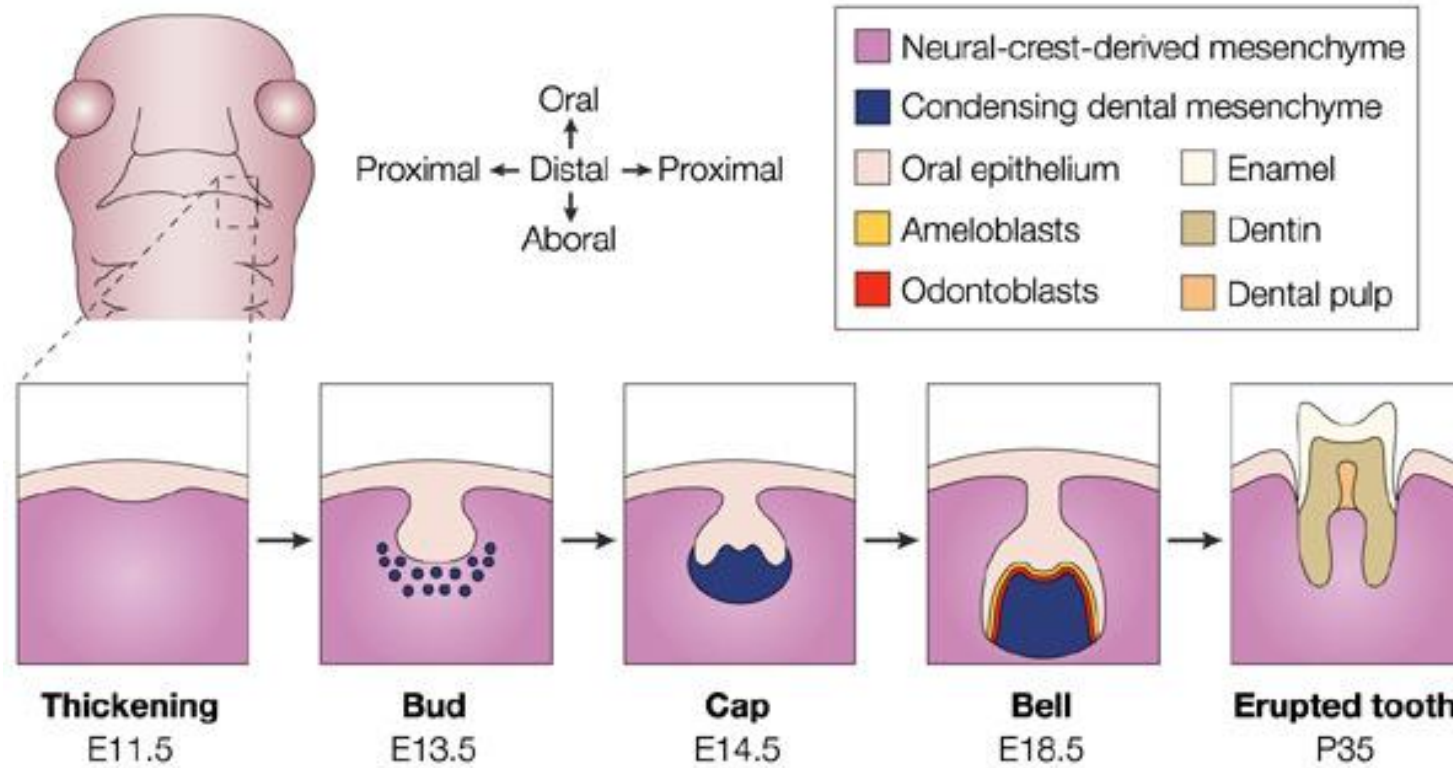
# Mají ptáci zuby?

- Ptáci ztratili zuby asi před 70-80 miliony let
- Konzervované vývojové molekulární cesty k tvorbě zubů se dají experimentálně re-aktivovat
- In vitro co-culture a in vivo transplantace

Myší ektomezenchym ←————→ Kuřecí orální epitel



# Přehled vývojových stádií zuby



Nature Reviews | Genetics

Ztluštění

Pupen

Čepička

Zvonek

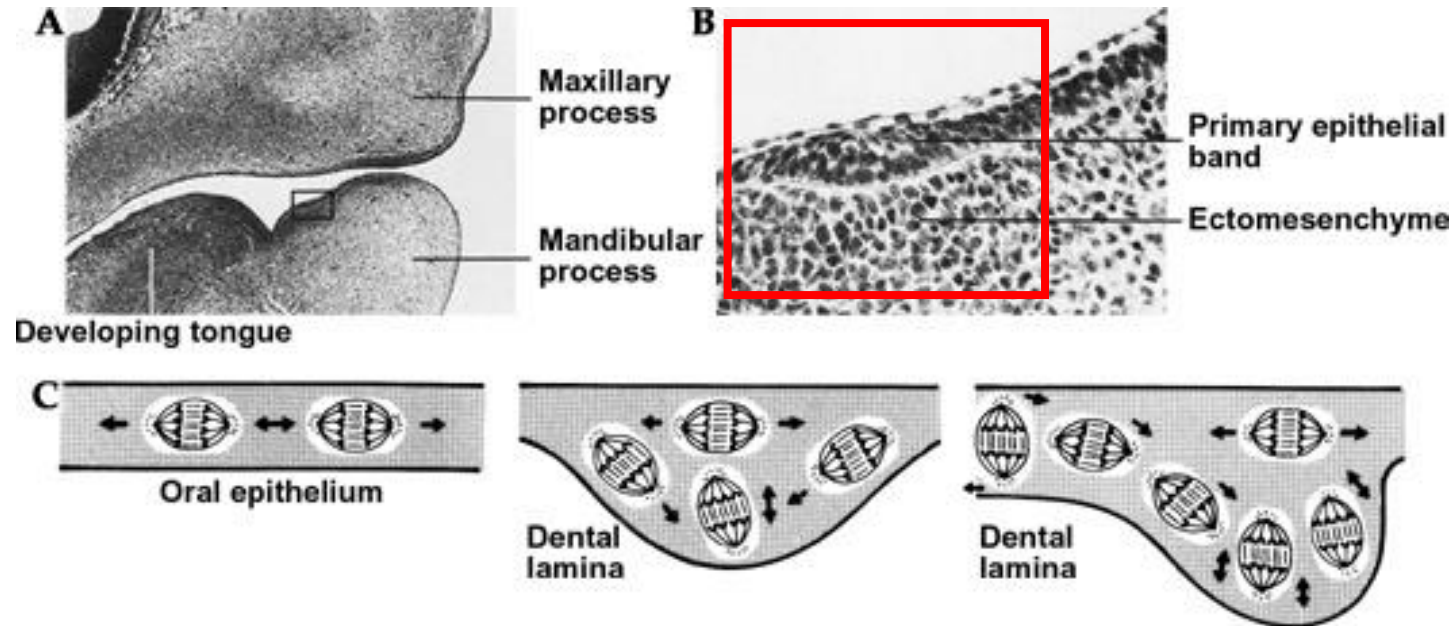


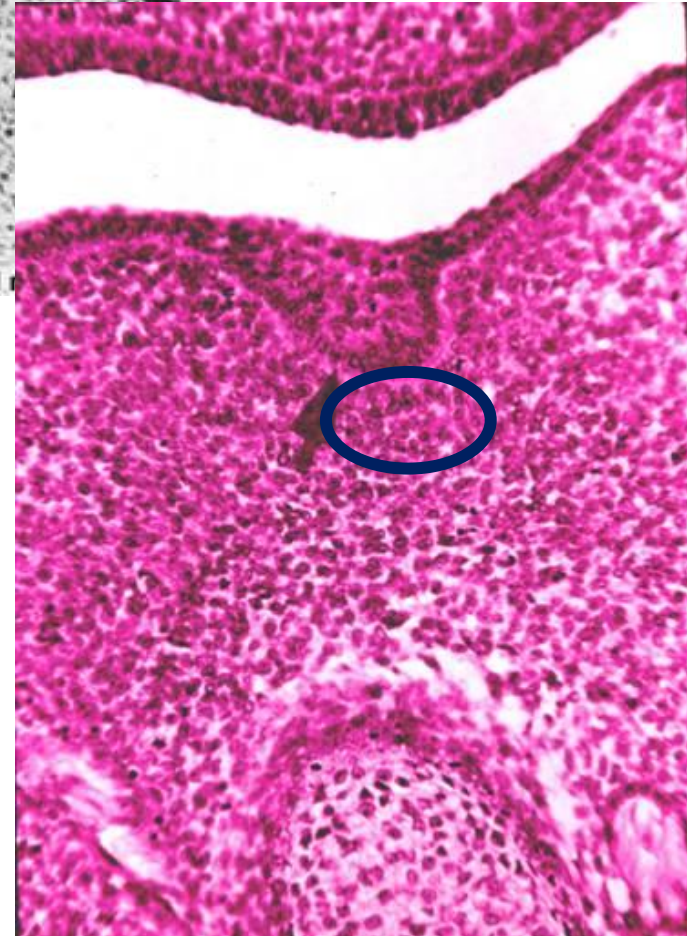
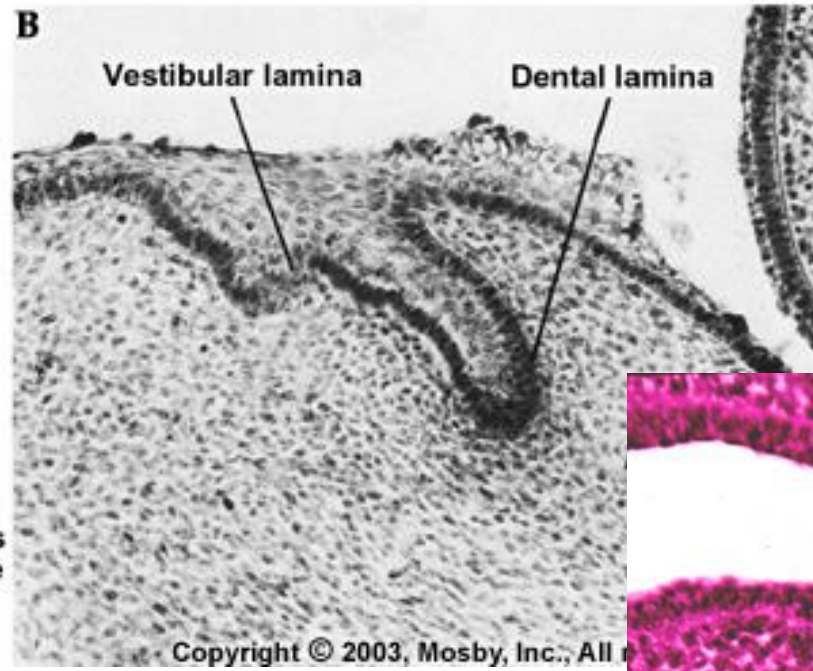
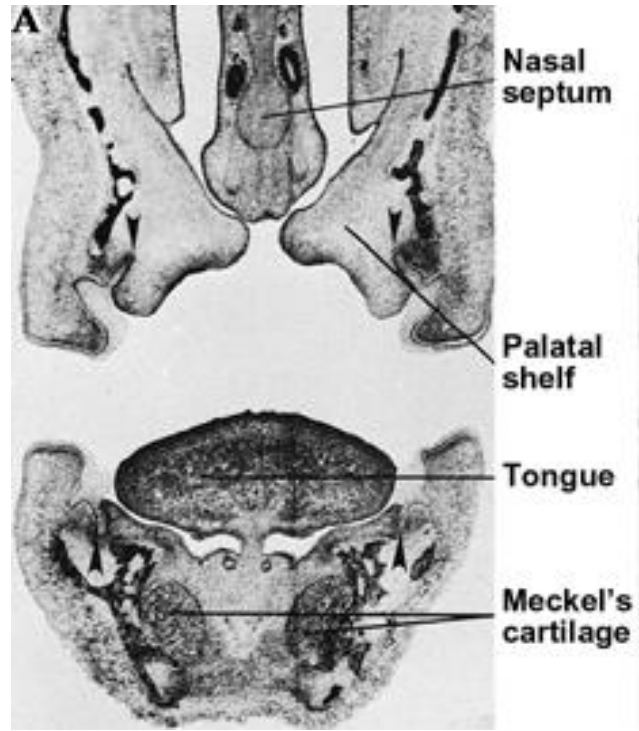
# Vývoj dočasné dentice

**Kondenzace ektomezenchymu** pod ektodermem dásňového valu na budoucí horní a dolní čelisti (po založení předsíně - vestibulum oris) - **ve druhé polovině 6. týdne** nitroděložního života

Ektomezenchym stimuluje buňky bazální vrstvy ektodermu gingiválního valu k mitózám a ty vyrůstají v podobě kompaktní lišty pásu proti ektomezenchymu - **primární zubní lišta**

Lišta je od počátku obloukovitě zakřivena







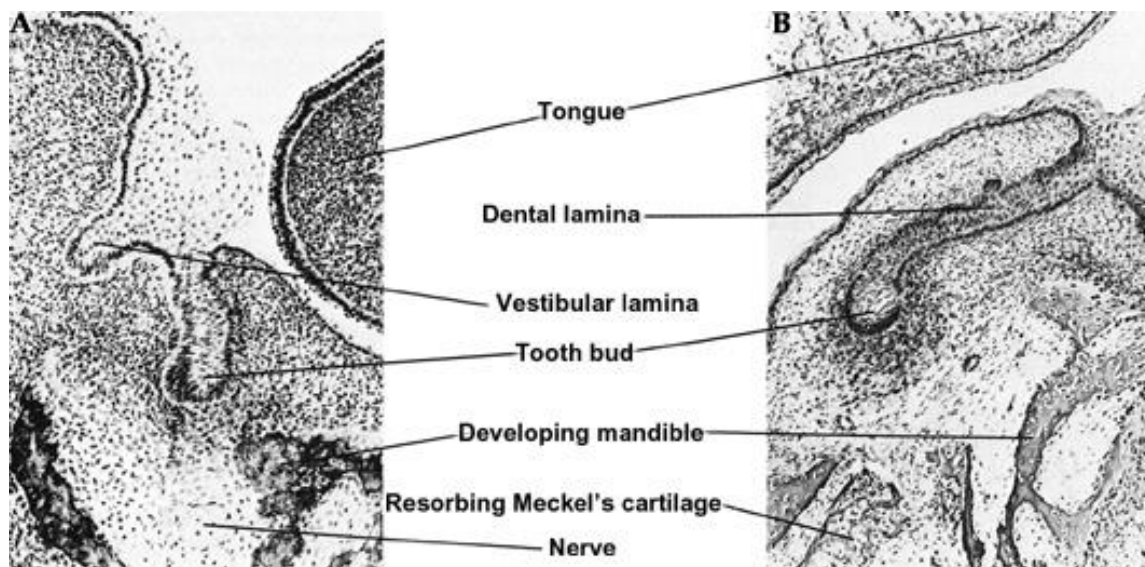
# Stadium zubního pupene

Po založení maxilární a mandibulární zubní lišty se na každé utváří **10 zubních pupenů** (primordia)

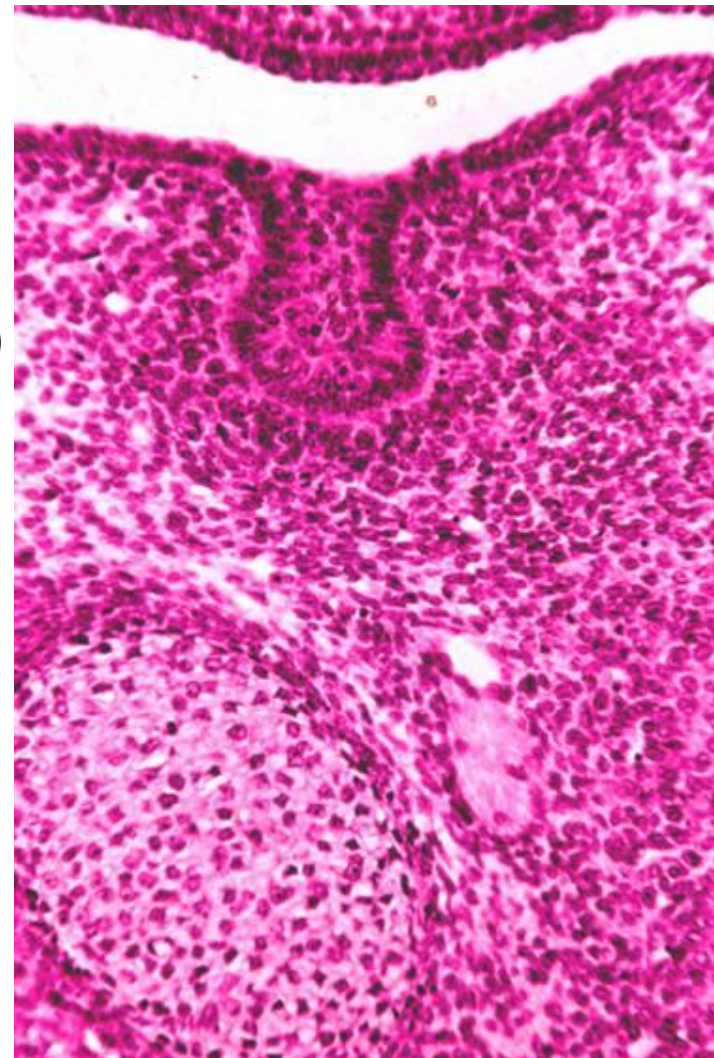
Pupeny prolifерují z volného a proti ektomezenchymu obráceného okraje lišty a směřují většinou mírně labiálně nebo bukálně

Tvorba primordií: **konec 7. - zač. 8 týdne**

(na maxilární zubní liště později než na liště mandibulární)



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

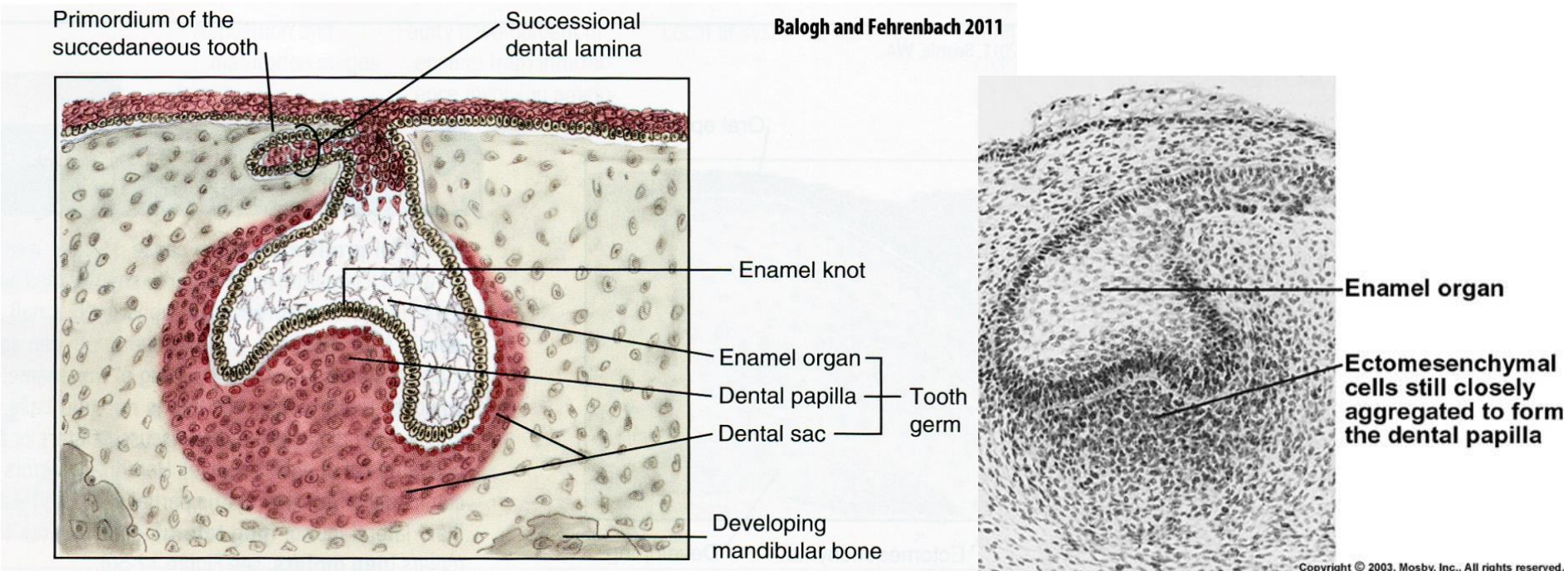


# Stádium zubní čepičky

9. - 10. týden vývoje

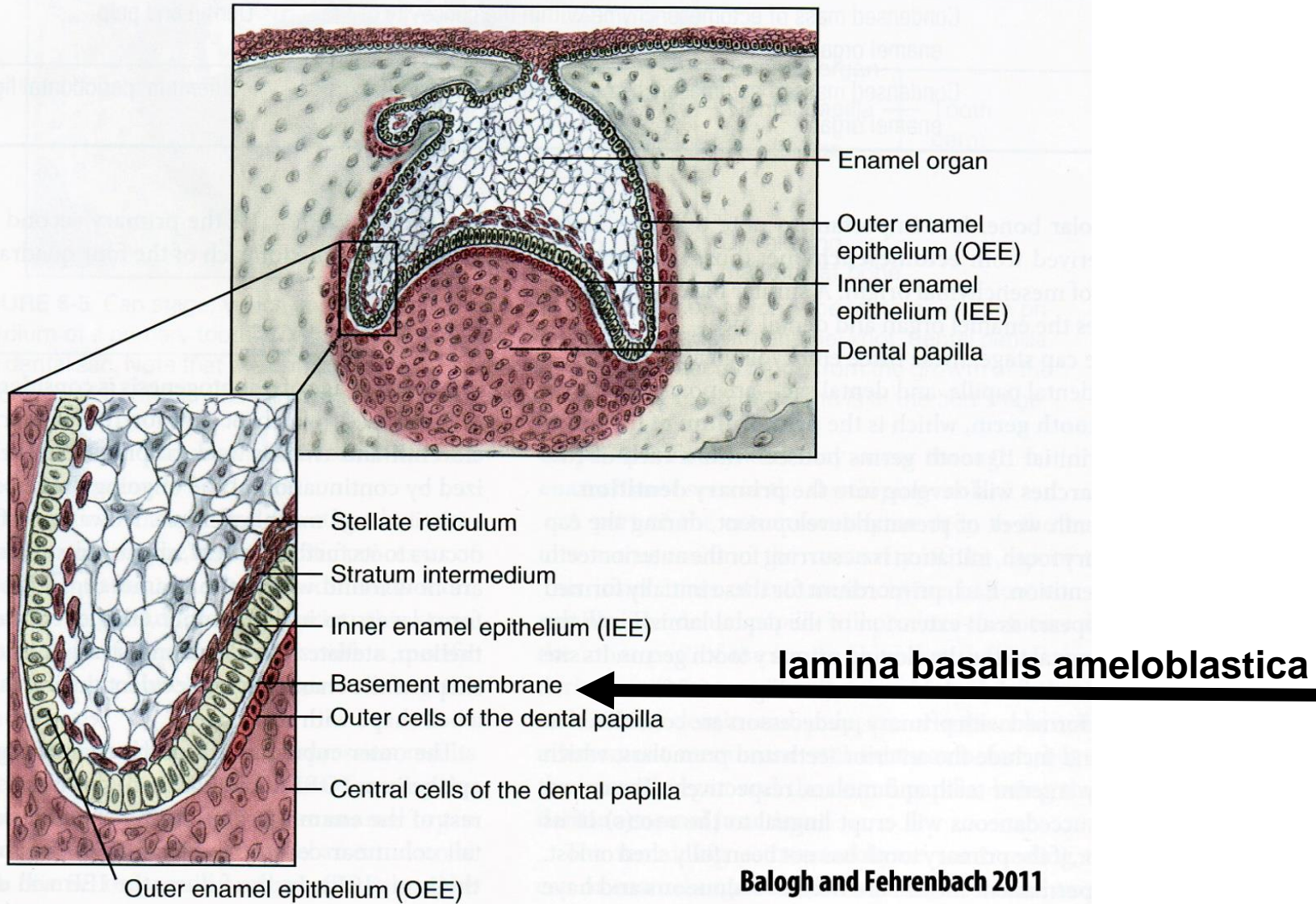
působením signálních molekul produkovaných buňkami kondenzovaného ektomezenchymu pod zubními pupeny

z ektomezenchymu se konstituují základy zubních **papil**



**Histologická diference buněk:** buňky na povrchu zubního váčku se stávají kubickými až nízce cylindrickými, zatímco vnitřní buňky tvarově polymorfni (základ budoucího retikulárního epitelu zubního pohárku) / k obdobnému procesu i v zubní papile  
bazální membrána - *lamina basalis ameloblastica*

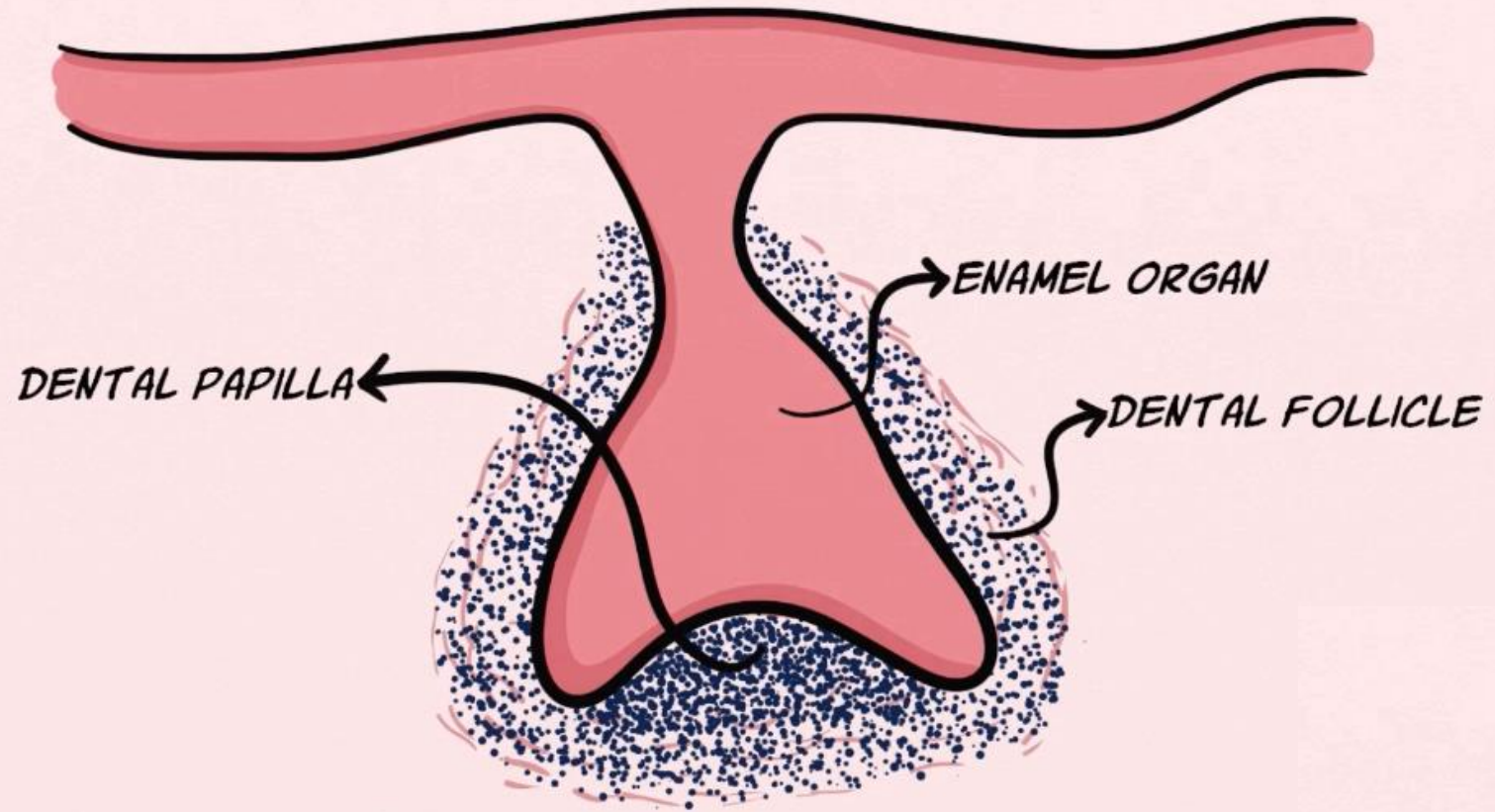




**Balogh and Fehrenbach 2011**

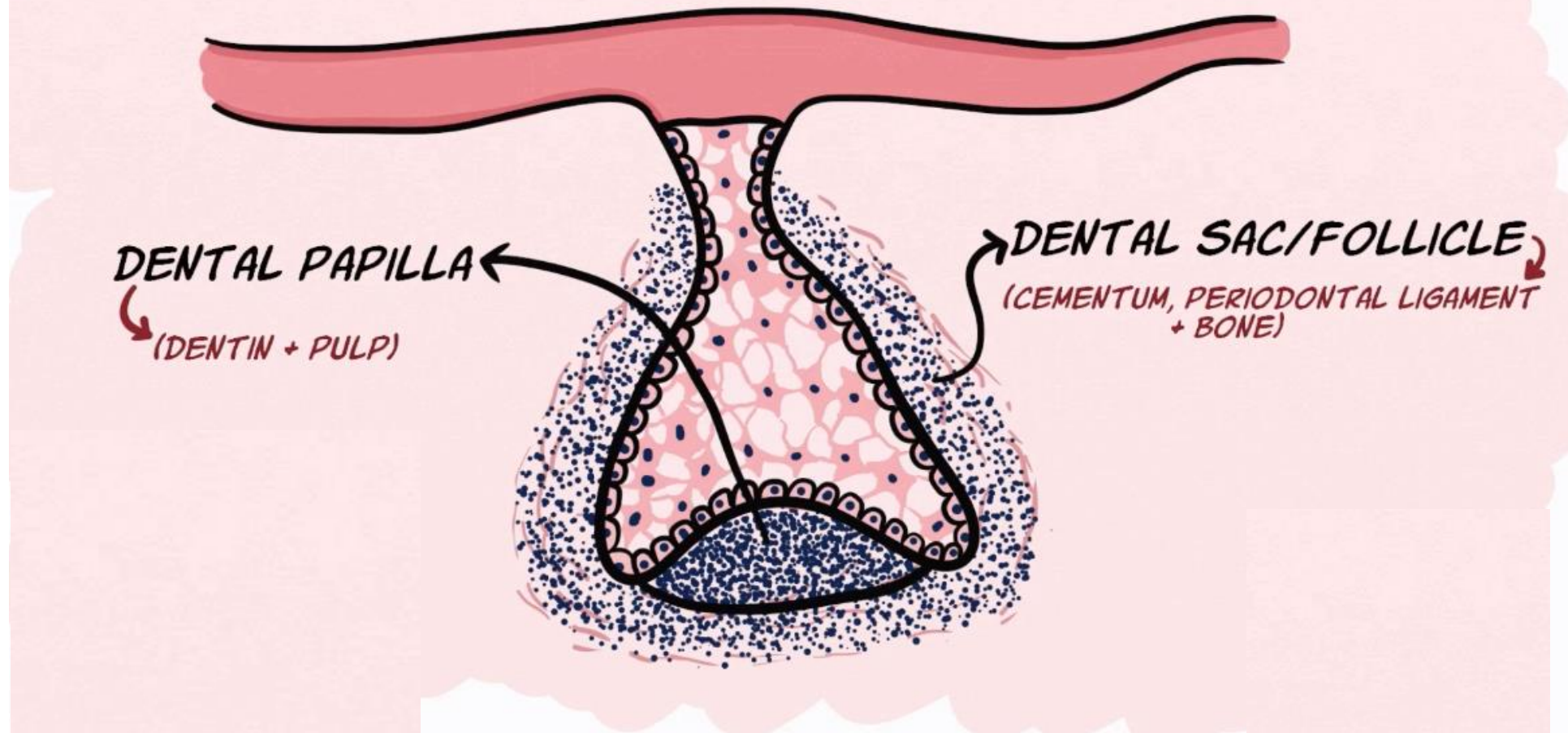
**FIGURE 6-7** Bell stage, which exhibits differentiation of the tooth germ to its furthest extent. Both the enamel organ and dental papilla have differentiated into various layers in preparation for the apposition of enamel and dentin.

*TOOTH GERM/DENTAL ORGAN = ENAMEL ORGAN + DENTAL PAPILLA + DENTAL FOLLICLE*





# CAP STAGE



## Stádium zvonku (pozdní čepičky/pohárku)

10. - 12. týden vývoje

Orgán skloviny - nasedá na zubní papilu

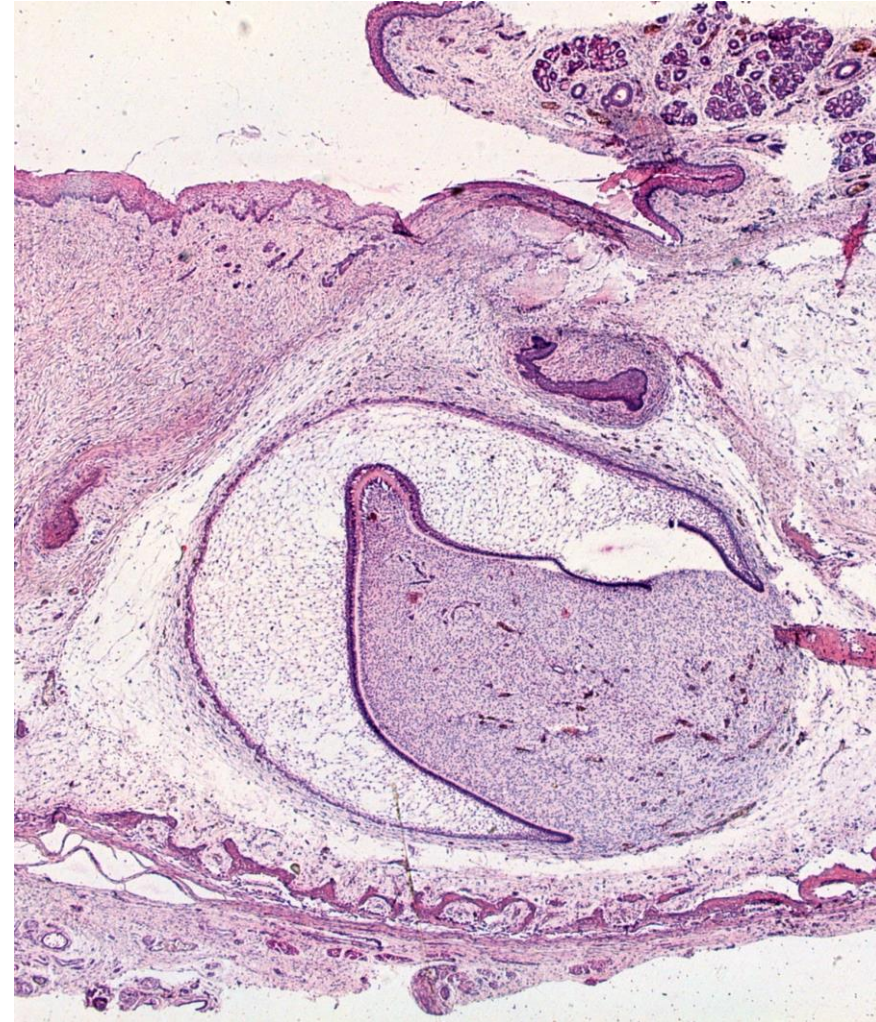
Zřetelné 4 vrstevné uspořádání sklovinného orgánu:

**Vnitřní sklovinný epitel** - Hranice s ektomezenchymem na povrchu zubní papily. Štíhlé buňky (až 50 um) tloušťky cca 4 um. Buňky nasedají na I. basalis ameloblastica.

**Stratum intermedium** - složeno ze 3 - 5 vrstev oválných až značně oploštělých buněk oddělených intercelulárními štěrbinami spojených desmozomy

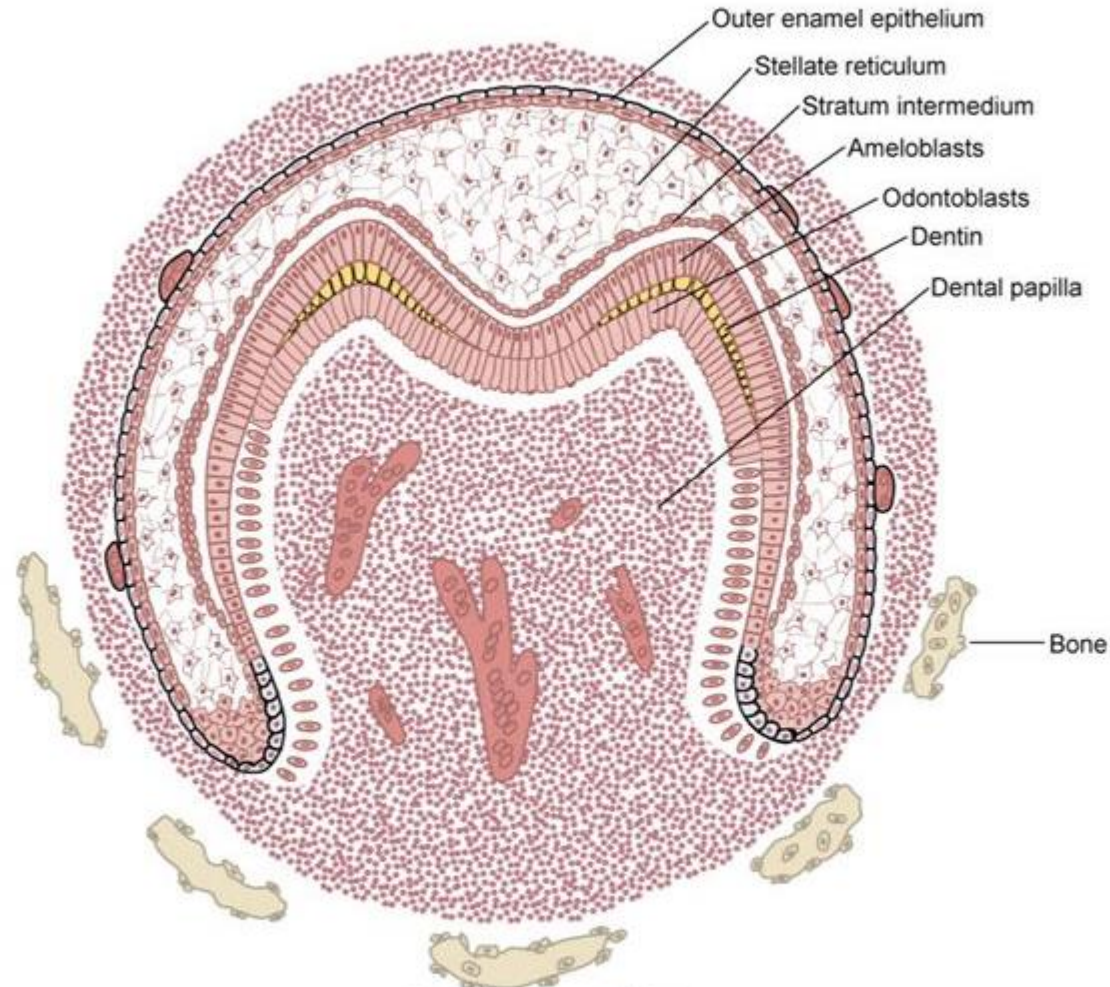
**Pulpa skloviny (hvězdicovité retikulum)** - epitelové buněčné retikulum - buňky hvězdicovité a často svými výběžky vzájemně anastomozují

**Vnější sklovinný epitel** - bývá zpočátku tvořen kubickými, později plochými buňkami, má též bazální membránu





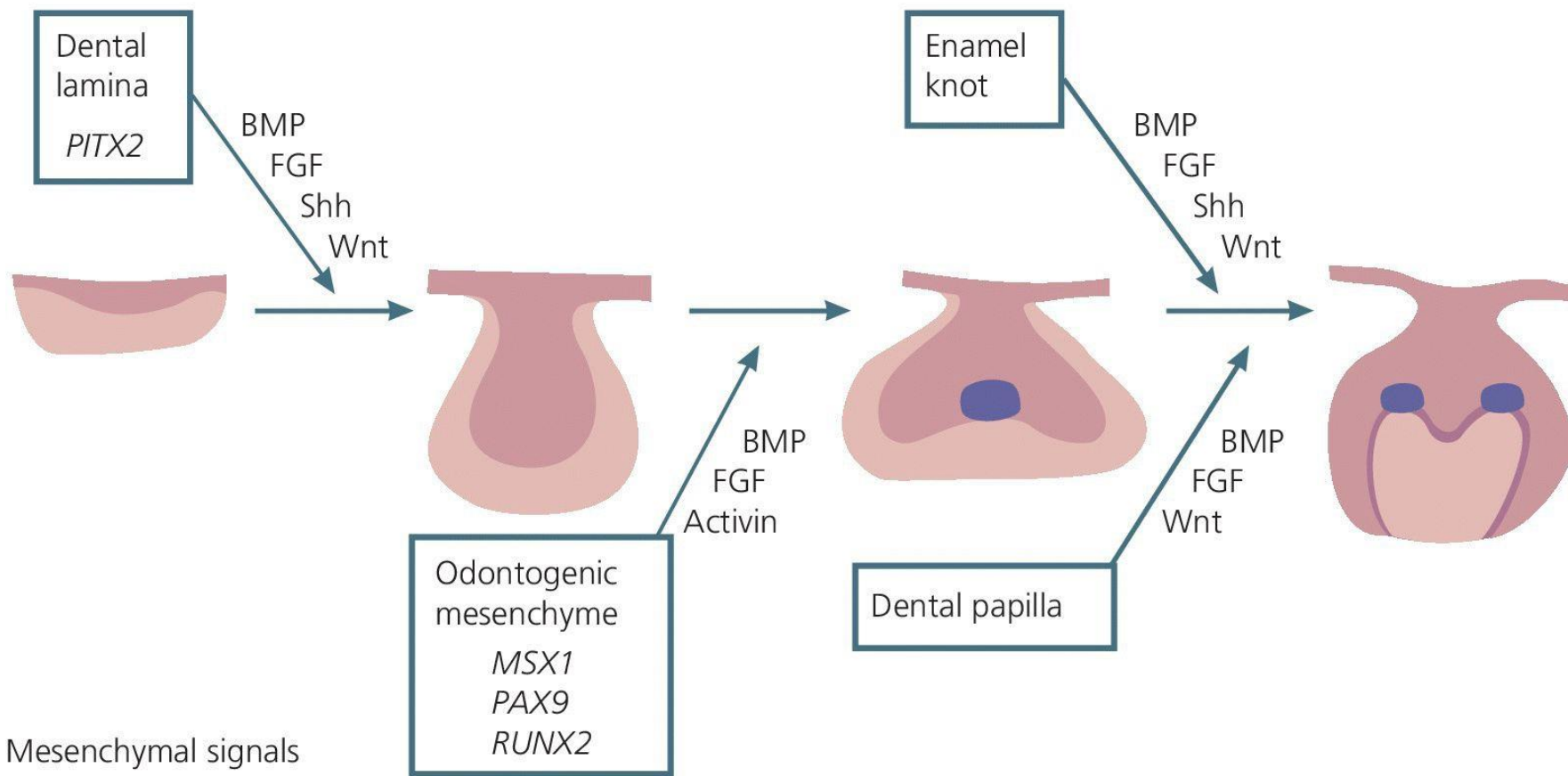
# Bell Stage



Copyright © 2014 by Mosby, an imprint of Elsevier Inc.

# Sklovinný uzel (enamel knot)

Epithelial signals



Mesenchymal signals



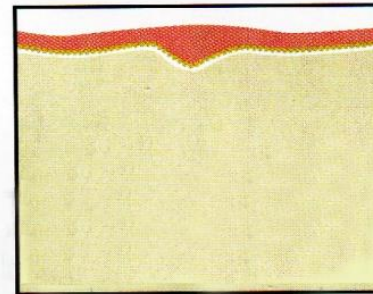
# Stadia vývoje primární dentice

## Stádium zubní lišty

6 - 7. týden

Initiation stage/sixth to seventh week

**Dental lamina**



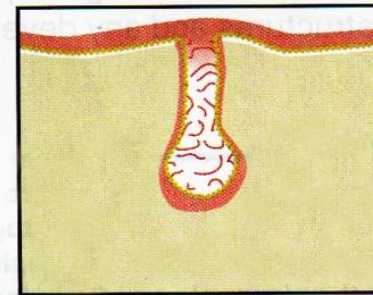
Induction

## Stádium pupene

8. týden

Bud stage/eighth week

**Bud stage**



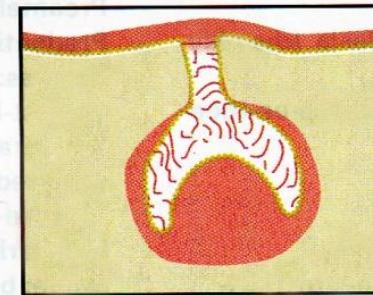
Proliferation

## Stádium zubní čepičky

9. - 10. týden

Cap stage/ninth to tenth week

**Cap stage**



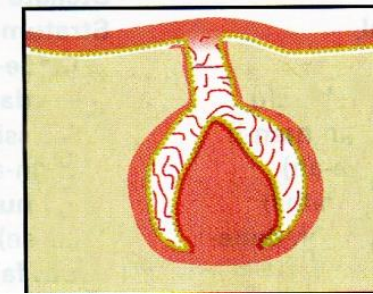
Proliferation, differentiation,  
morphogenesis

## Stádium zvonku

11. - 12. týden

Bell stage/eleventh to twelfth week

**Bell stage**



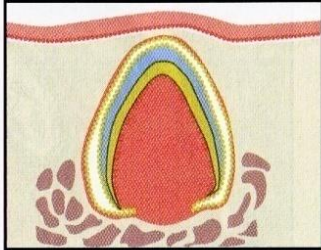
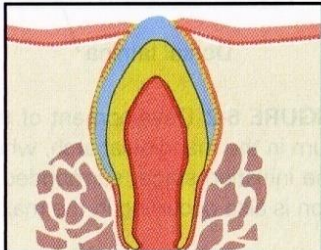
Proliferation, differentiation,  
morphogenesis

**Balogh and Fehrenbach 2011**

# Stadia vývoje primární dentice

**Apozice**  
zač. 4. m. intra  
utero

**Erupce**  
*post partum*  
(po porodu)

STAGE/TIME SPAN*	MICROSCOPIC APPEARANCE	MAIN PROCESSES INVOLVED	DESCRIPTION
<b>Apposition stage</b>		Induction, proliferation	Dental tissue types secreted in successive layers as matrix
<b>Eruption stage</b>		Maturation	Dental tissue types fully mineralize to mature form

Balogh and Fehrenbach 2011



# Stadium apozice

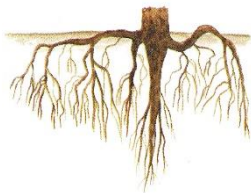
- Období tvorby tvrdých tkání zubu
- **Začíná ve druhé polovině 4. měsíce fetálního vývoje**



**Korunka** – vzniká nejdříve (dentin, sklovina)  
ukládání skloviny a zuboviny začíná v oblasti růstového  
(signálního) centra a z něho se proces šíří apikálně

Tvorba skloviny = **amelogeneze**

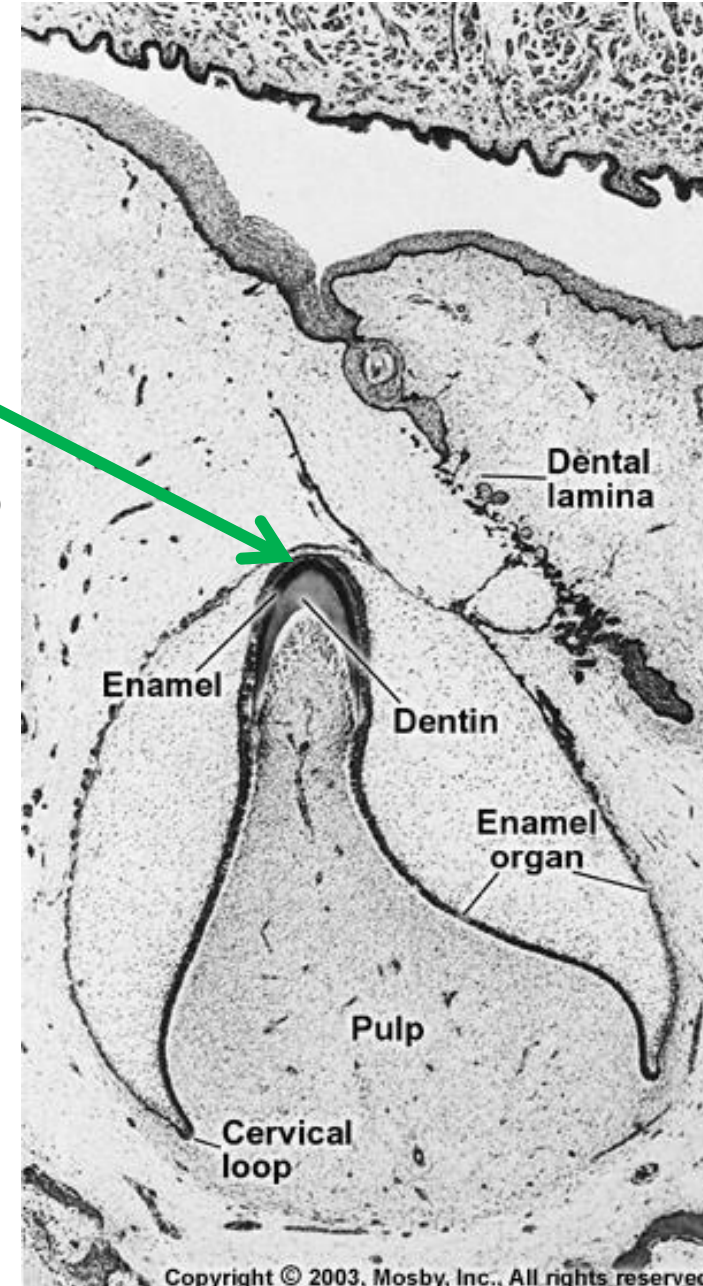
Tvorba zuboviny = **dentinogeneze**



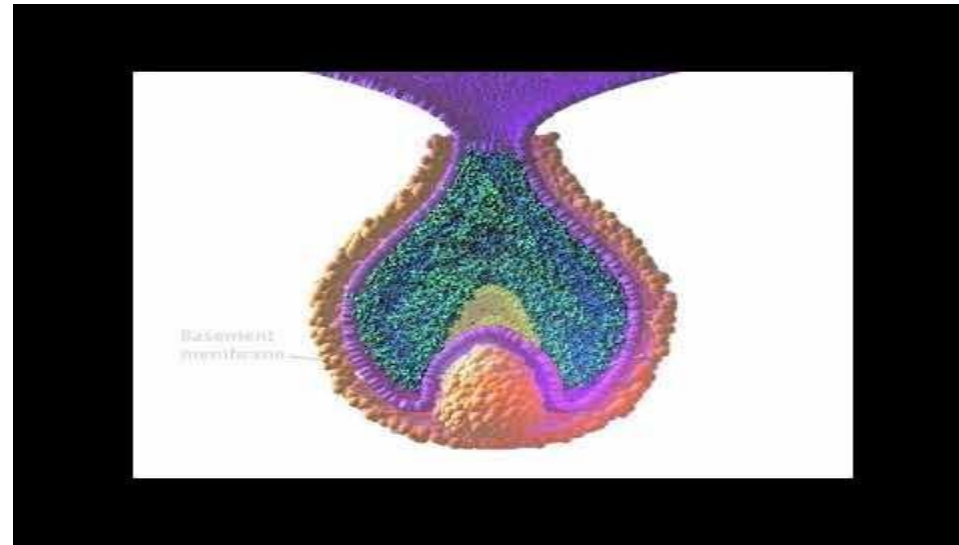
**Kořen** – vzniká později (dentin a cement)

Tvorba cementu = **cementogeneze**

Místo prvotní  
mineralizace



<https://www.youtube.com/watch?v=QLNBjHgUHSU>





# Časový sled při vývoji primární a sekundární dentice

**Table 26.1** Chronology of tooth development and the order of eruption

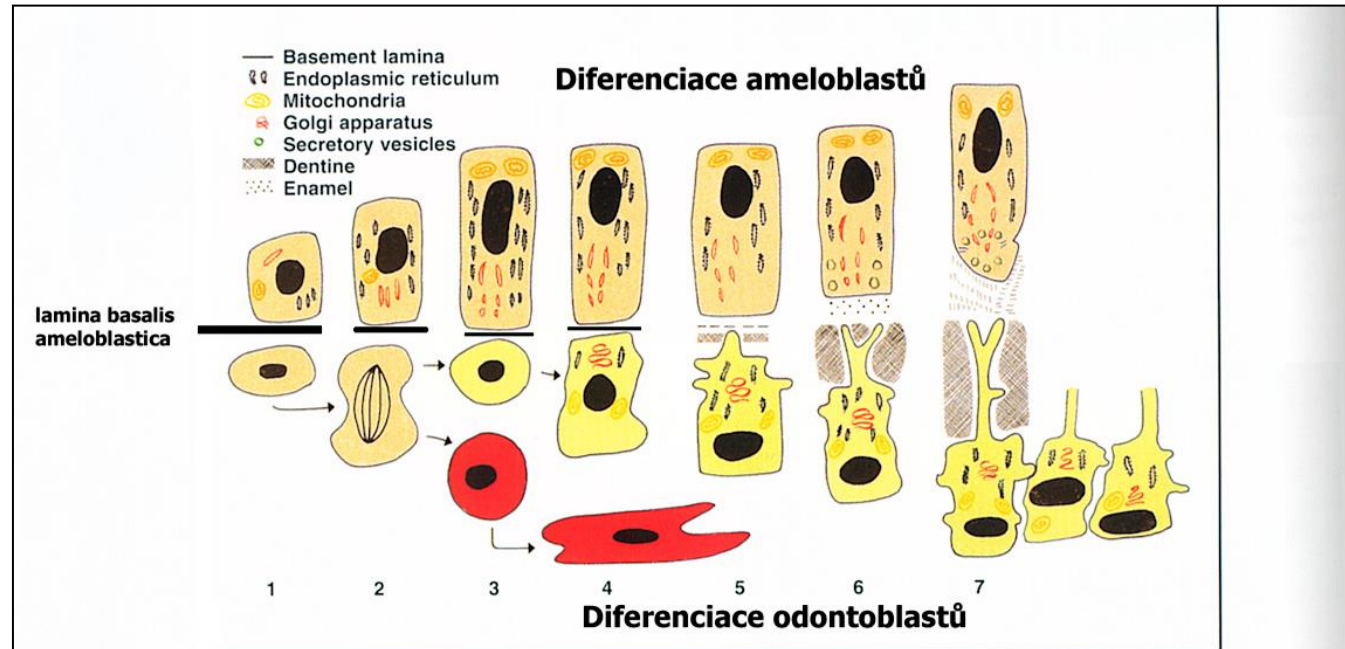
Chronology of the deciduous dentition					Chronology of the permanent dentition				
Tooth	First evidence of calcification (months in utero)	Crown completed (months)	Eruption (months)	Root completed (years)	Tooth	First evidence of calcification	Crown completed (years)	Eruption (years)	Root completed (years)
<i>Maxillary</i>					<i>Maxillary</i>				
A	3–4	4	7	1½–2	1	3–4 months	4–5	7–8	10
B	4½	5	8	1½–2	2	10–12 months	4–5	8–9	11
C	5	9	16–20	2½–3	3	4–5 months	6–7	11–12	13–15
D	5	6	12–16	2–2½	4	1½–1¾ years	5–6	10–11	12–13
E	6–7	10–12	21–30	3	5	2–2½ years	6–7	10–12	12–14
					6	Birth	2½–3	6–7	9–10
					7	2½–3 years	7–8	12–13	14–16
					8	7–9 years	12–16	17–21	18–25
<i>Mandibular</i>					<i>Mandibular</i>				
A	4½	4	6½	1½–2	1	3–4 months	4–5	6–7	9
B	4½	4½	7	1½–2	2	3–4 months	4–5	7–8	10
C	5	9	16–20	2½–3	3	4–5 months	6–7	9–10	12–14
D	5	6	12–16	2–2½	4	1¾–2 years	5–6	10–12	12–13
E	6	10–12	21–30	3	5	1¼–2½ years	6–7	11–12	13–14
					6	Birth	2½–3	6–7	9–10
					7	2½–3 years	7–8	12–13	14–15
					8	8–10 years	12–16	17–21	18–25

Unless otherwise indicated all dates are postpartum. The teeth are identified according to the Zsigmondy system.

All dates are postpartum. Teeth are identified according to the Zsigmondy system.

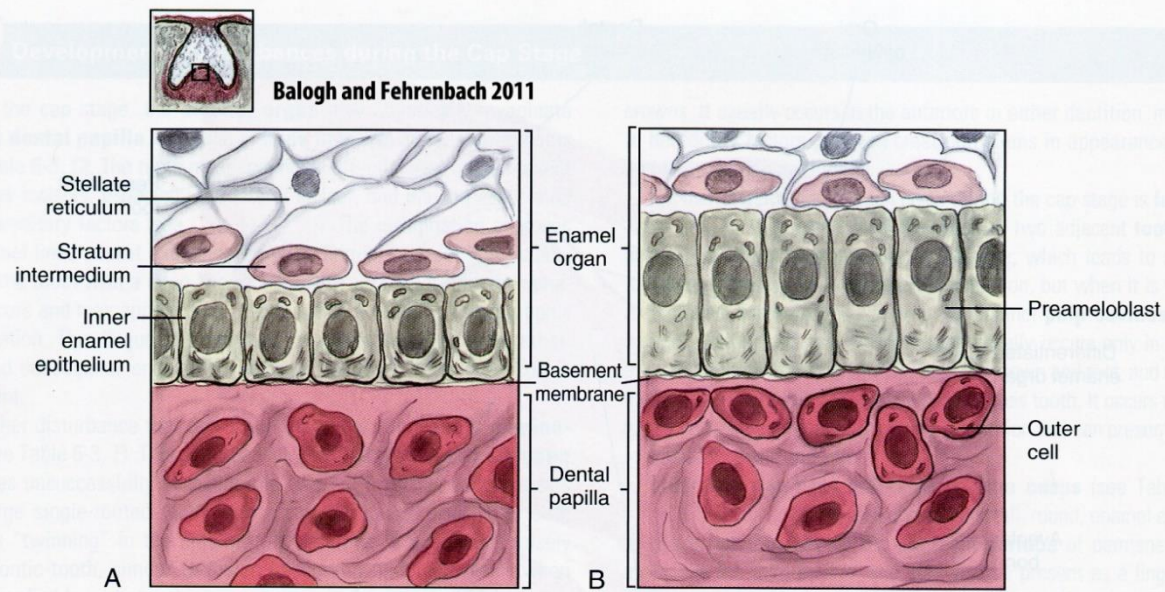
# Vývoj zubní korunky

- **Změna polarity** buněk ve vnitřním sklovinném epitelu (IEE)
- Prvně se tvoří **preameloblasty** (dříve diferencuje epitel než ektomezenchym)
- Na základě vzájemných interakcí s epitelem se začínají diferencovat **preodontoblasty**
- **Zánik lamina basalis ameloblastica**
- Diferenciace **preodontoblastů v odontoblasty** = zahájení sekrece dentinu
- Následuje maturace **preameloblastů v ameloblasty** = zahájení sekrece skloviny



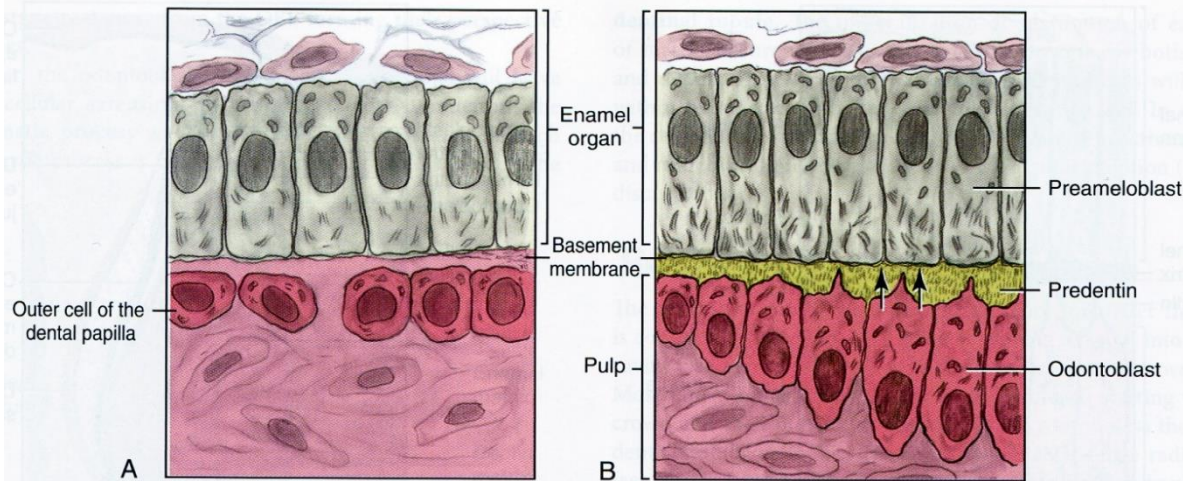
**Fig. 23.1** Life cycle of the odontoblast (lower cell line) related to that of the ameloblast (upper cell line). 1 = Ameloblast begins to differentiate first. 2 = Peripheral ectomesenchymal cells divide, with some daughter cells migrating below the odontoblast layer. 3 = Acting on a signal from the ameloblast, the preodontoblasts begin to differentiate. 4 = Synthetic organelles increase in size and number, especially Golgi apparatus and rough endoplasmic reticulum. 5 = Nucleus moves basally as the cell becomes polarised. A number of odontoblast processes begin to form. One odontoblast process becomes enlarged and begins to secrete matrix. 6 = The odontoblast retreats as matrix is laid down, leaving behind a single main process. Once a narrow layer of matrix is laid down mineralisation commences. 7 = Once the first layer of dentine is laid down the differentiated ameloblast begins to deposit matrix.





**FIGURE 6-9** Close-up of inner enamel epithelium of the enamel organ differentiating into the preameloblasts, the future cells that will secrete enamel matrix. **A:** Inner enamel epithelial cells, with their central nuclei, line up along the basement membrane. **B:** Inner enamel epithelial cells that have elongated and repolarized their nuclei to become preameloblasts. Note the outer cells of the dental papilla

Balogh and Fehrenbach 2011

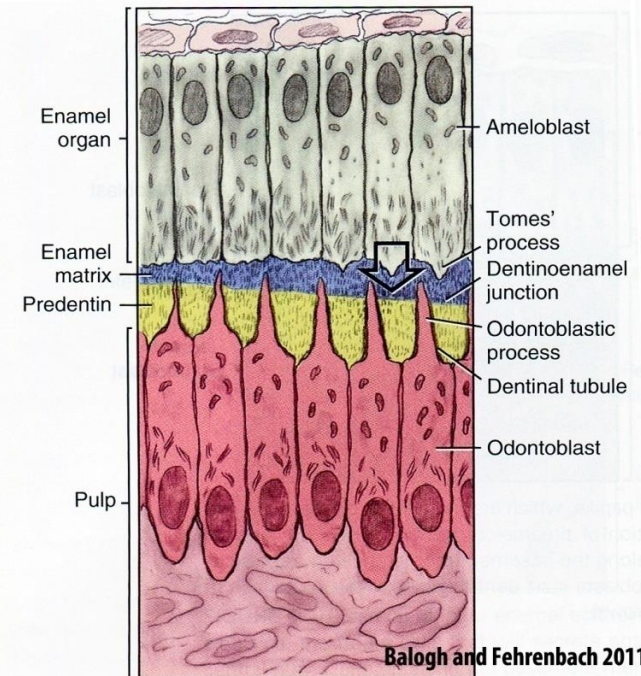


**FIGURE 6-10** Close-up of the outer cells of the dental papilla, which are induced to differentiate into the odontoblasts and form pre-dentin after the formation of preameloblasts from the inner enamel epithelium. **A:** Outer cells of the dental papilla line up along the basement membrane with repolarization of their nuclei to become odontoblasts. **B:** Odontoblasts start dentinogenesis, the apposition of pre-dentin on their side of the basement membrane (arrows).

repolarizace buněk vnitřního sklov. epitelu  
→ preameloblasty

repolarizace buněk zubní papily  
→ preodontoblasty

Zánik lamina basalis ameloblastica – maturací preameloblastů v ameloblasty



**FIGURE 6-12** Preameloblasts being induced to differentiate into ameloblasts and beginning amelogenesis from Tomes' process (large arrow), with the apposition of enamel matrix on their side of the basement membrane. Later this membrane will disintegrate and mineralize to form the dentinoenamel junction. Note that the pre-dentin is thicker than the enamel matrix because the odontoblasts differentiate and start matrix production earlier than the ameloblasts. The pre-dentin forms around the dental tubules that contain the odontoblastic process attached to the odontoblasts.