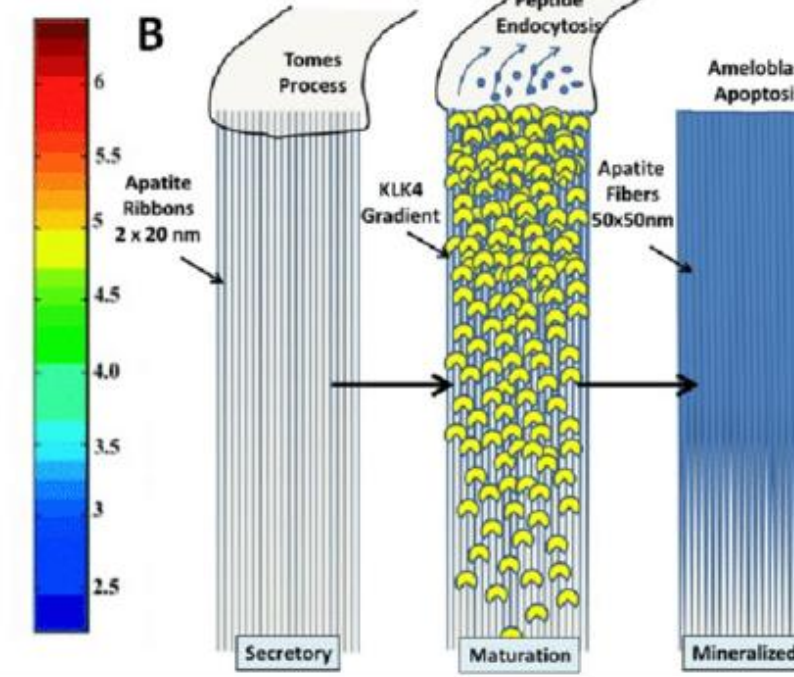
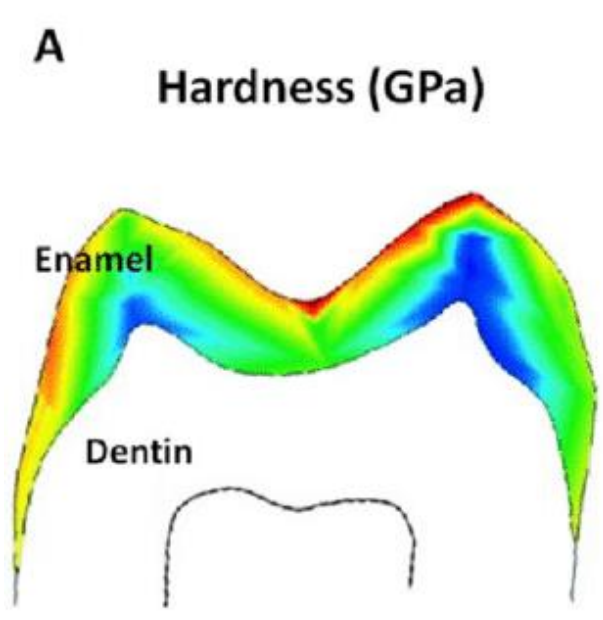
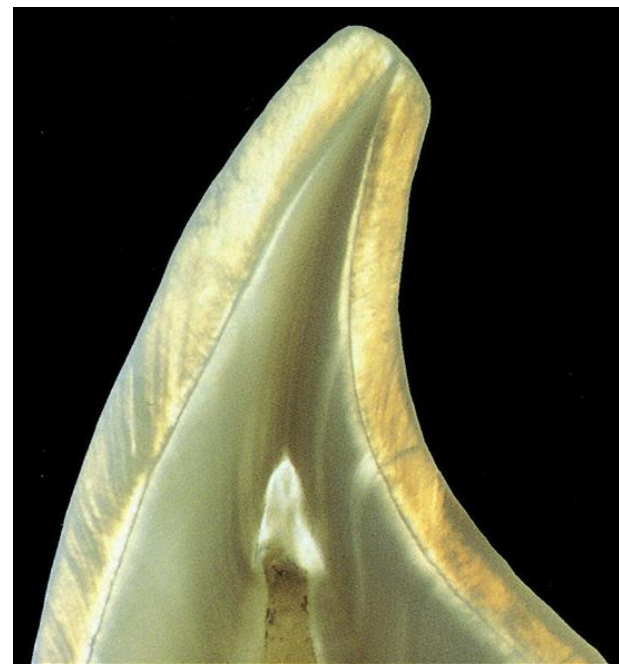


# Sklovina a cement

Jan Křivánek

6. 4. 2021



# 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



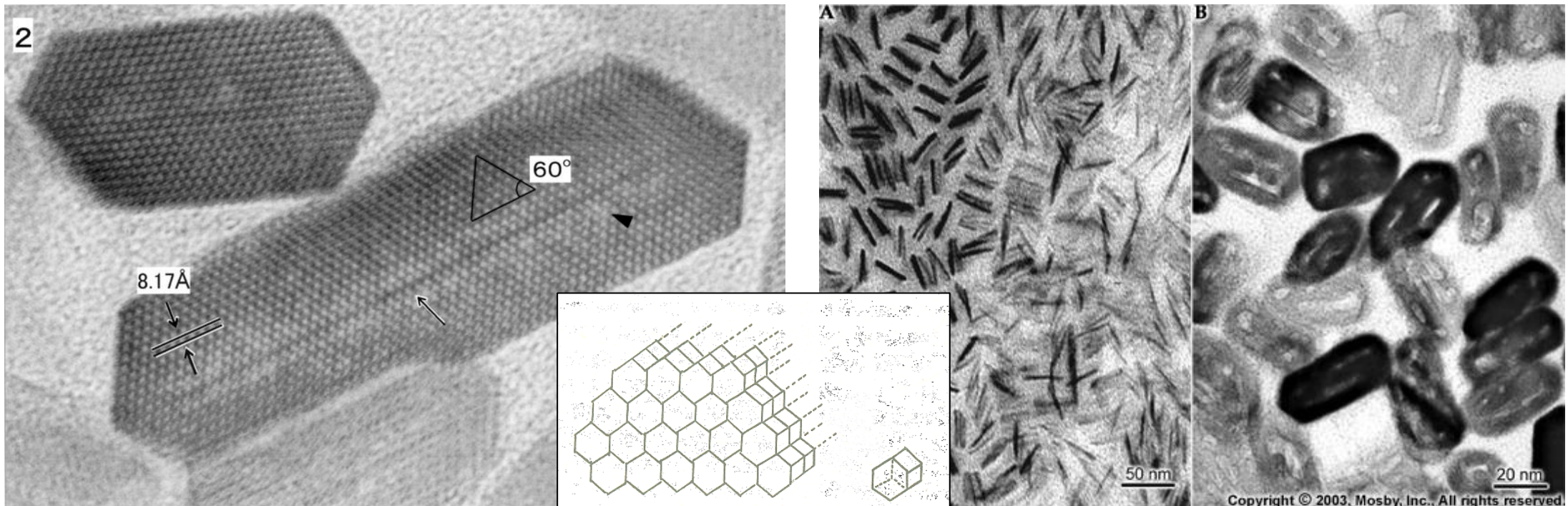
# Chemické složení

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

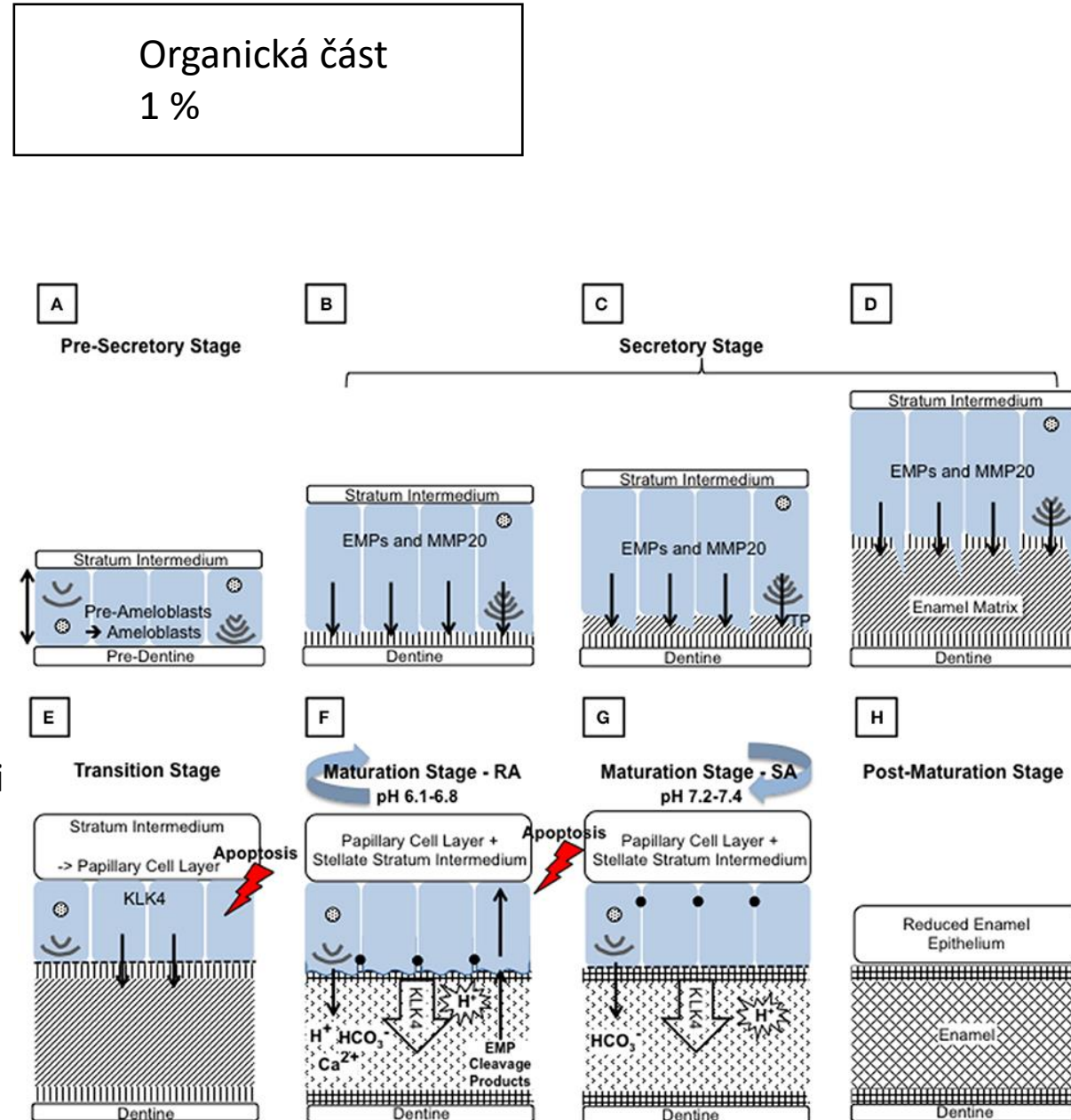
- 90 %
- Hlavní produkt sekretorní fáze ameloblastů
- kulovité polymery, regulace růstu sklovinných hranolů

### 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

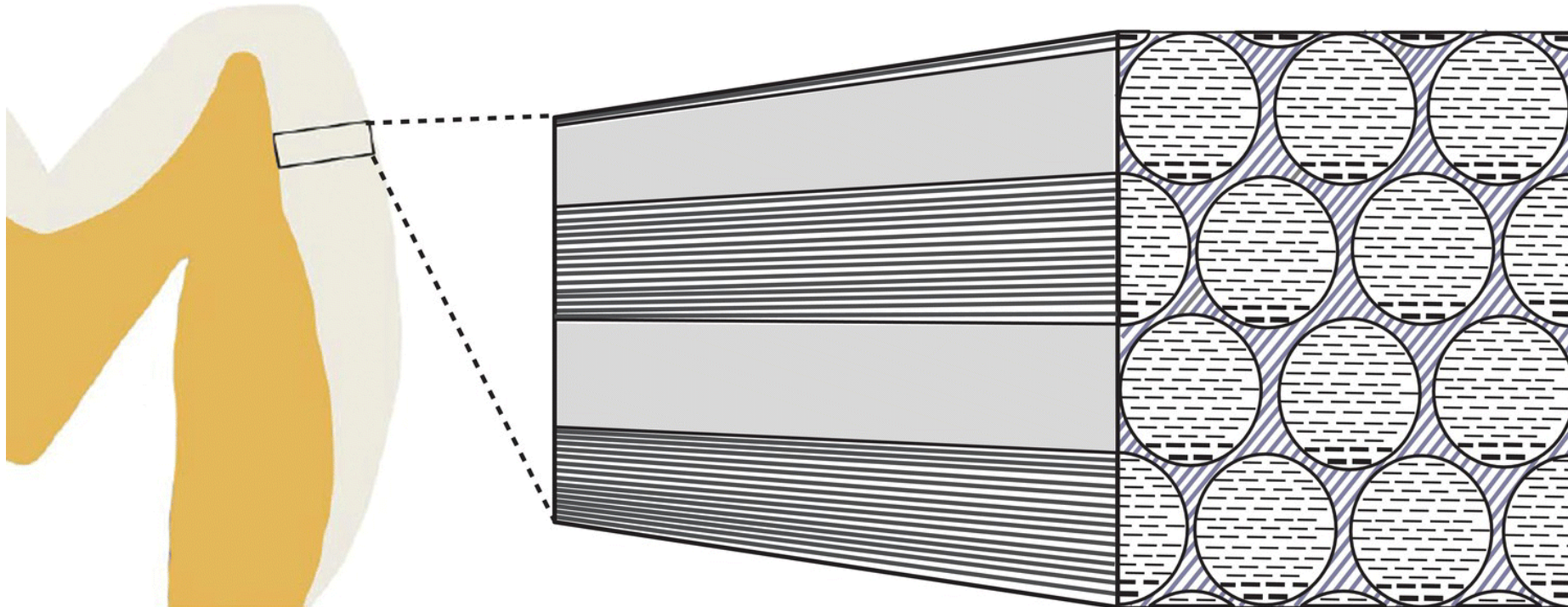


# Mikroskopická stavba

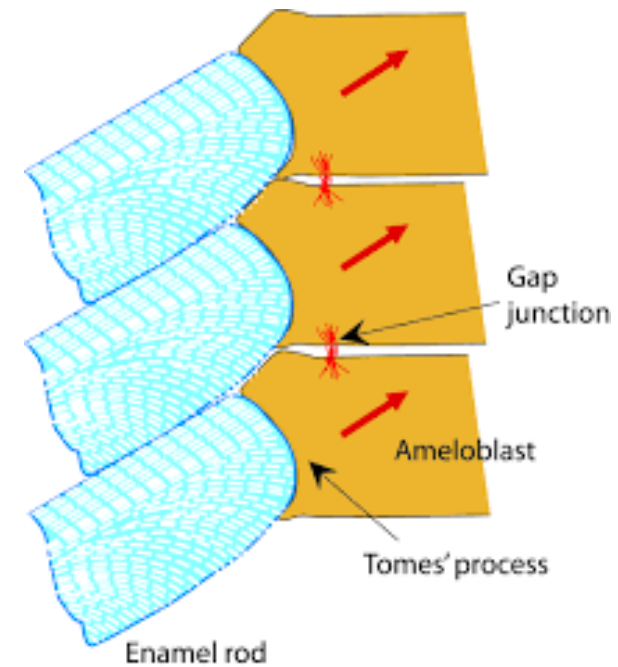
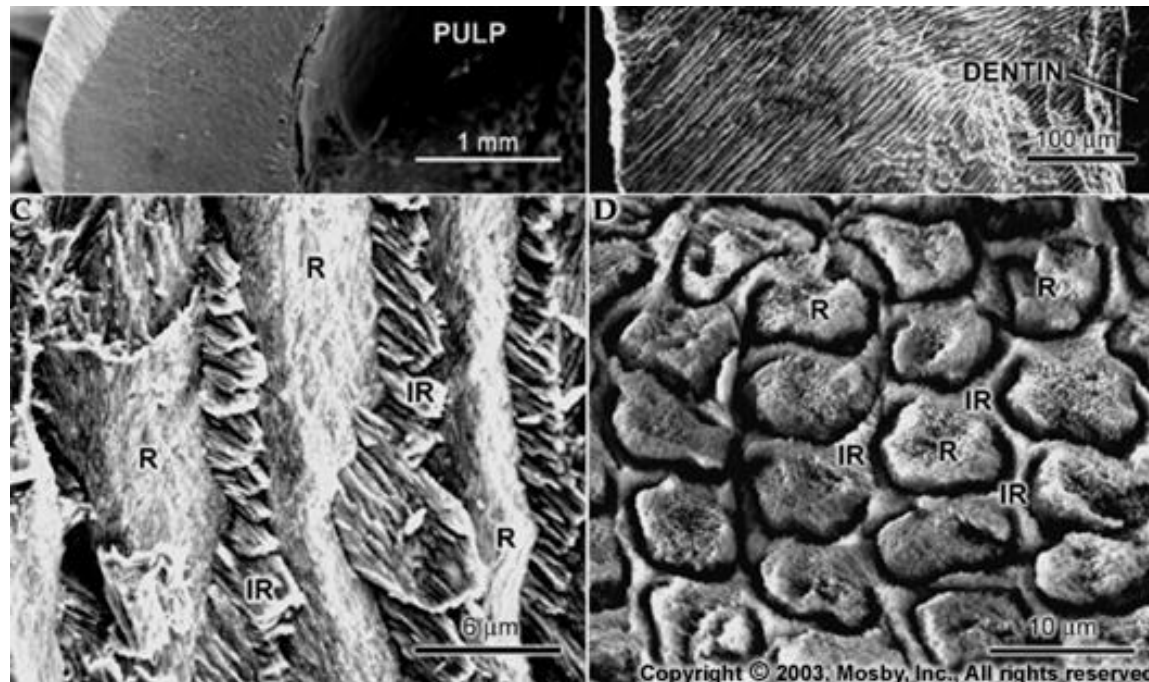
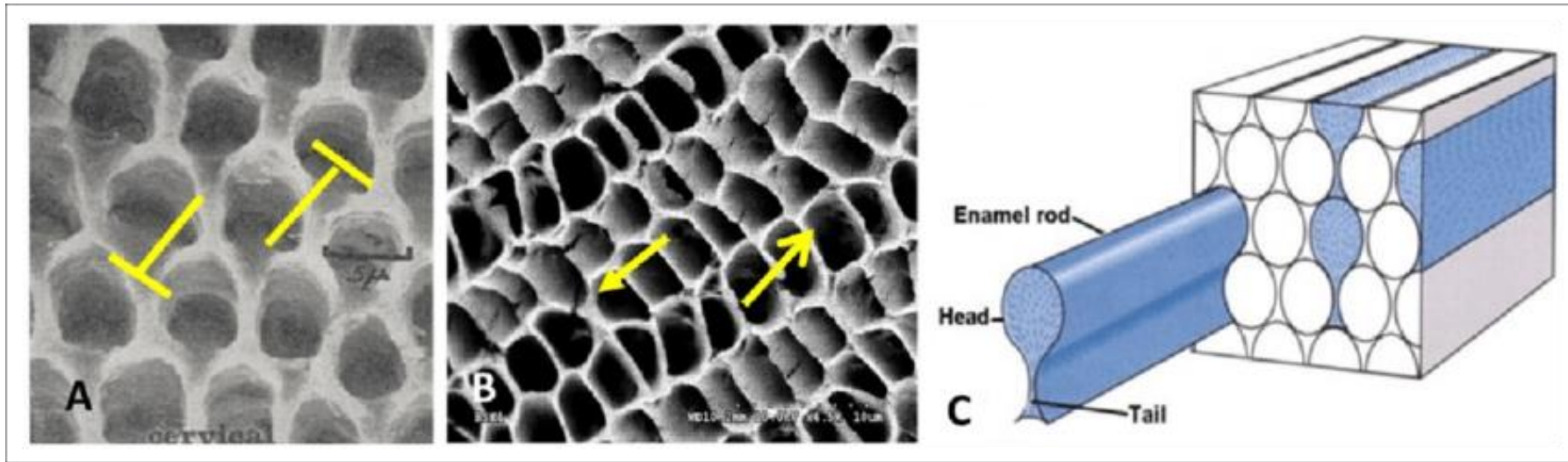
Složitá vnitřní, druhově specifická organizace

## Sklovinné hranoly – prizmata a interprizmatická hmota

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



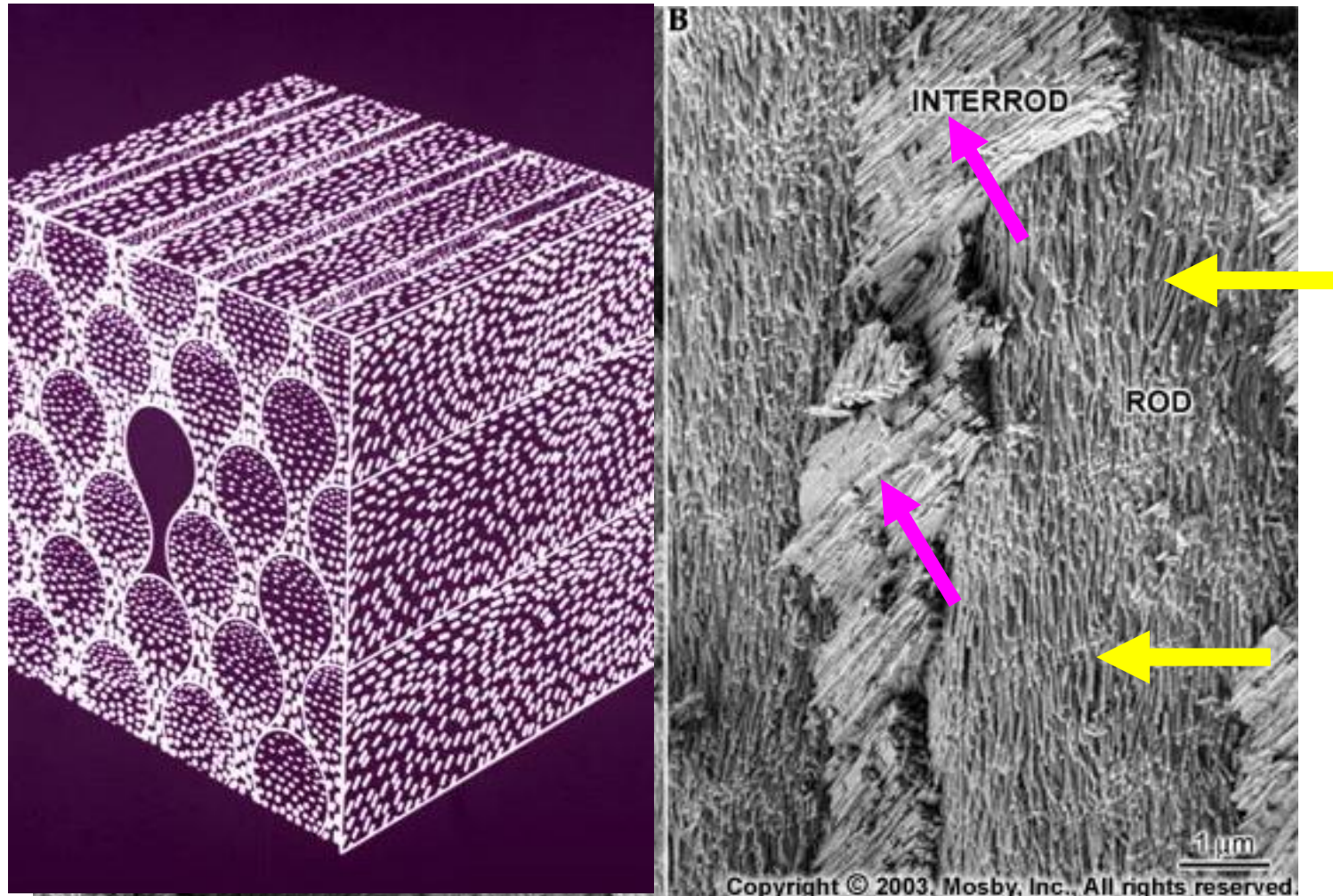




# Ultrastruktura hranolů

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

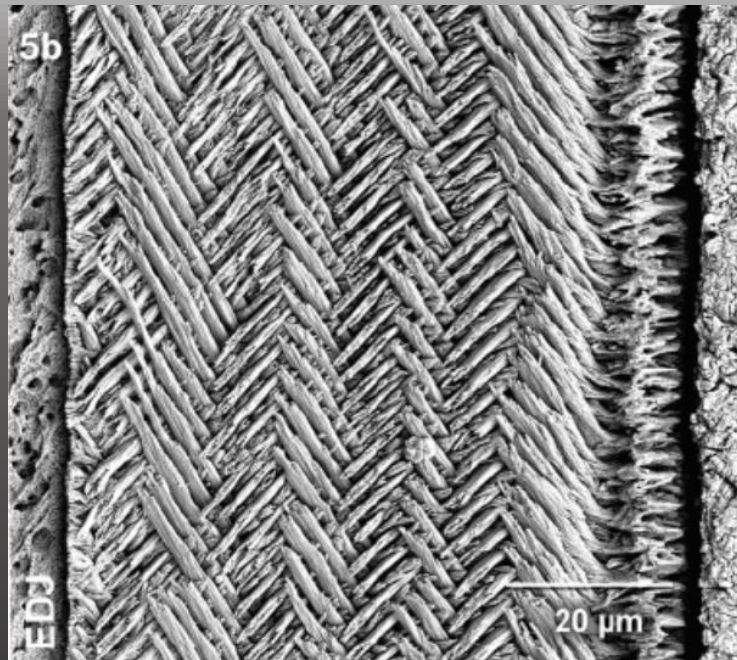
Struktura interprizmatické substance stejná, krystaly postaveny šikmo nebo kolmo na prizmata





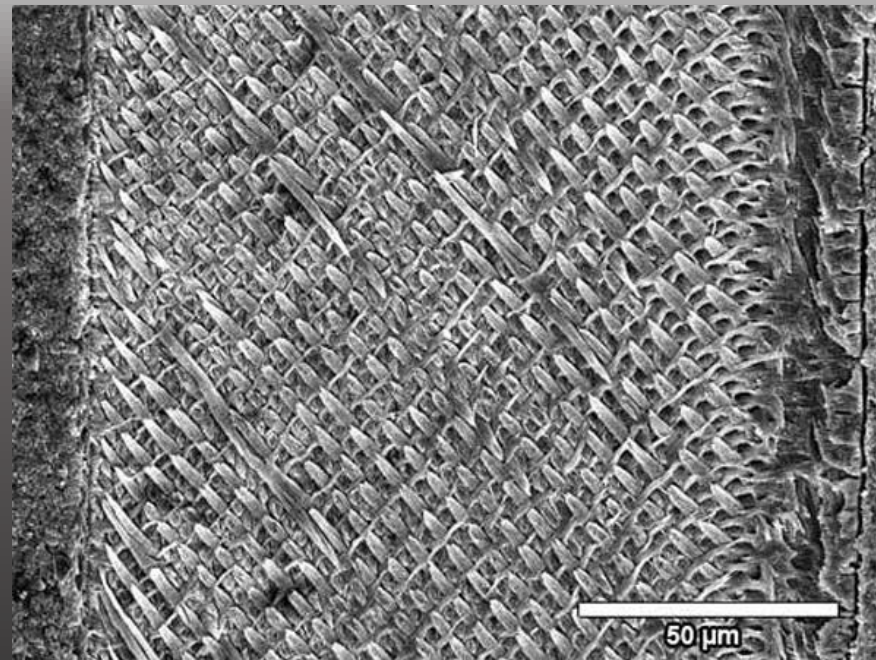
# Enamel decussation pattern (rodents)

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



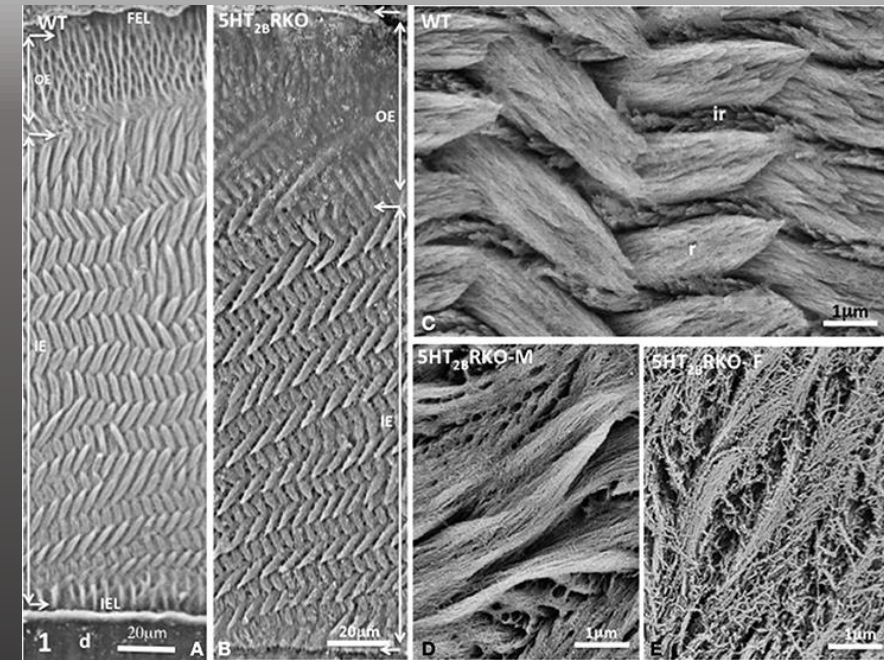
Daniela C. Kalthoff, 2007

*Heterosminthus gansus*  
(late Miocene)



Daniela C. Kalthoff

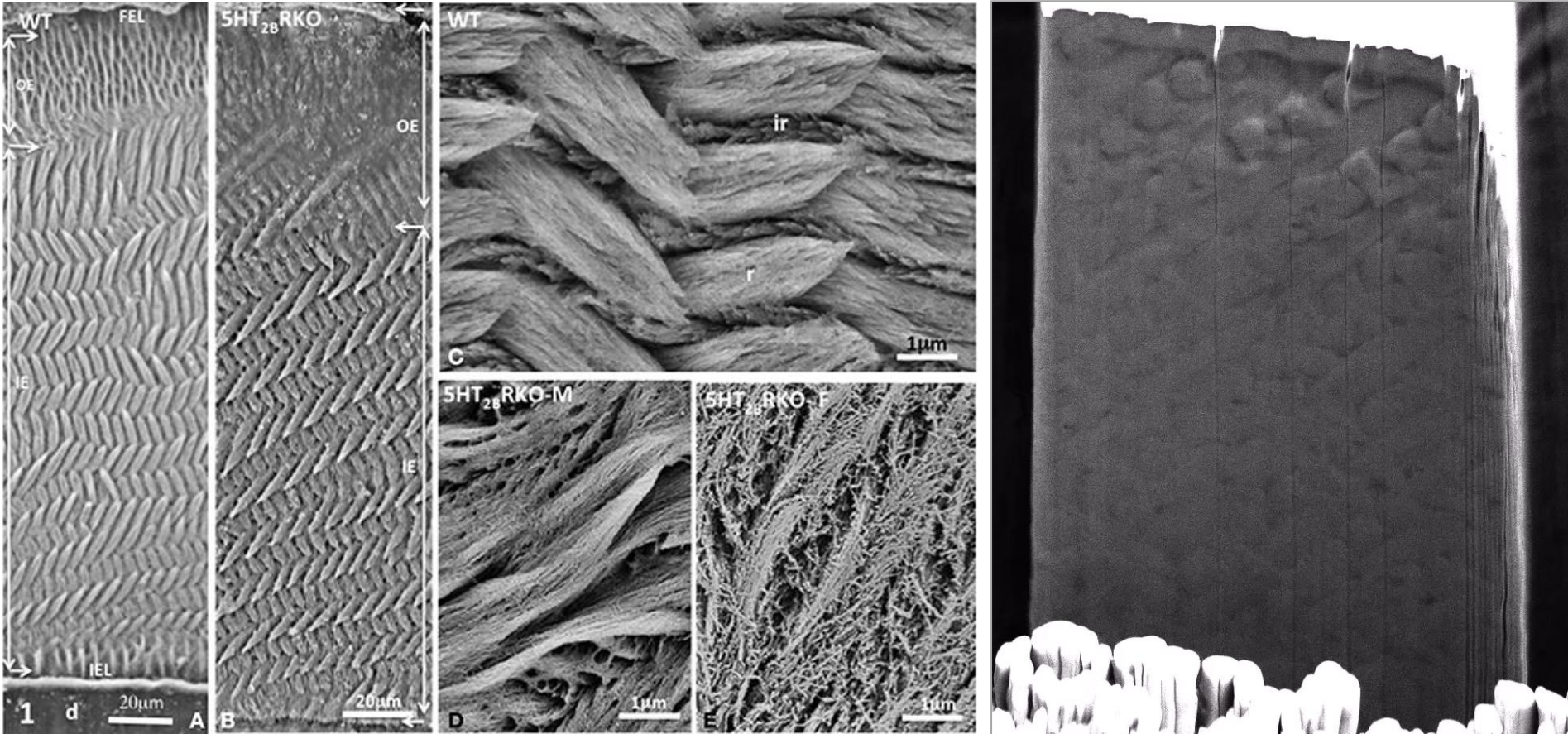
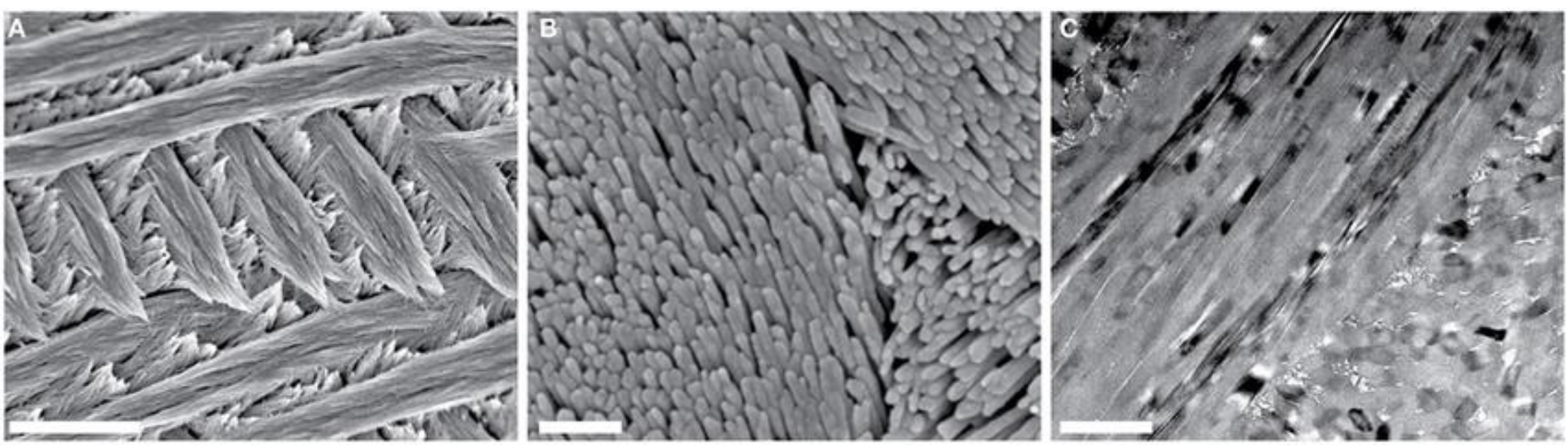
Wood Mouse (*Apodemus sylvaticus*)



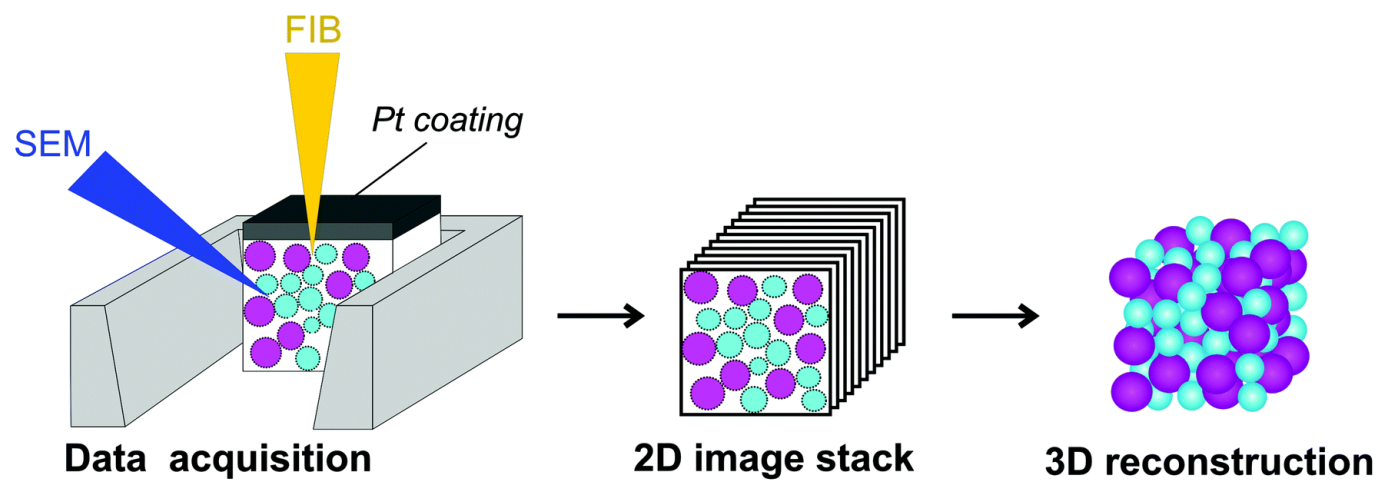
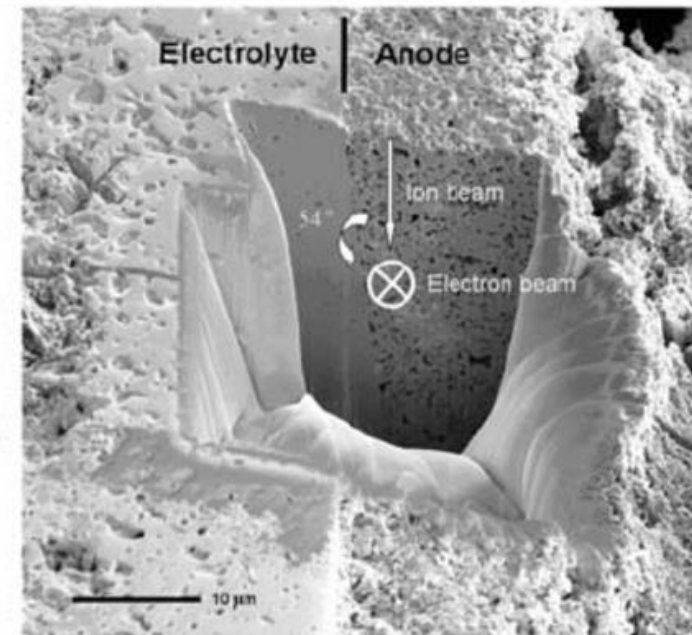
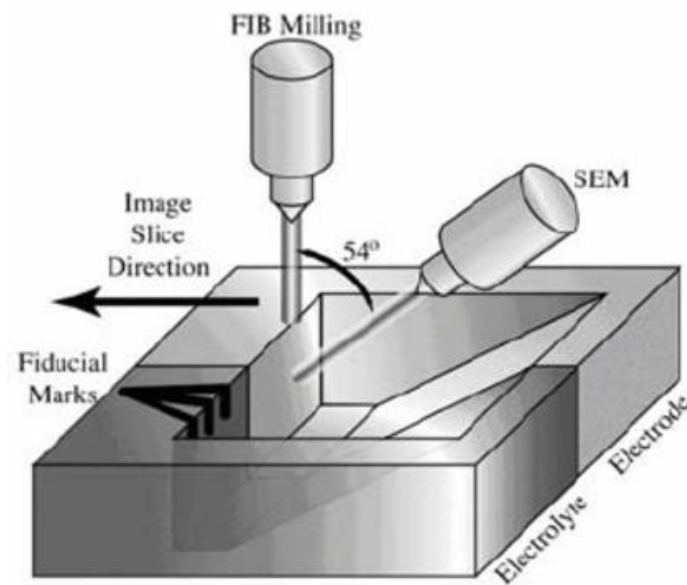
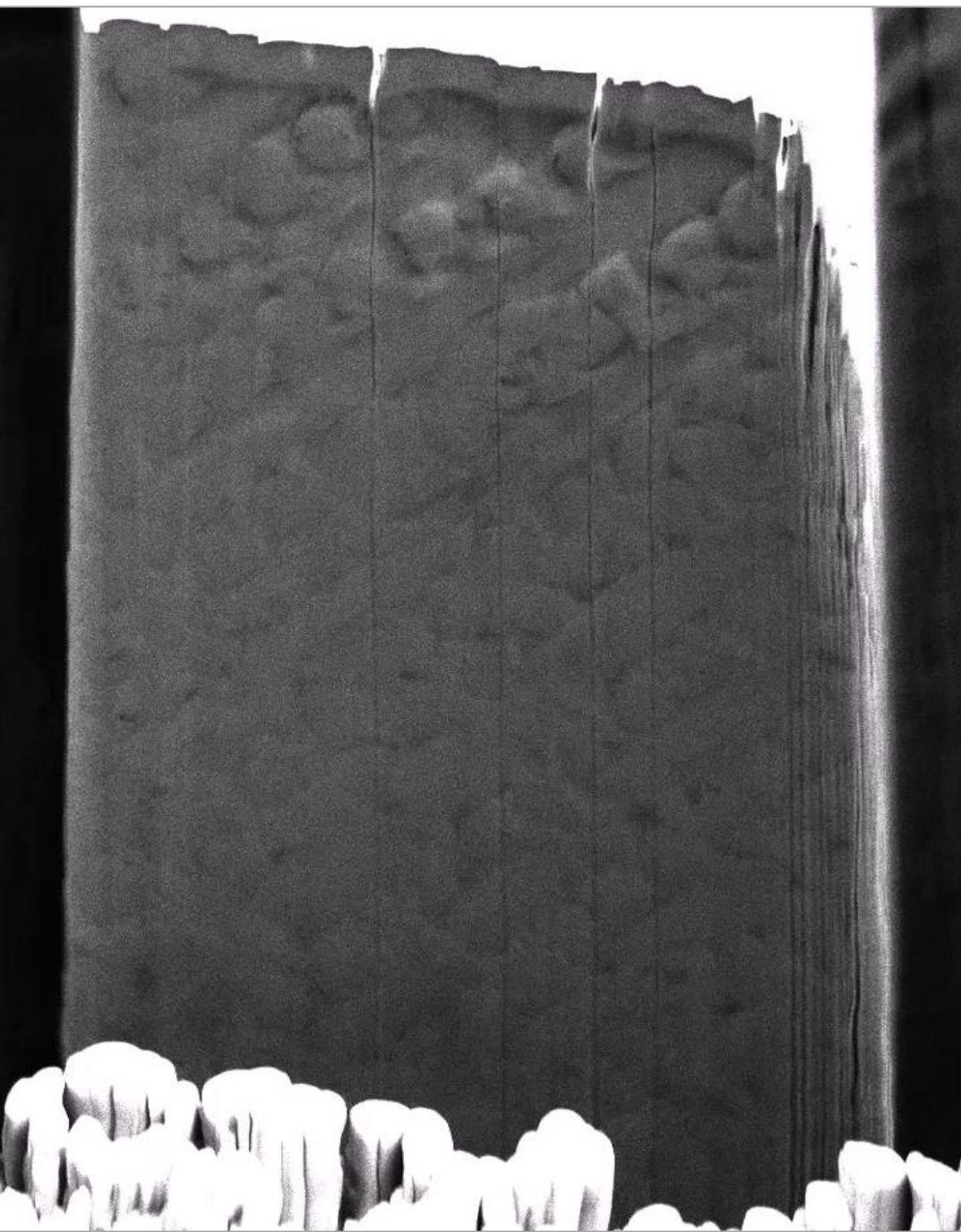
Goldberg et al, 2014

*Mus musculus*

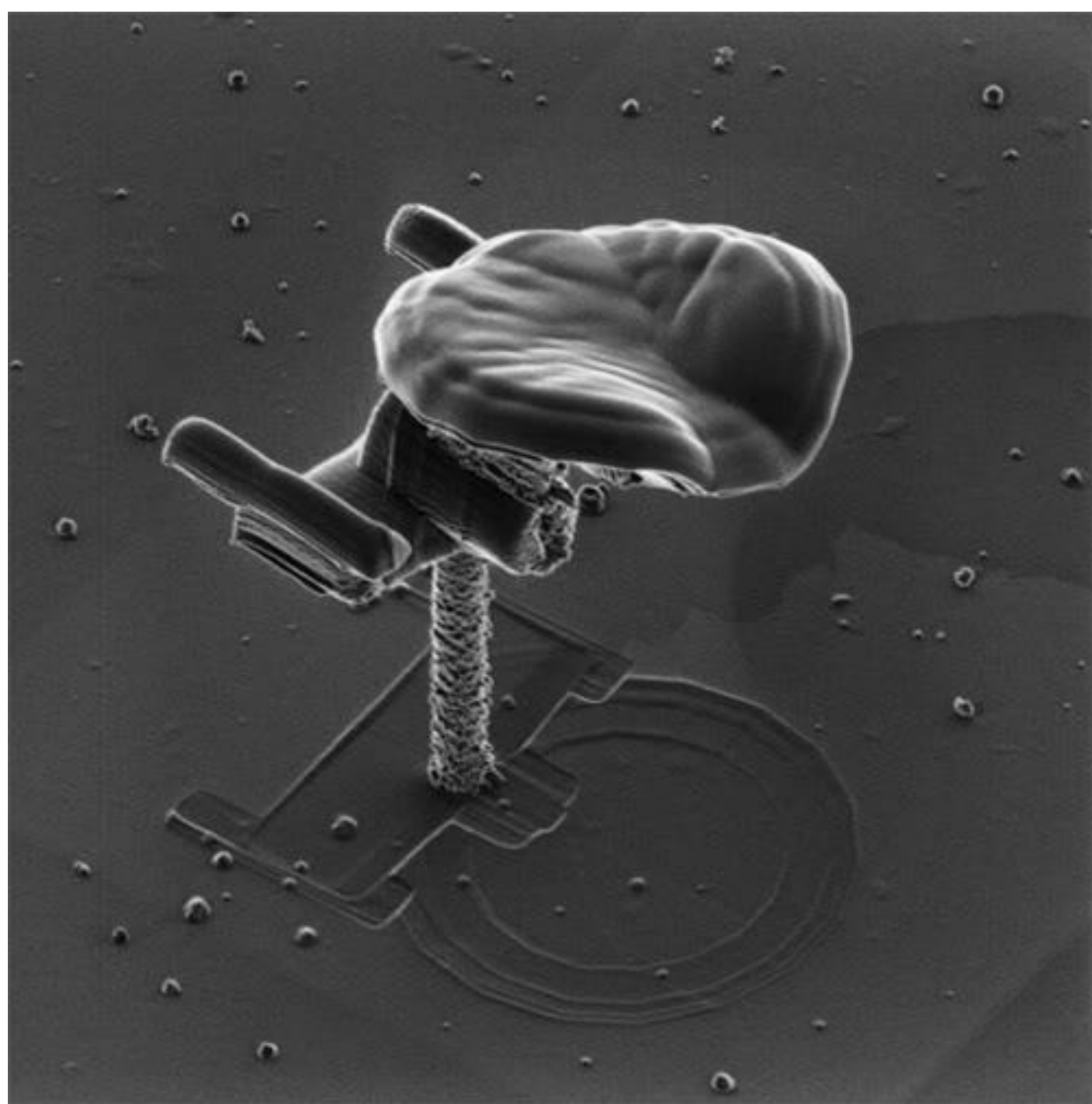






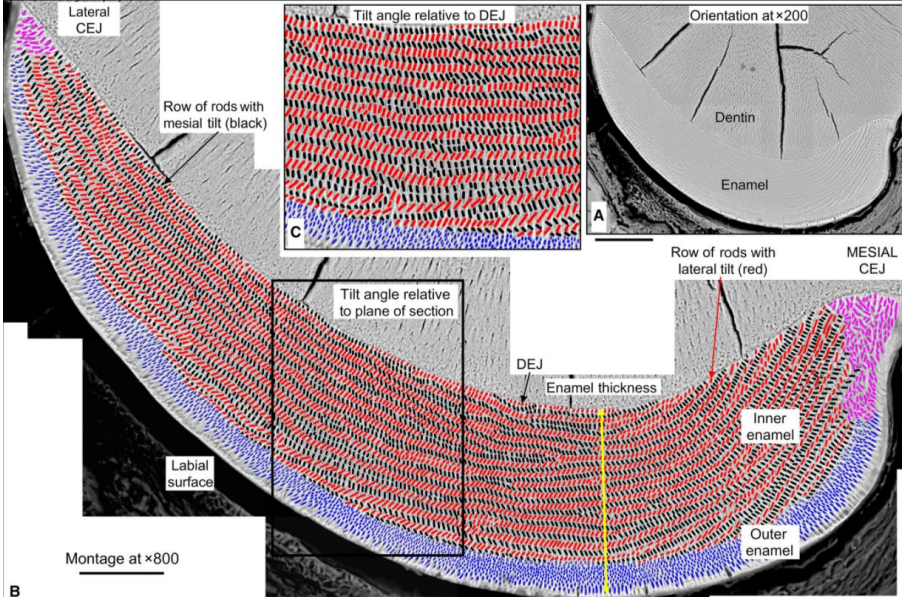




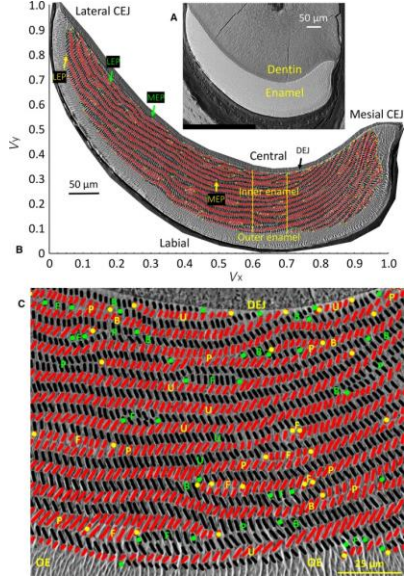


# Ameloblasts: cells movements responsible for enamel microstructure formation

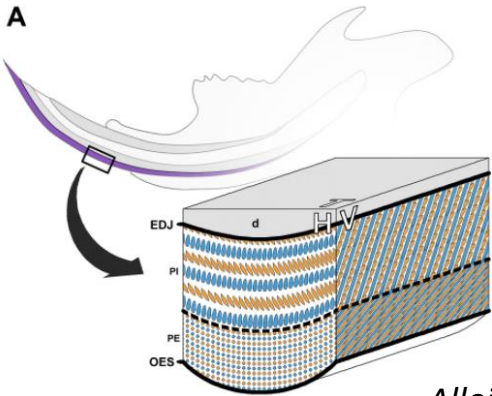
- Every ameloblast is responsible for formation of one rod
- Ameloblasts move in rows at an angle of approximately 70 degrees to each other (m. musculus)



Smith et al., 2018  
(James Simmer and Jan Hu lab)

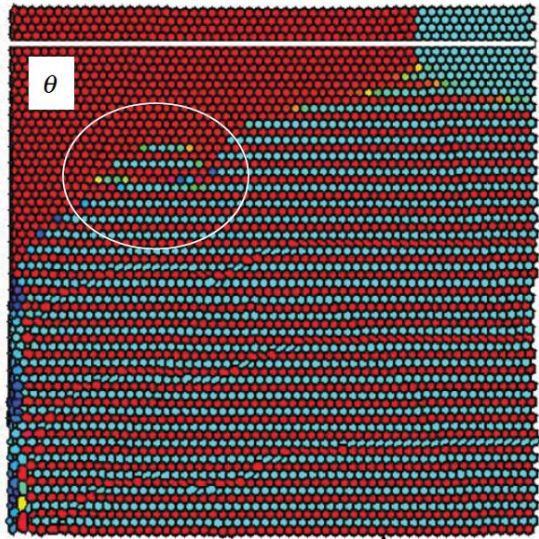
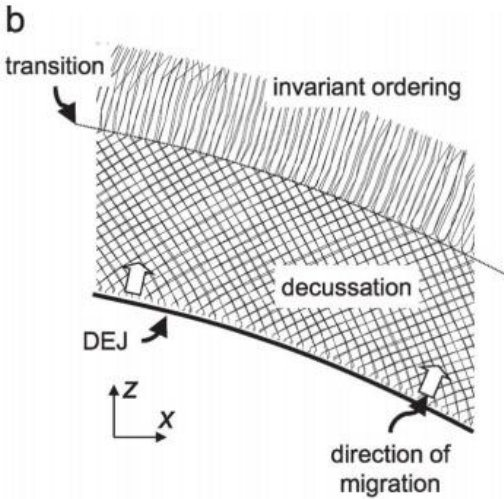
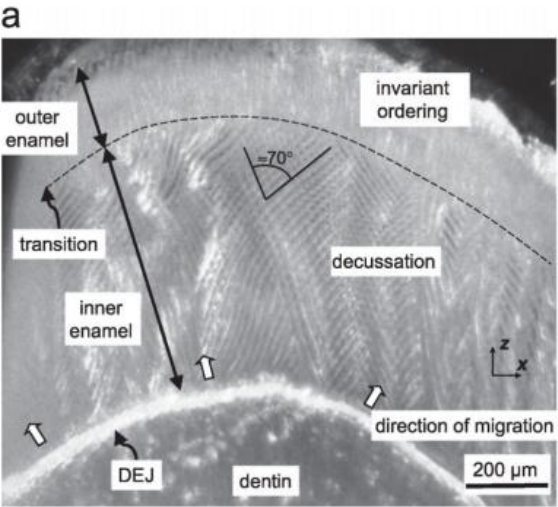
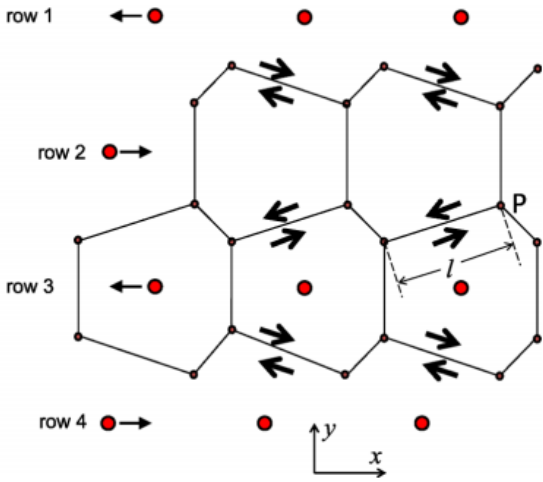
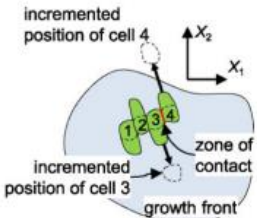
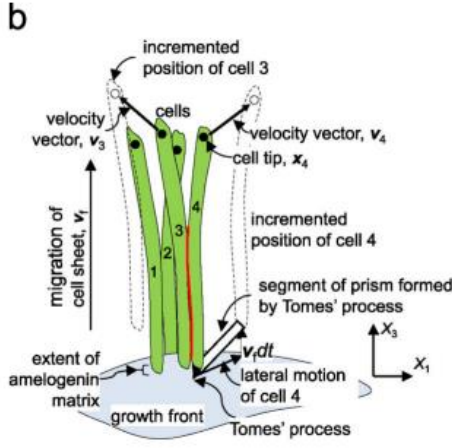
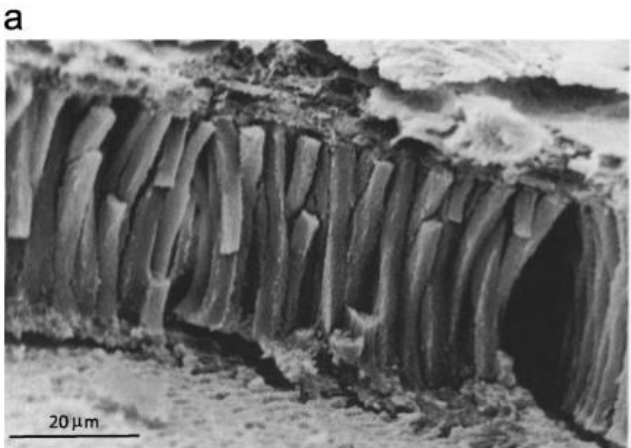


Smith et al., 2019



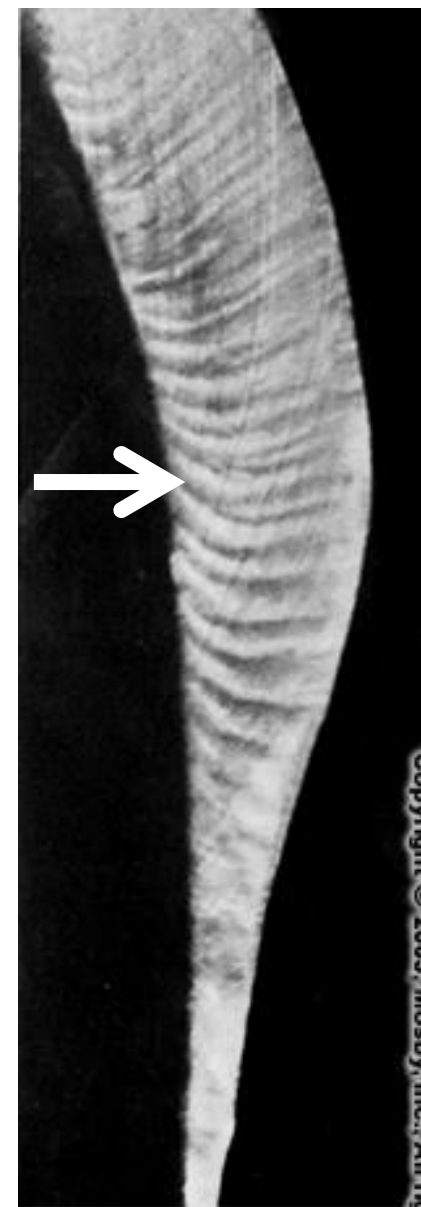
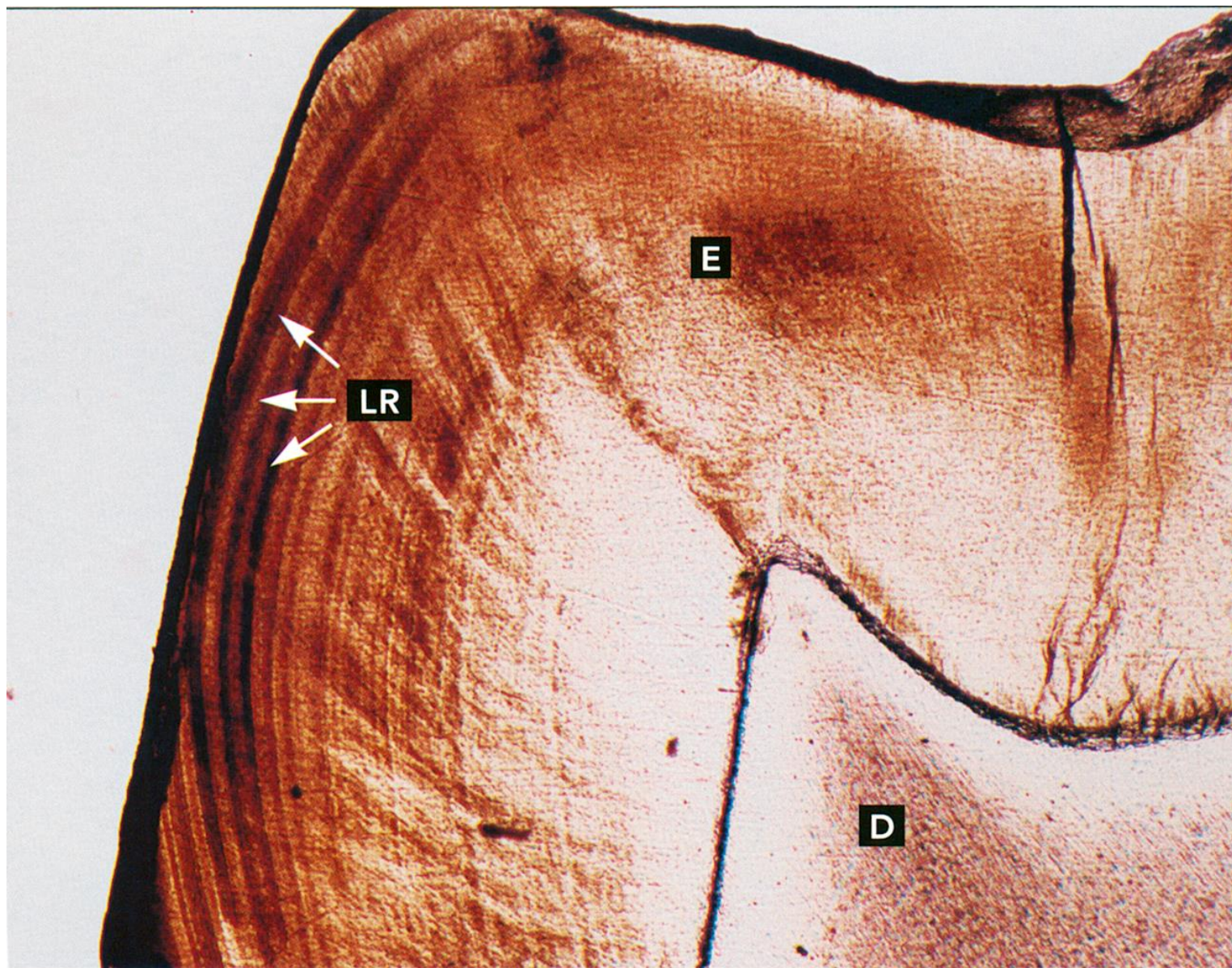
Alloing-Séguier et al., 2018

# Ameloblasts: cells movements responsible for enamel microstructure formation





# Vnější znaky skloviny



# Vnější znaky skloviny

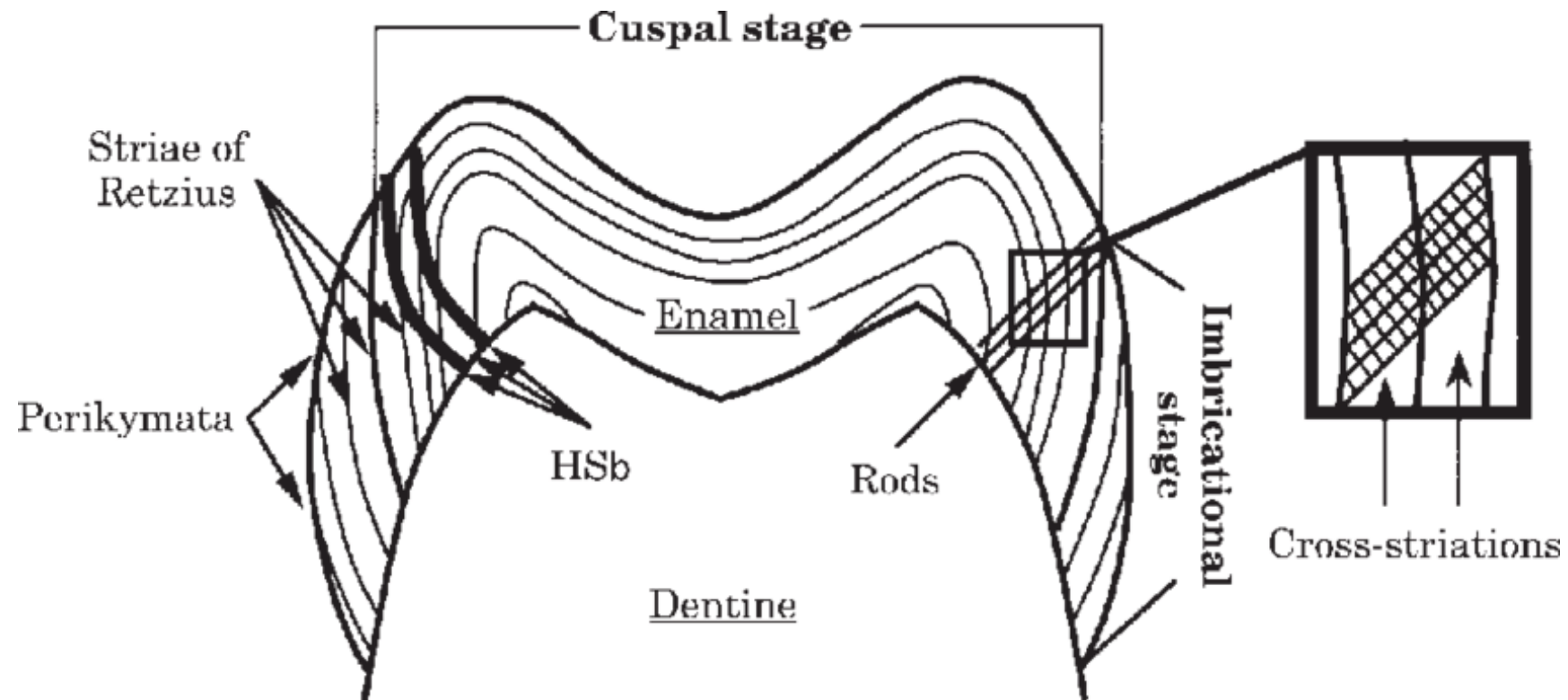
Retziusovy proužky

Perikymata

Hunterovy - Schregerovy proužky

Neonatální linie

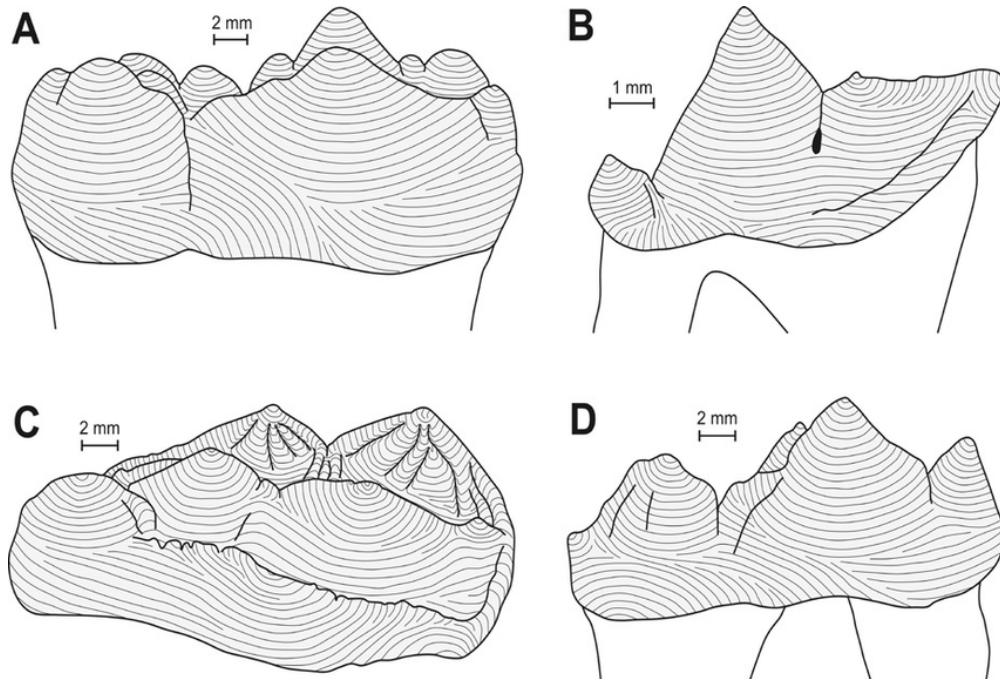
Enamel tufts





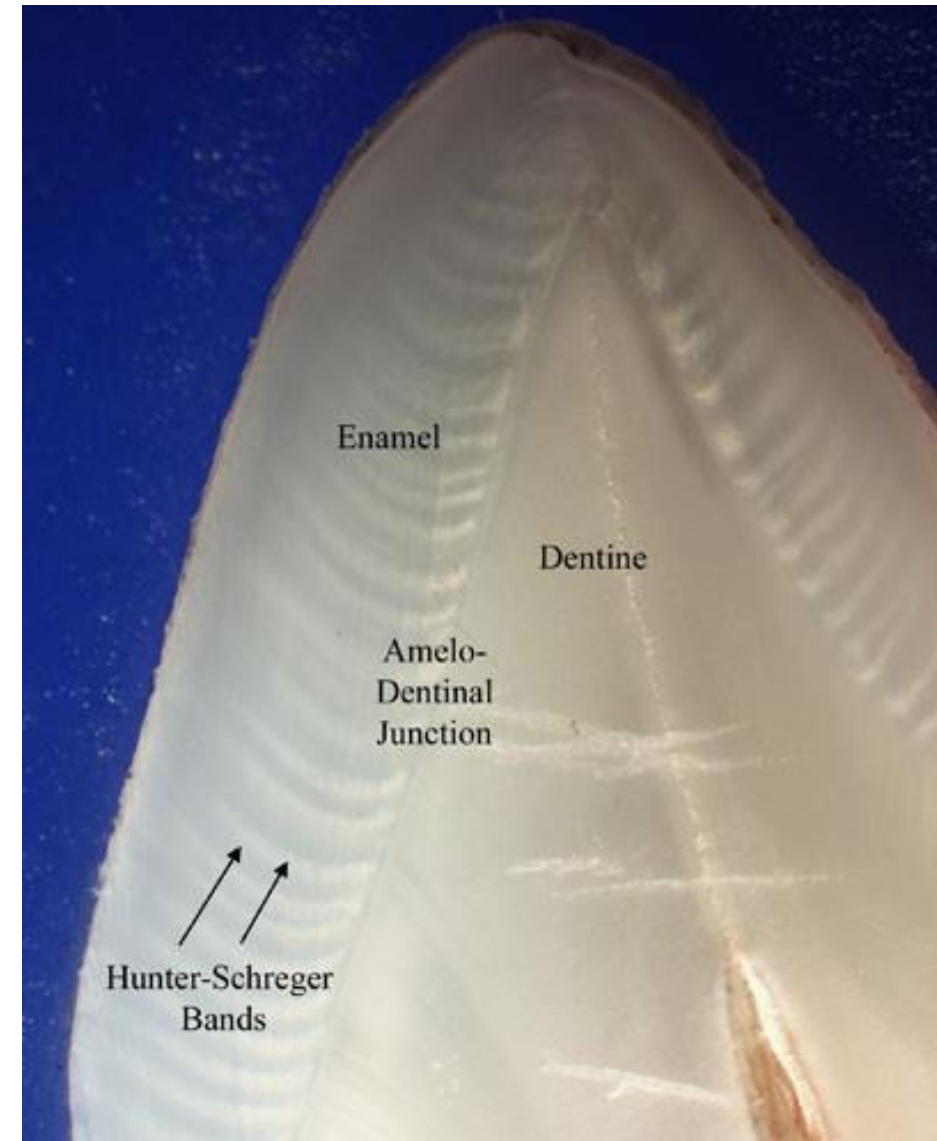
# Hunterovy - Schregerovy proužky

- 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

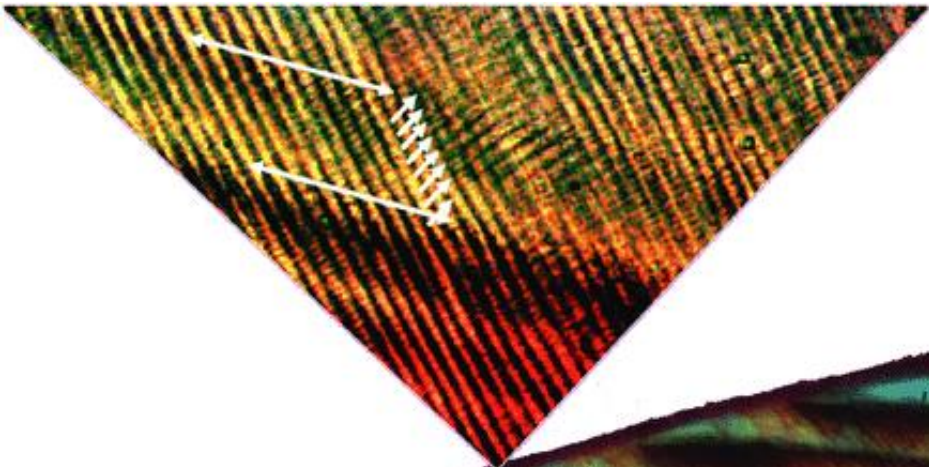
- Způsobují příčné pruhování prizmat (cross-striation), velmi tenké 2,5 - 6  $\mu\text{m}$
- Střídání fáze intenzivní sekrece s fází odpočinkovou
- Souvisí s cirkadiálními rytmy

## 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

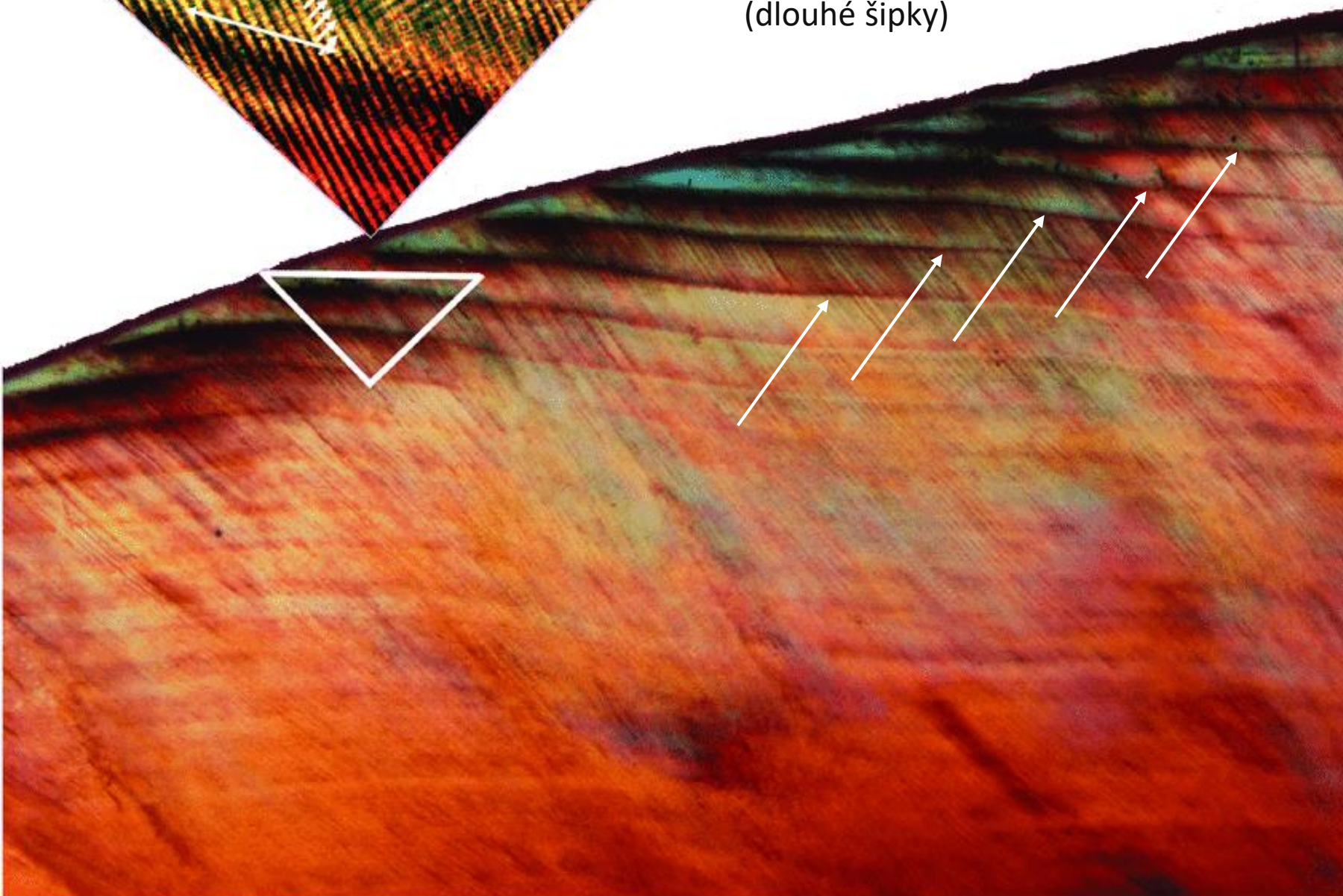
- Výrazný pruh méně mineralizované skloviny
- Vzniká v důsledku náhle změny příjmu potravy při narození
- U zubů primární dentice a M1
- Patří mezi Retziusovy linie



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

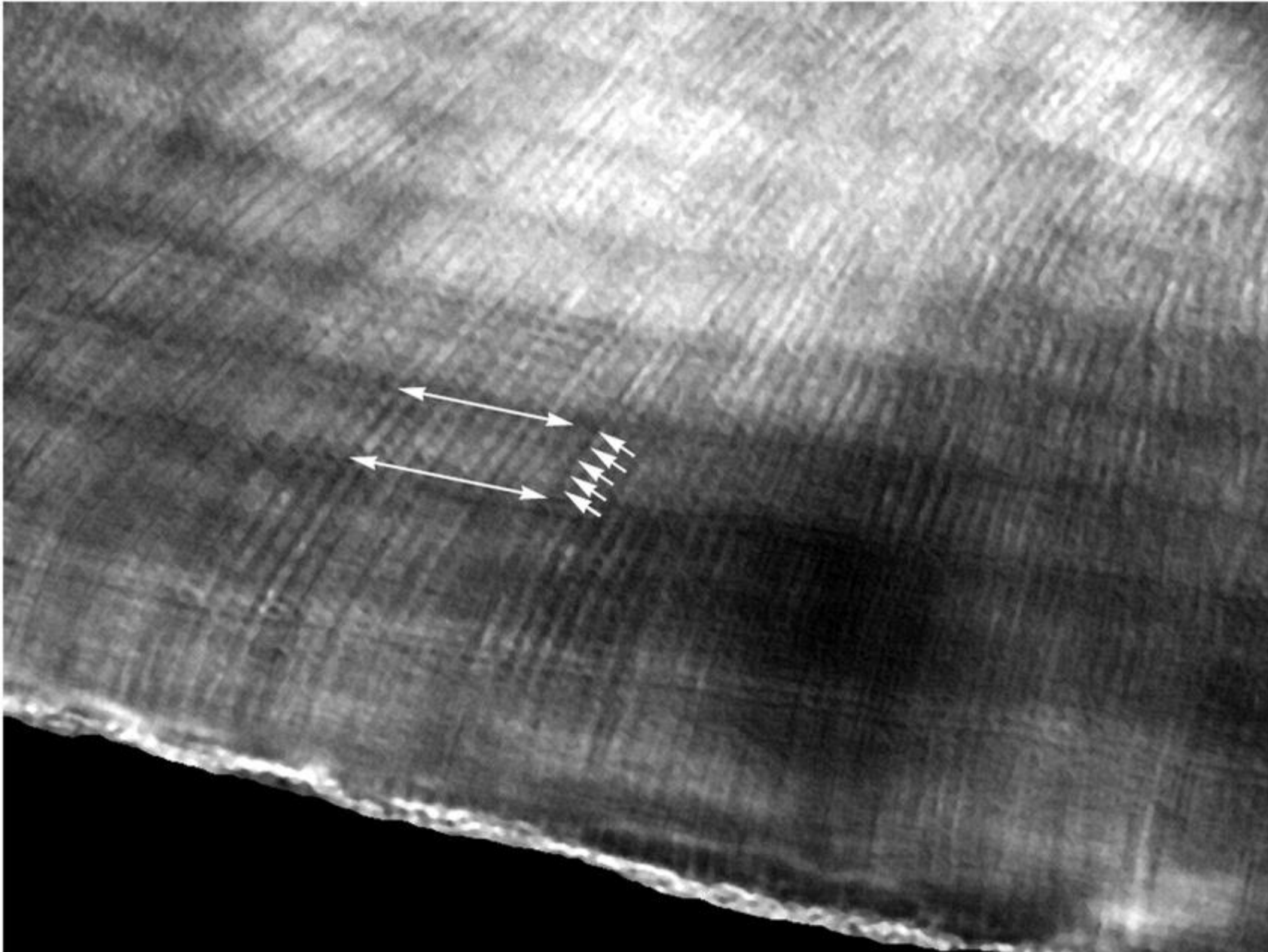
## Denní linie

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



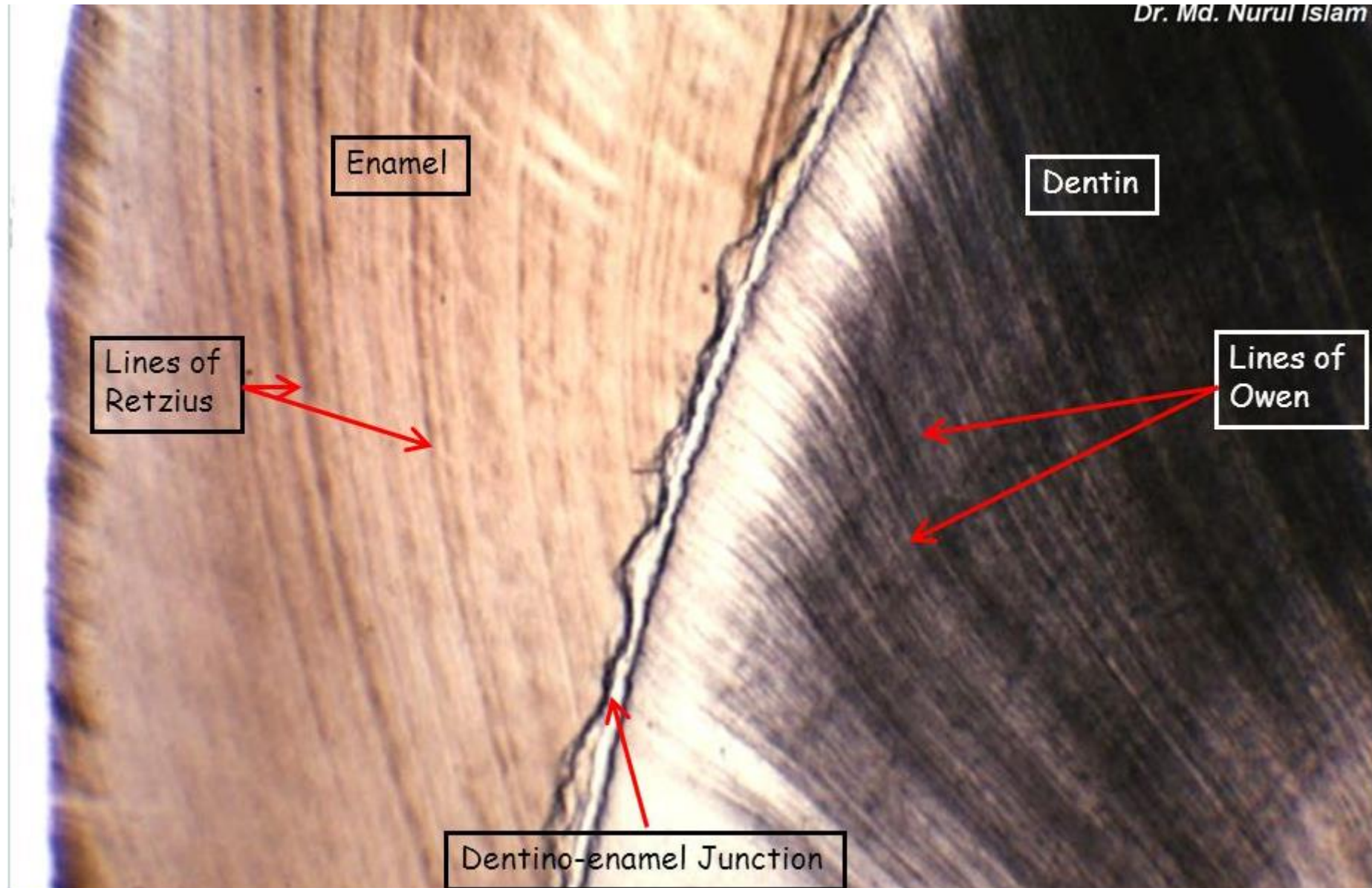
Denní – cirkadiální přírůstkové linie (krátké šipky) jsou patrné mezi Retziusovými – vícedenními proužky (dlouhé šipky)

Prasečí sklovina

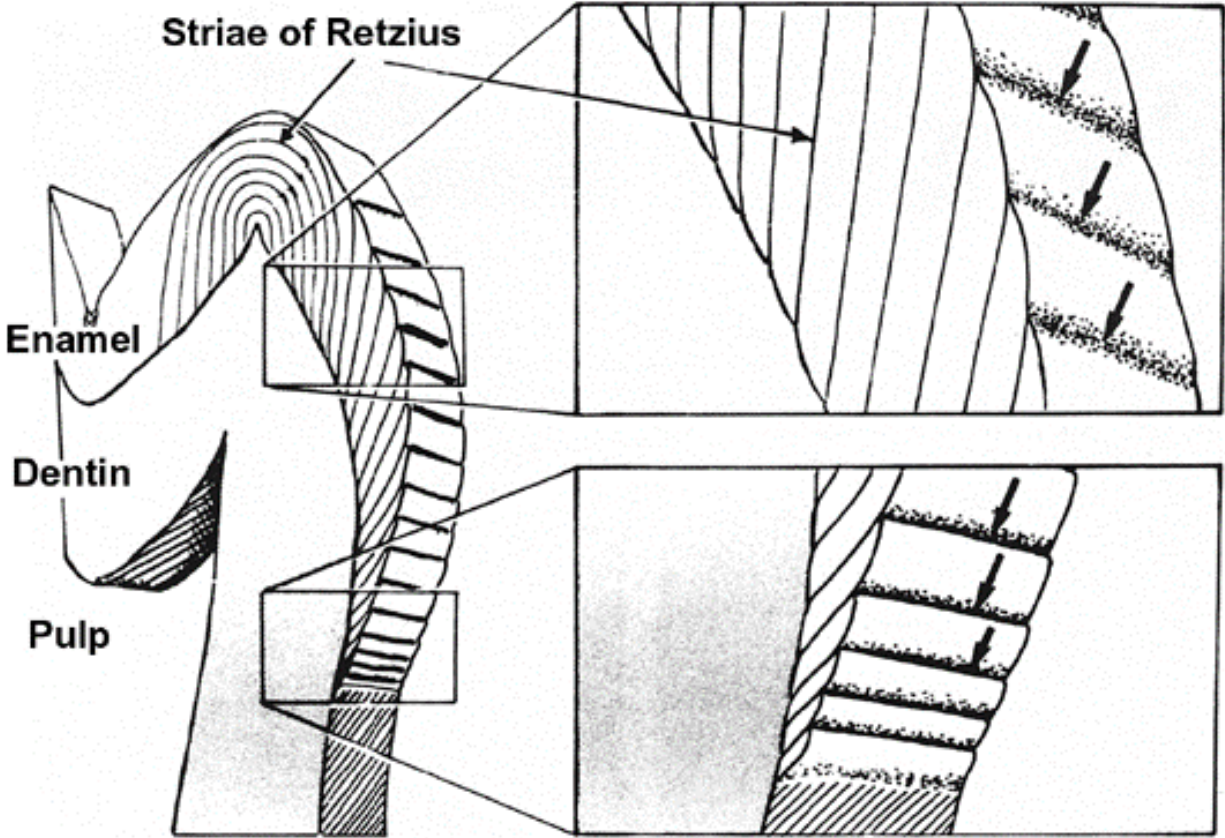
*(Timothy G. Bromage et al., 2015, American Journal of Physical Anthropology; Hard Tissue Biology, Metabolomics, and Life History)*



# Retziusovy linie



# Retziusovy linie



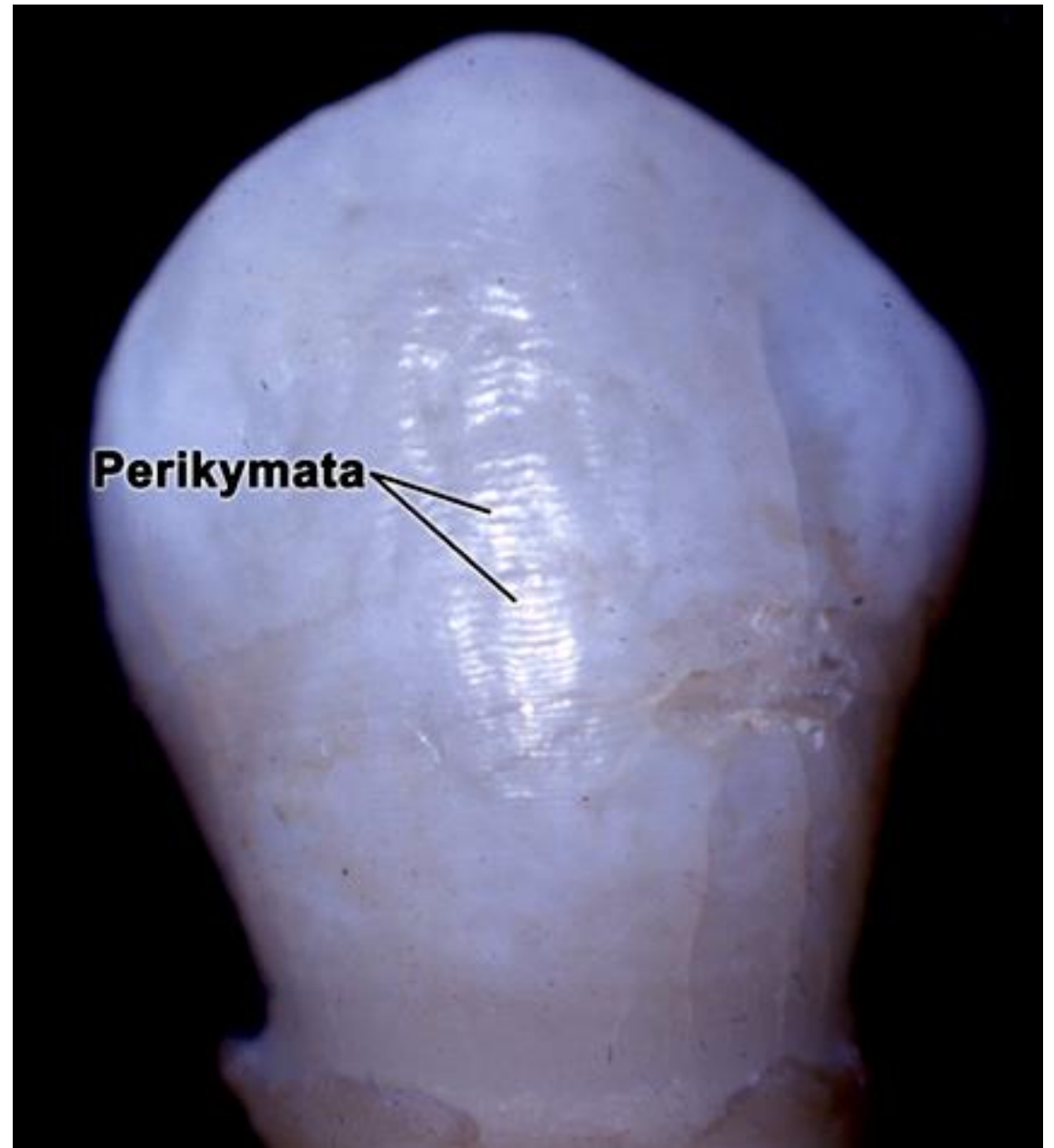
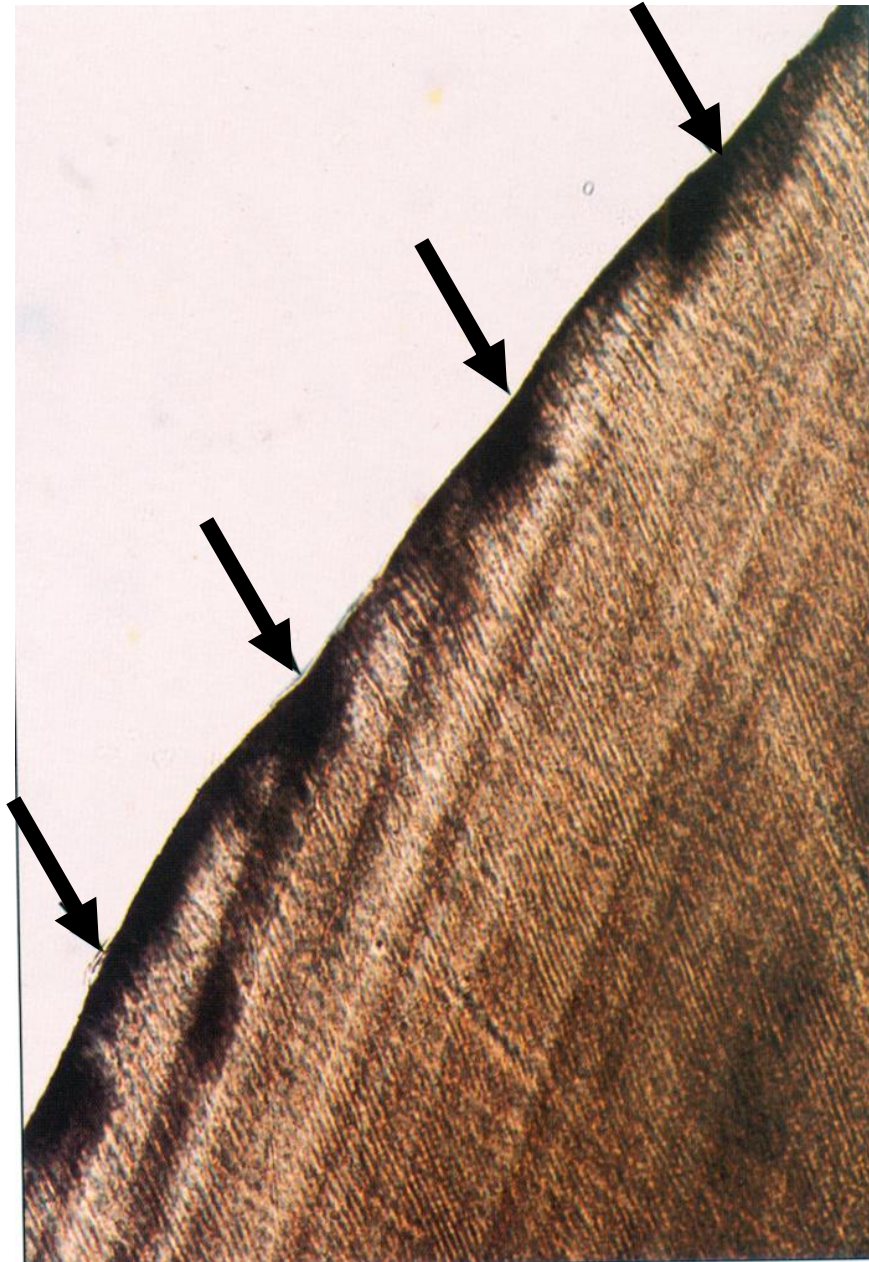
Copyright © 2003, Mosby, Inc., All rights reserved.



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

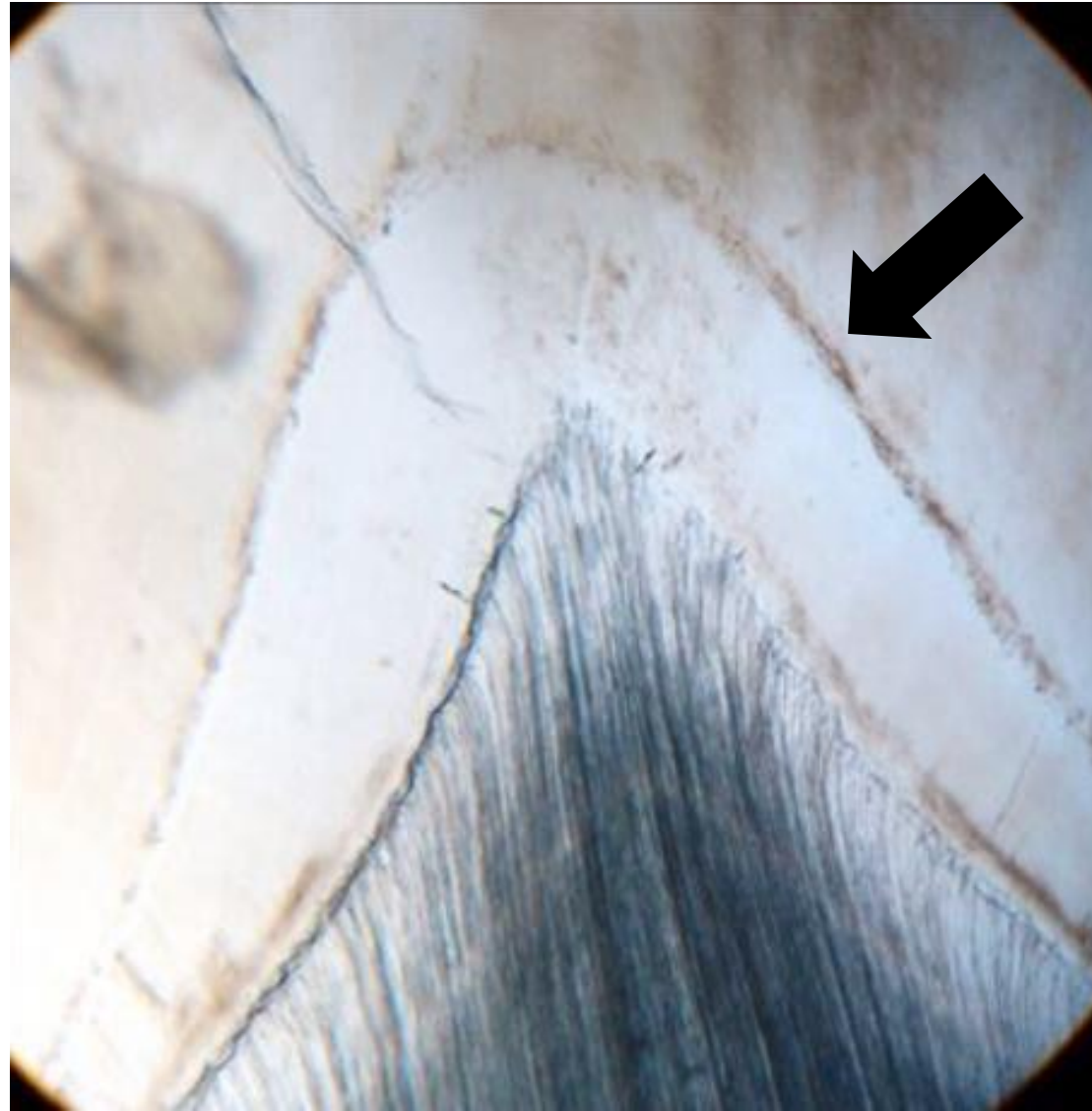


# Perikymata



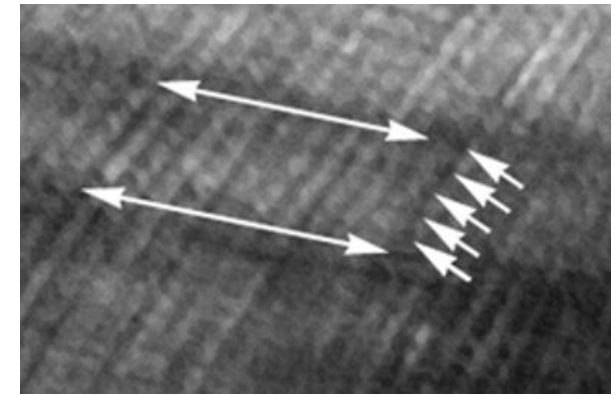


## Neonatální linie



# 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

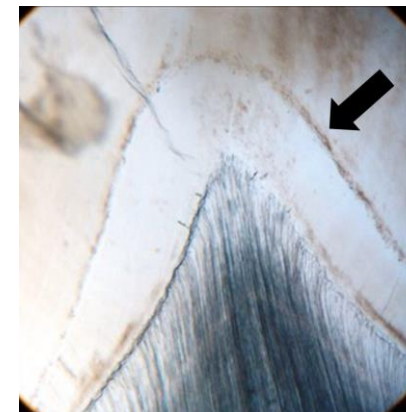
## b) Retziusovy linie (sklovinné striae)

- 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)



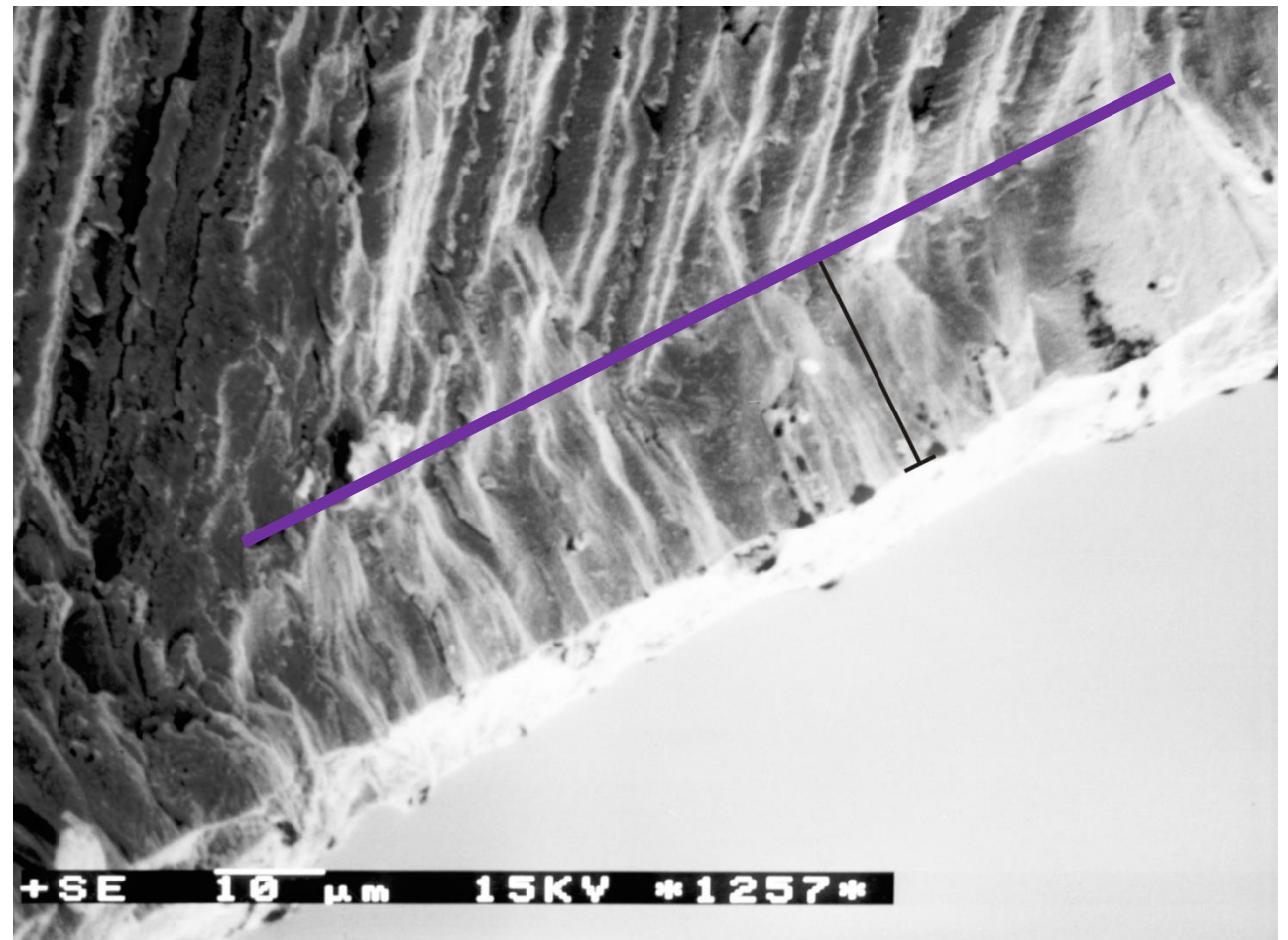
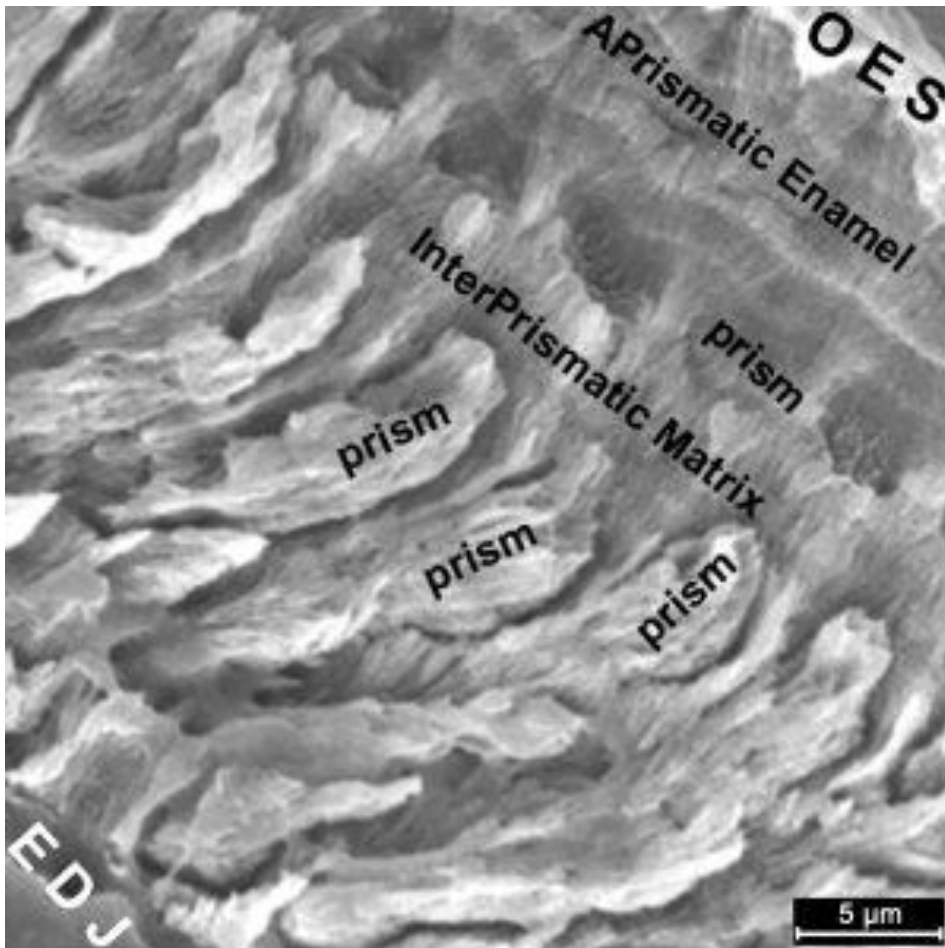
## c) Neonatální linie

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

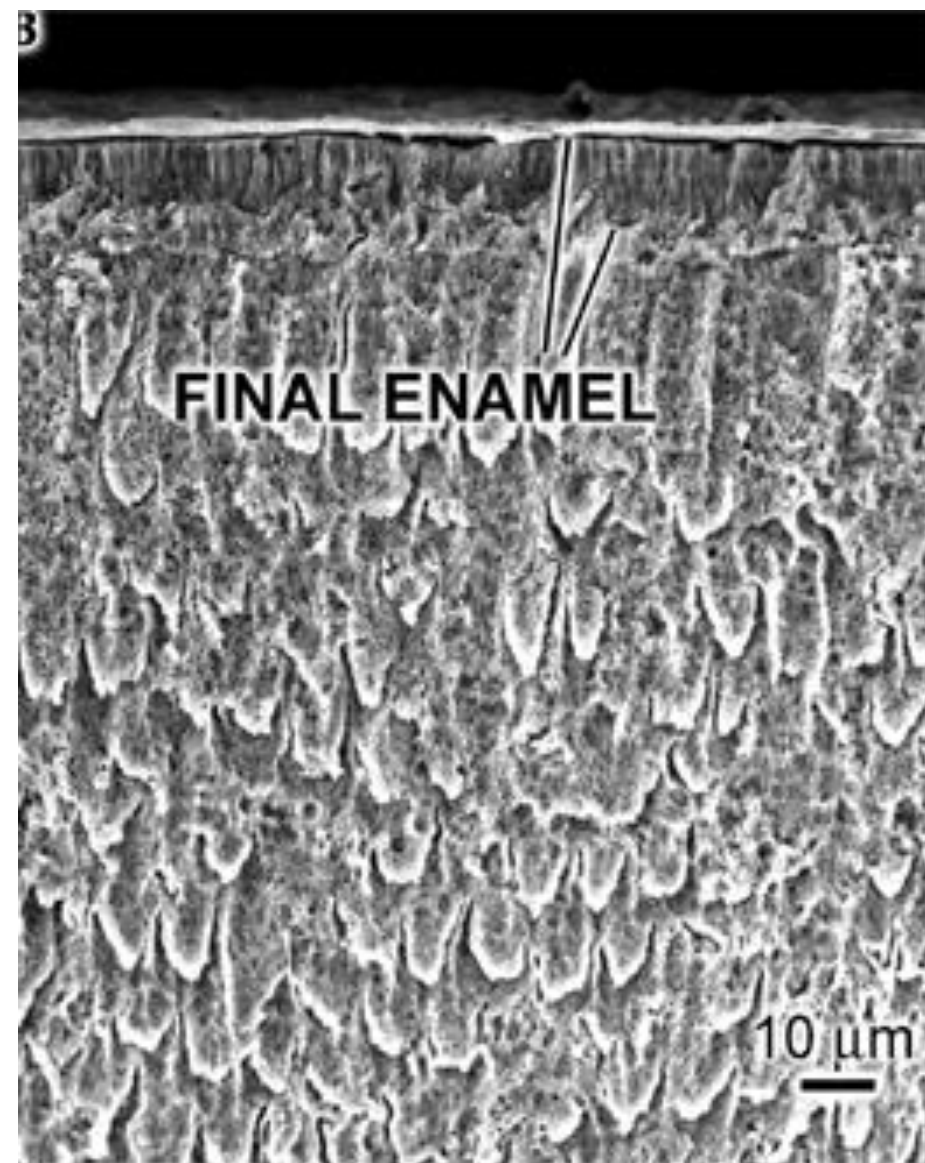
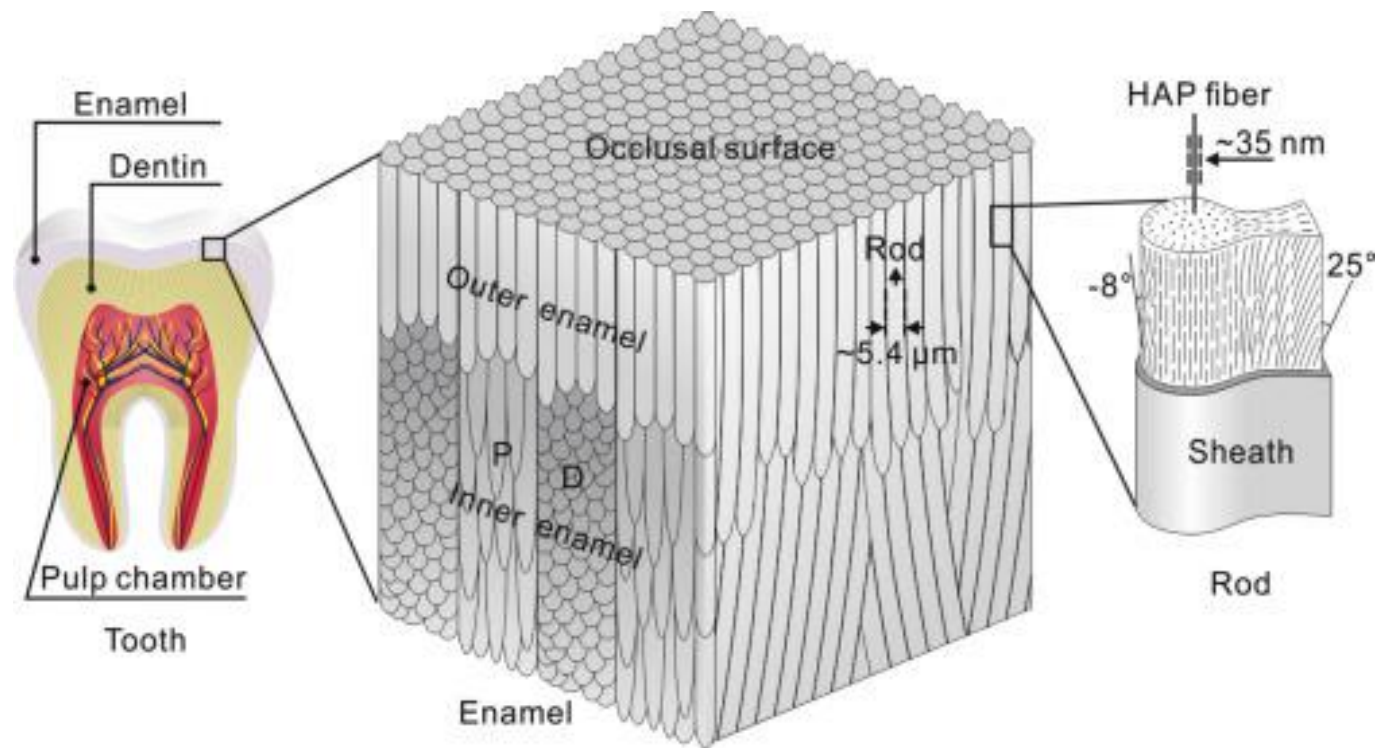


# Aprizmatická sklovina

- 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

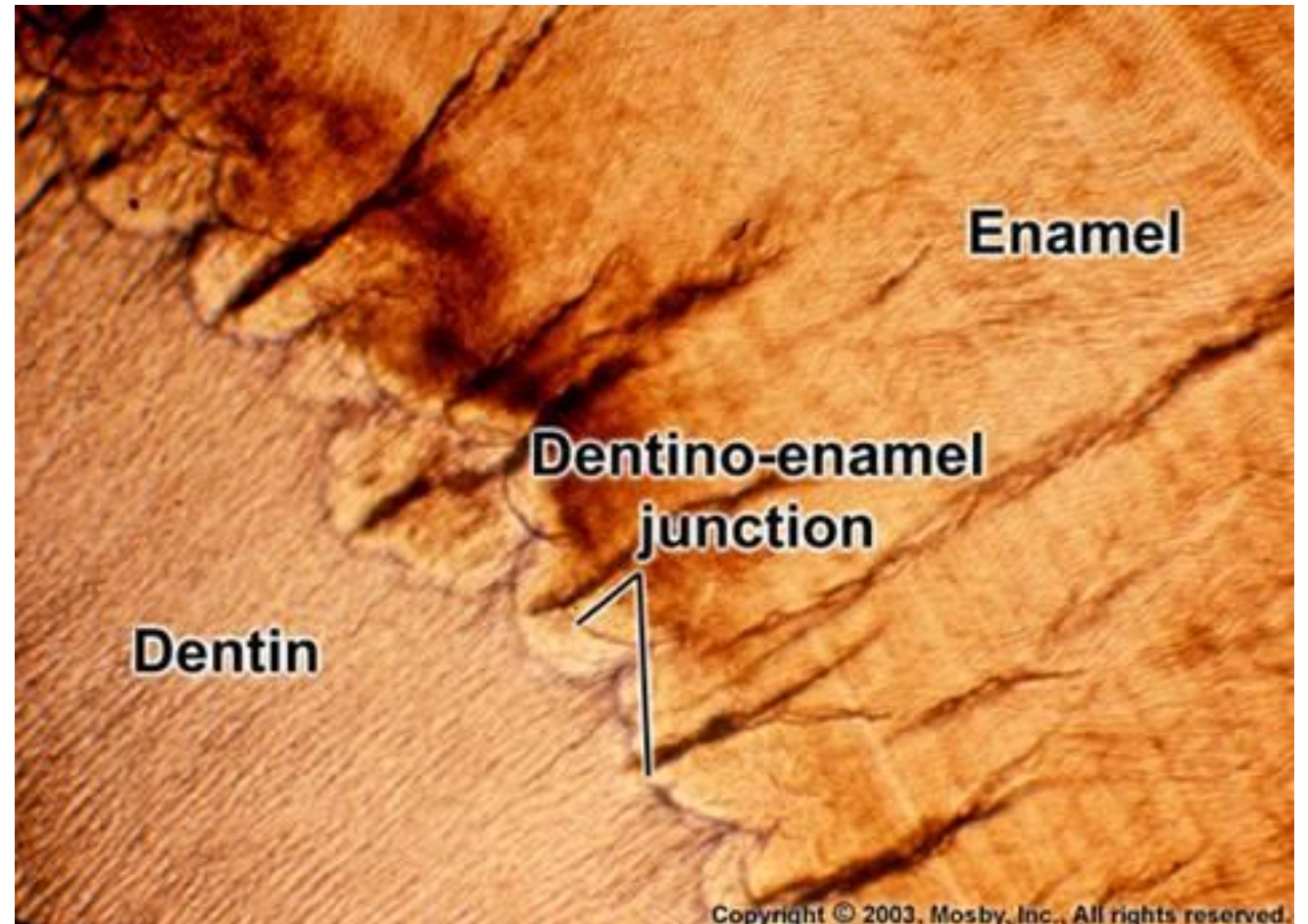
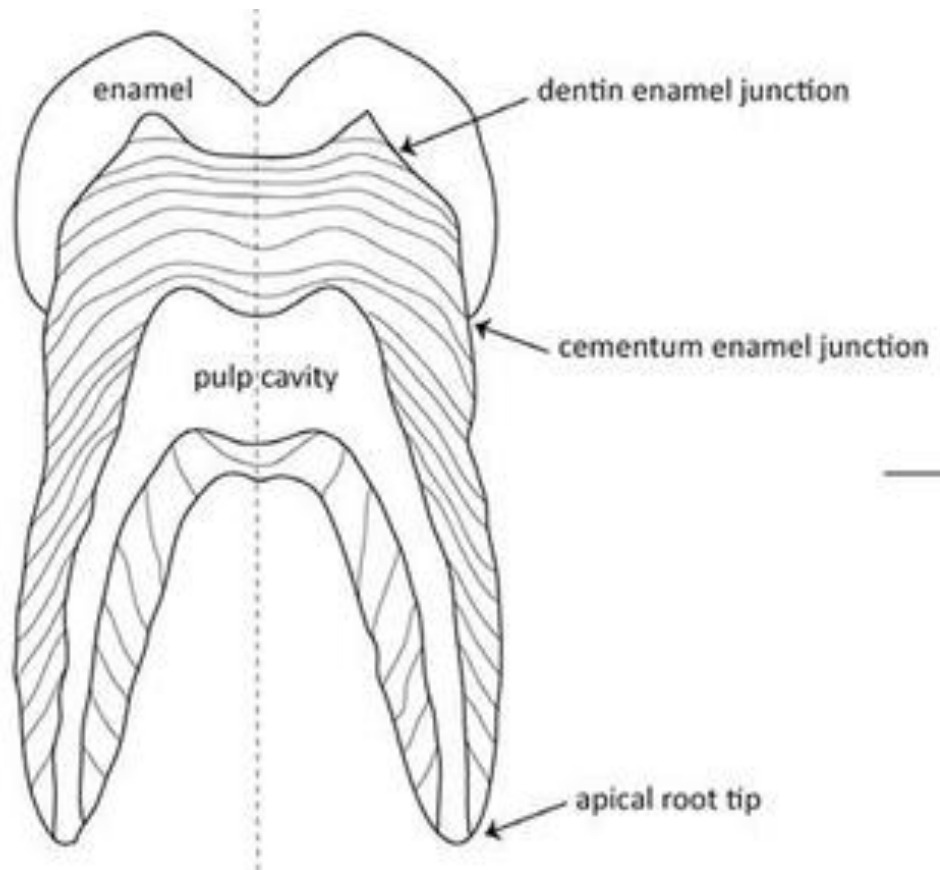






# Dentino-sklovinná hranice

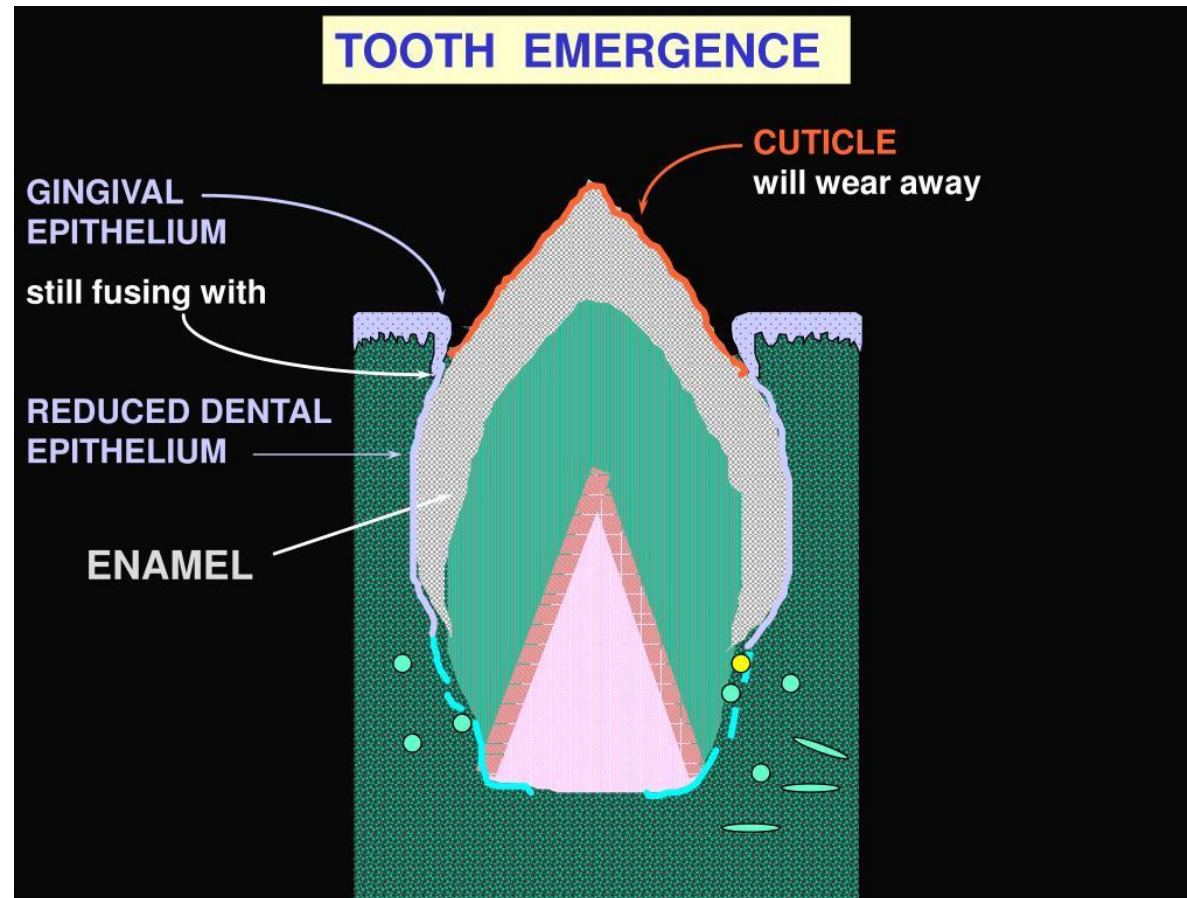
- Hranice mezi sklovinou a dentinem, tvoří funkční napojení těchto dvou tvrdých tkání.
- Vývojově se nachází v místě bývalé bazální membrány ameloblastů
- Na podélných preparátech má vroubkovaný průběh (girlandy)
- Sklovinná prizmata





## 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)

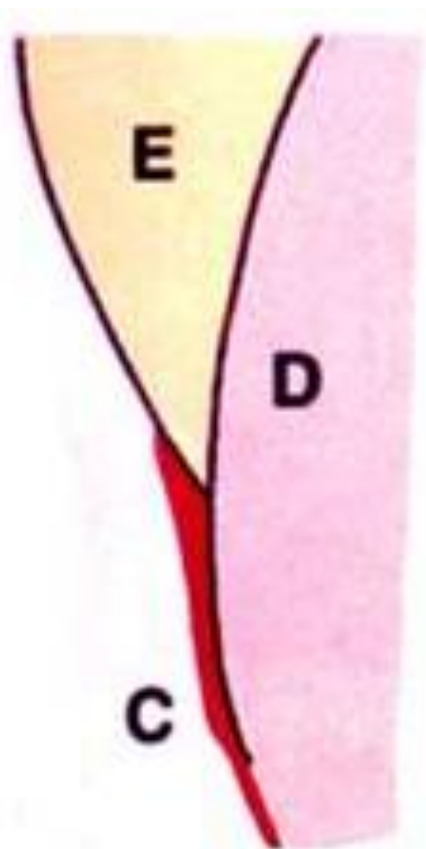
až 100 um dlouhá prodloužení  
dentinových tubulů do skloviny

# Cemento-sklovinná hranice

3 typy:

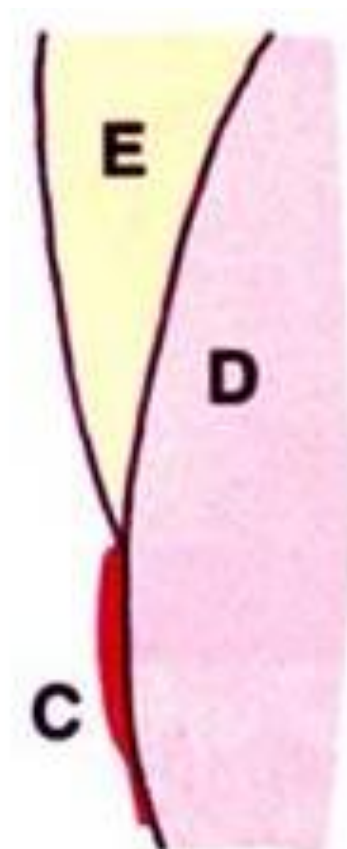
přesah cementu na sklovinu

15 %



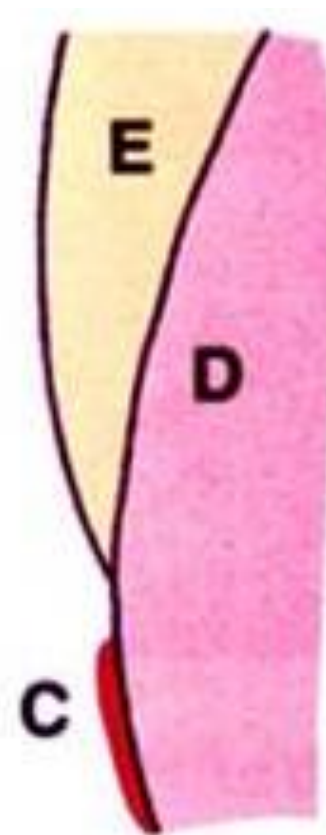
v ostré linii

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



# 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)*

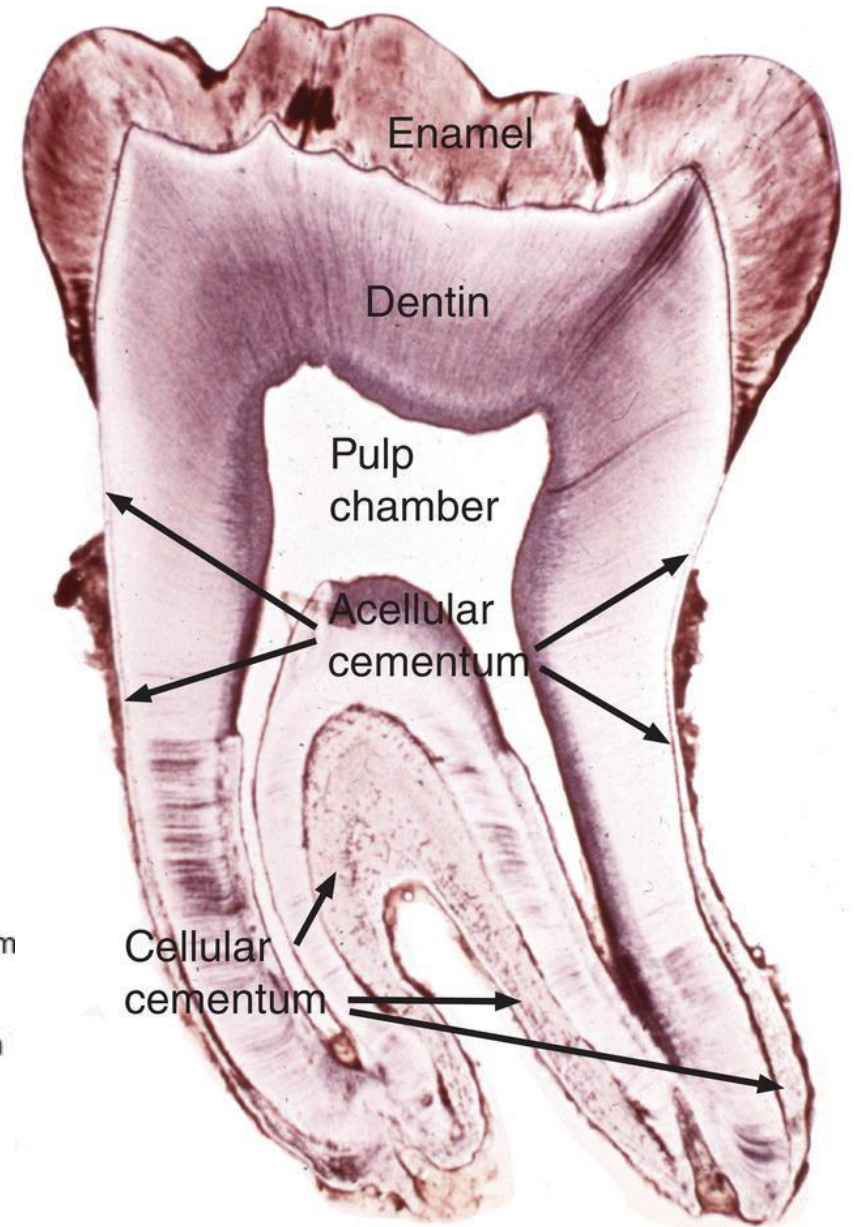
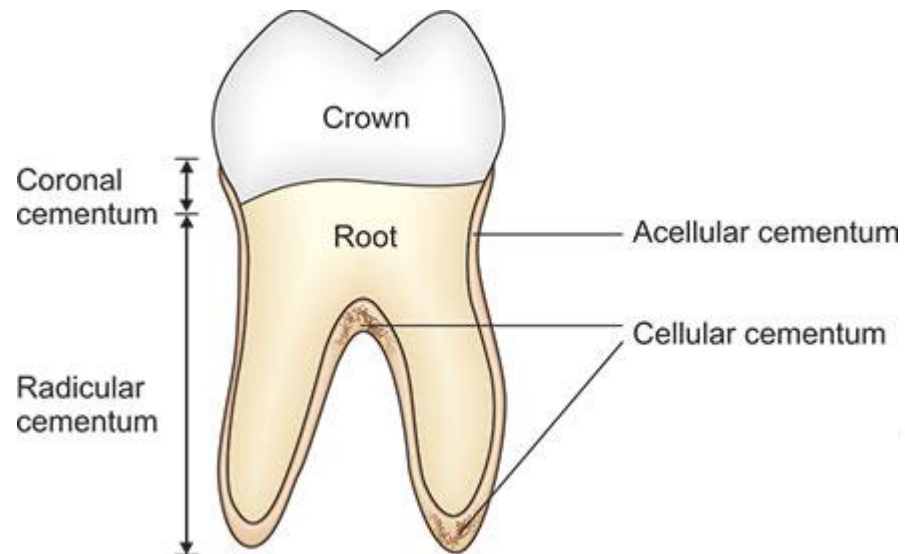


# Zubní cement

- Tvrdá, kosti podobná tkáň, kryjící kořen zuby
- 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:

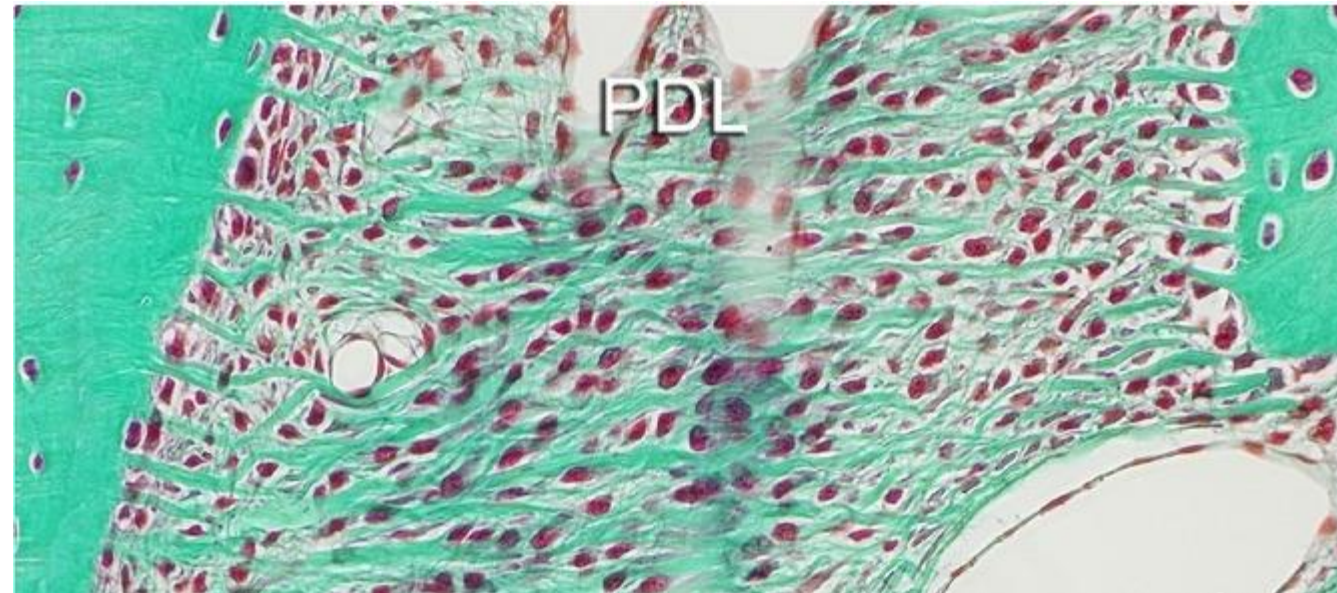
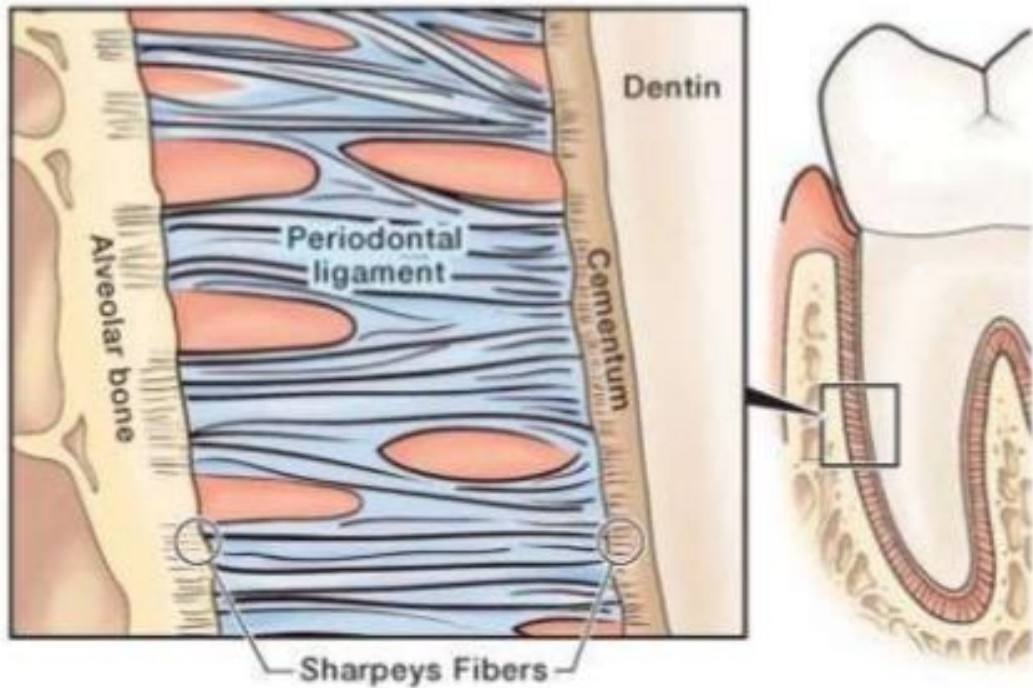
- Buněčná hmota
- ECM





# 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**

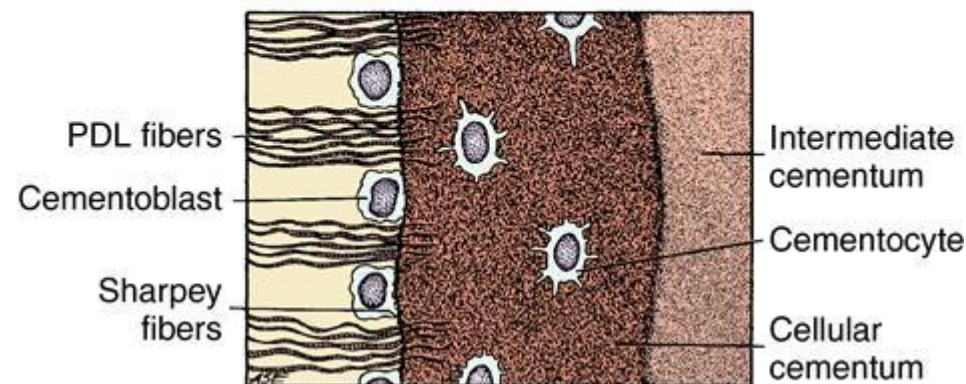
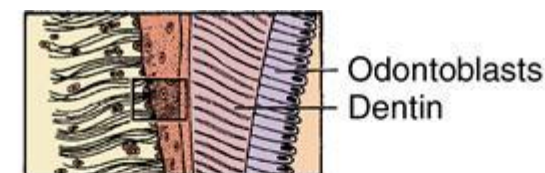
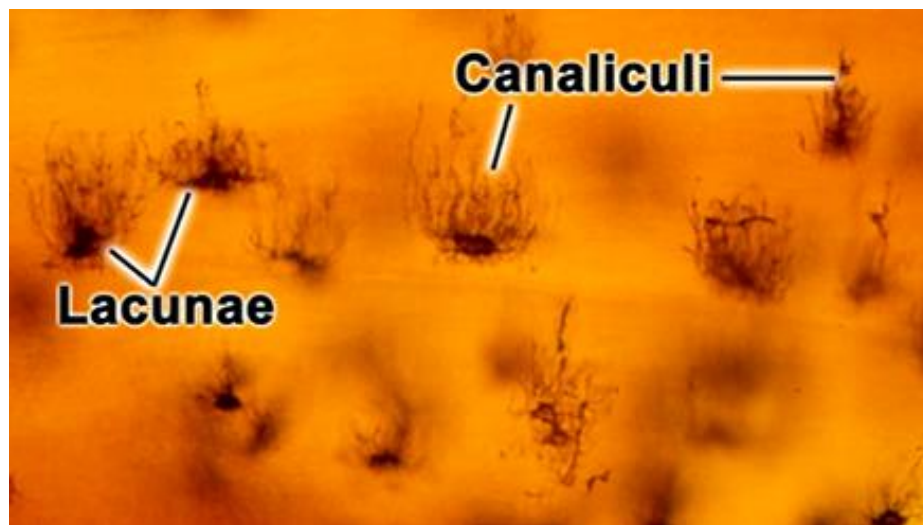
Buňky, které se aktivně podílí na tvorbě ECM

**Cementocyty**

Buňky obklopené cemenózní tkání, těla uložena v dutinkách (*lacunae*), výběžky v chodbičkách (obdoba 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  $\mu\text{m}$**

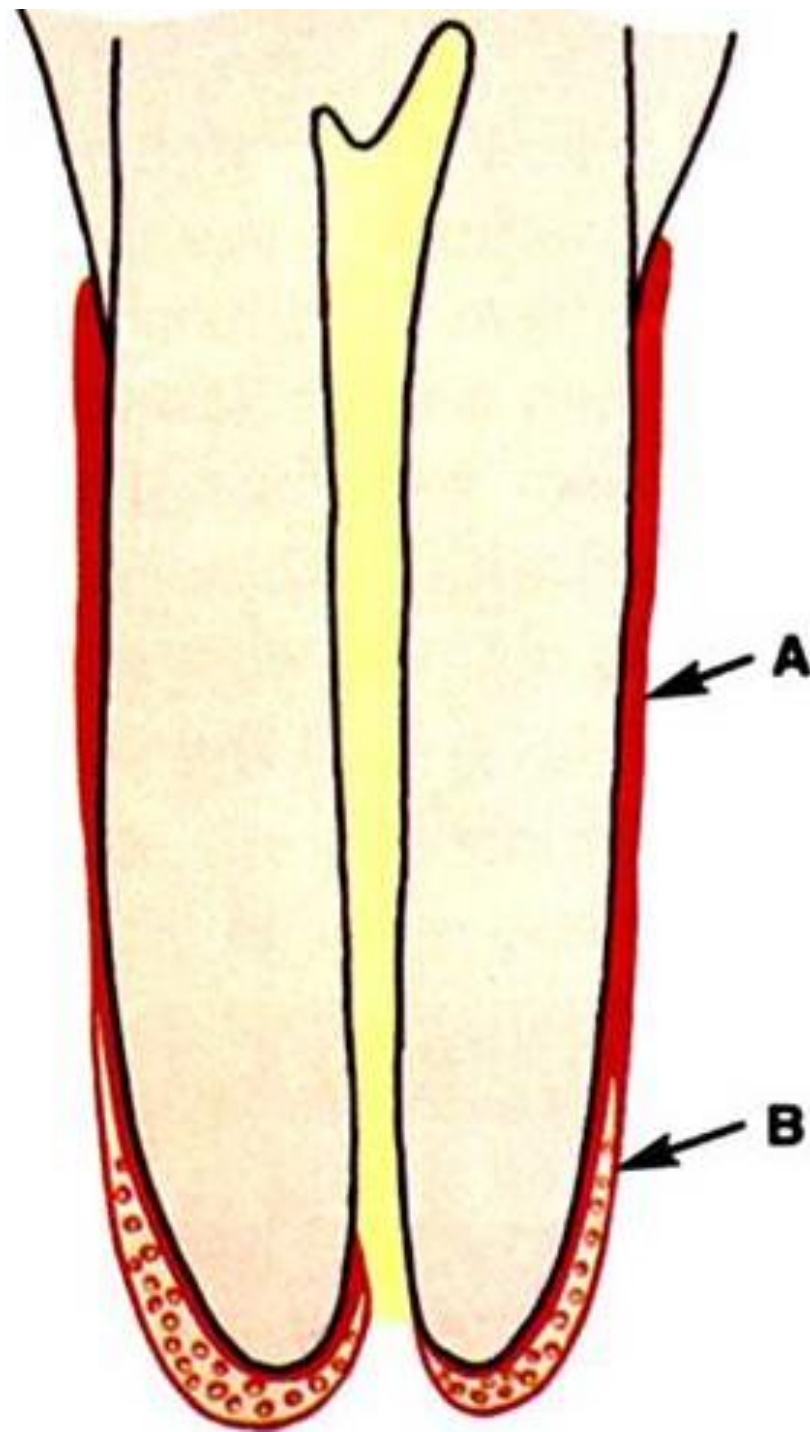
### Sekundární (celulární)

Obsahuje cementocyty

V místech zatížení nebo v důsledku stárnutí

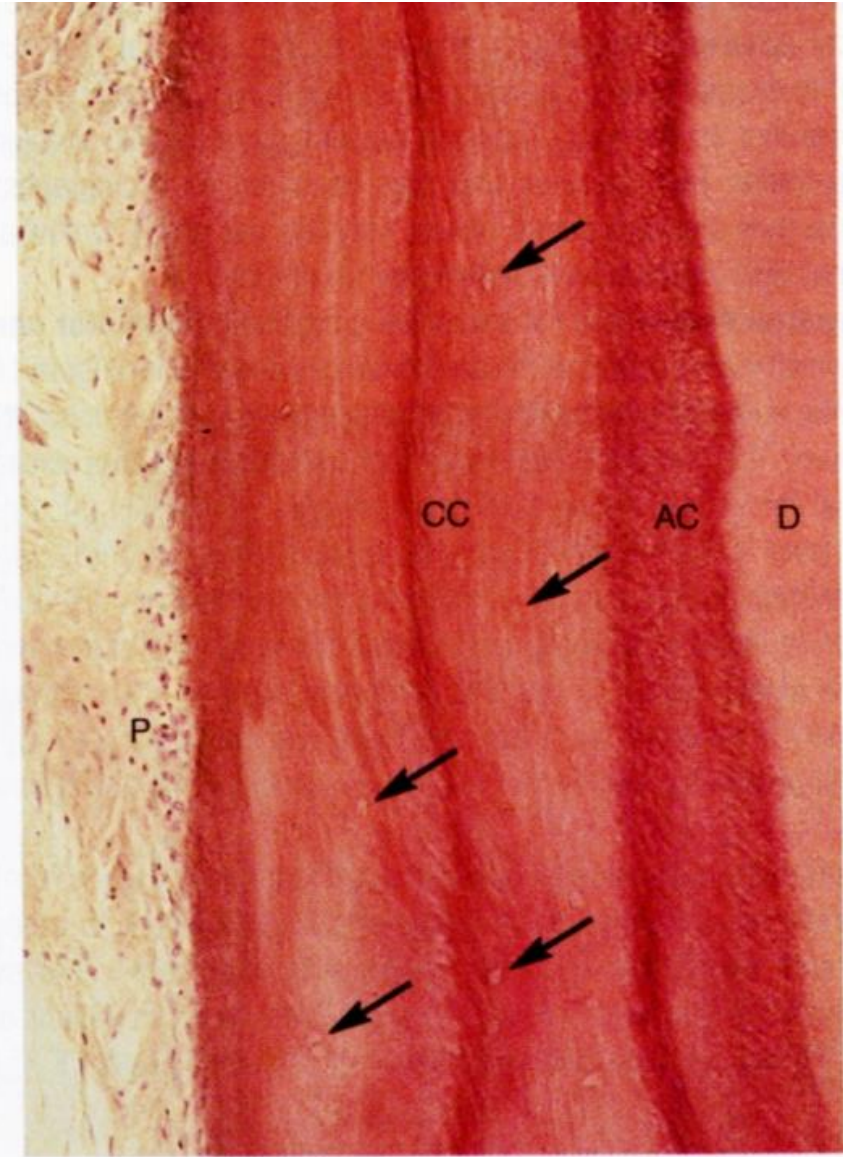
Zejména na zubních apexech

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





A



B



# Hyperplasie cementu (hypercementóza)

Abnormální ztluštění cementu

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

Nejčastější příčinou hypercementózy bývá dlouhodobé a nadměrné zatěžování zubů

Cementikly – v PDL

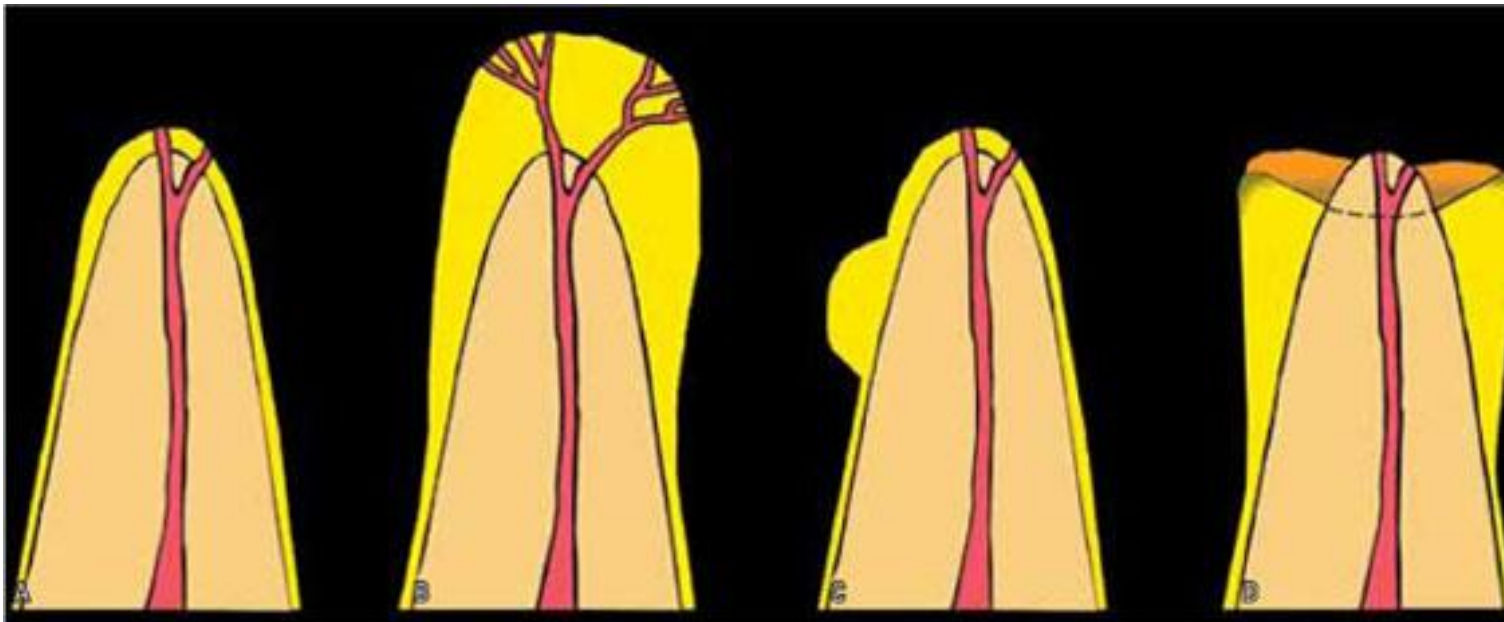
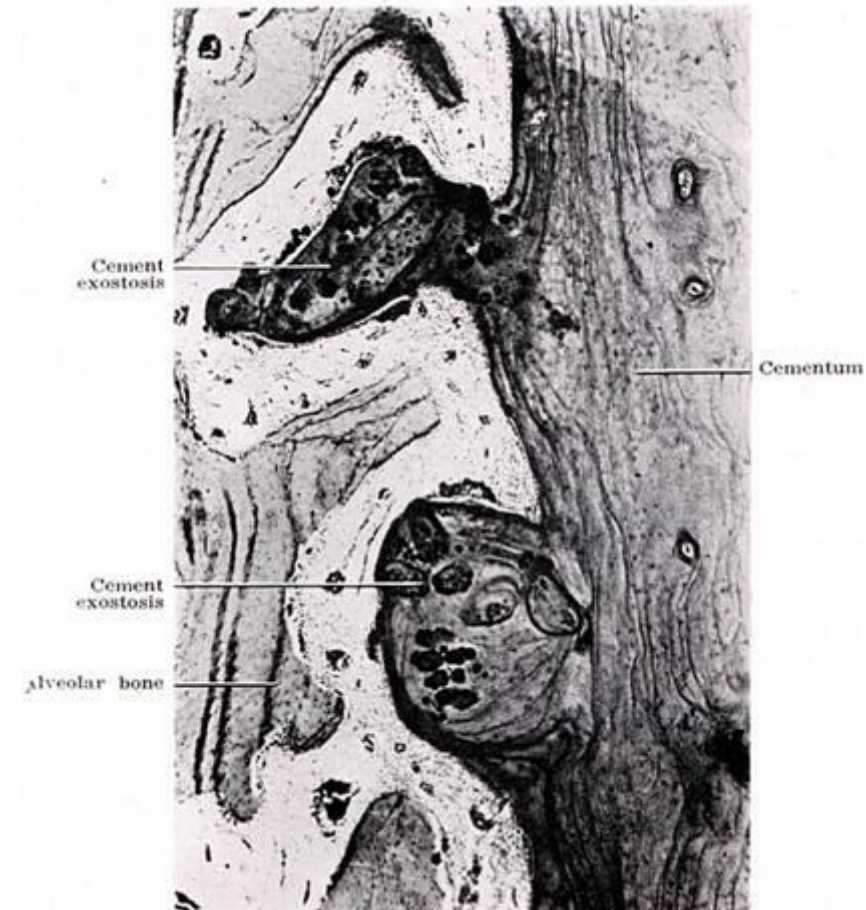
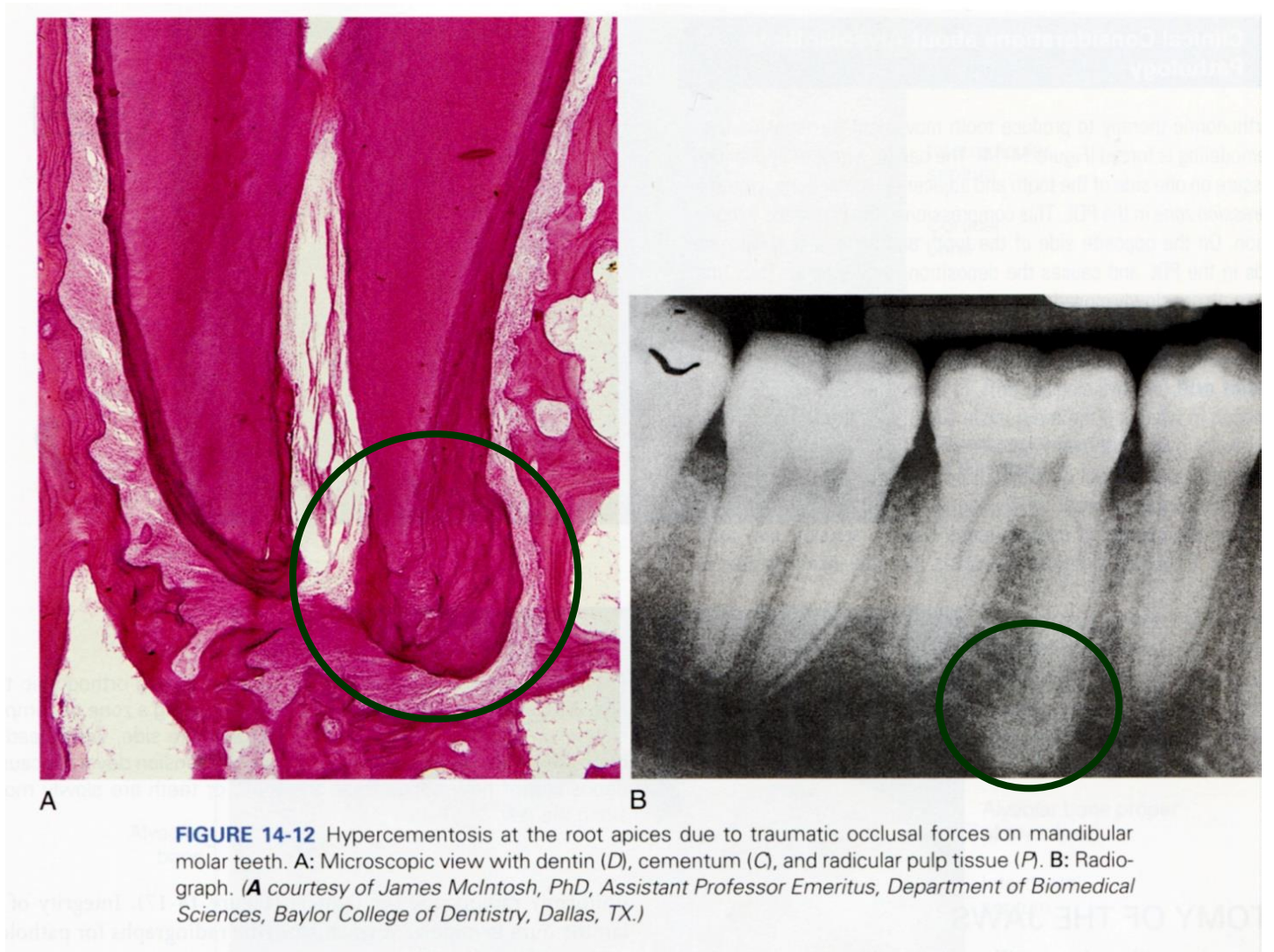


FIGURE 1 - Morphological types of hypercementosis: In (A) the root is normal; in (B) diffuse hypercementosis, when the root assumes a club shape. In (C) focal or localized hypercementosis, which is restricted to an isolated root surface; in (D) hypercementosis in the shape of a shirt sleeve cuff, which 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.)



# Lymfatický patrový okruh = Waldeyerův mízní okruh

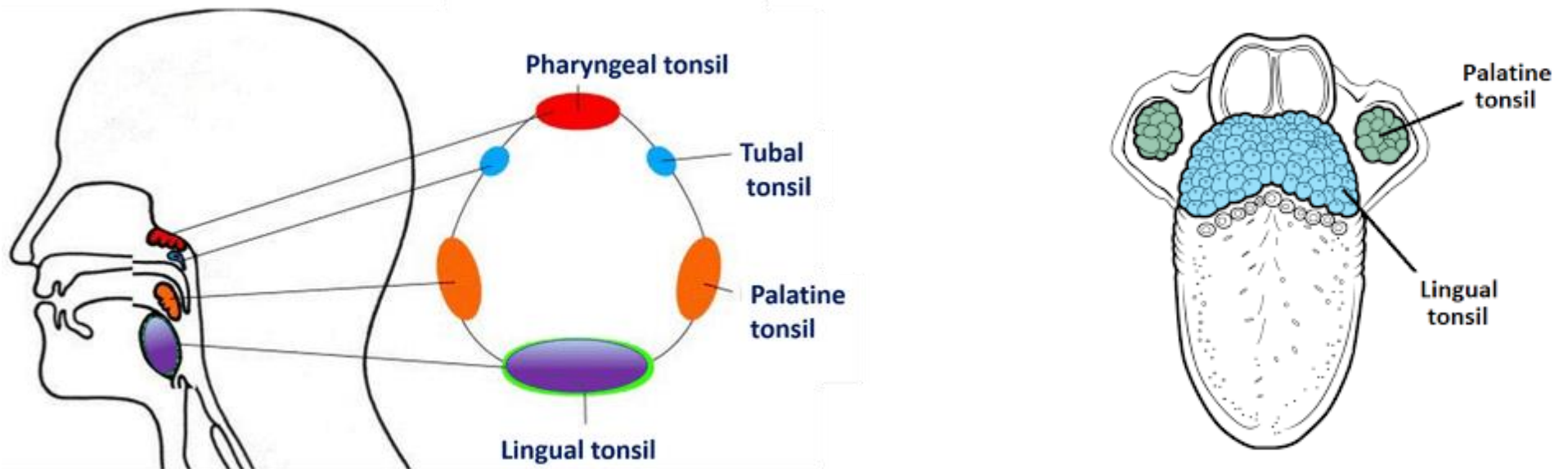
Soubor **periferních lymfatických orgánů** uložených při vstupu do naso- či orofaryngu

Celkem 6 (párové *tonsillae palatinae*, *tonsillae tubariae*, *tonsilla lingualis*, *tonsilla pharyngea*)

**Slizniční útvary** - u kterých je lamina propria prostoupena lymfatickou tkání:

**B - dependentní oblasti - sekundární lymfatické folikuly**

**T- dependentní oblasti - interfolikulární zóny**



# Tonsilla palatina - patrová mandle

Vpravo a vlevo mezi glosopalatinálním a faryngopalatinálním obloukem, ovoidní tvar, členitý povrch - větvené **tonzilární krypty**, jichž bývá až 35 (obsahují detritus), mandle oddělena **vazivovým pouzdem** (může vybíhat v septa)

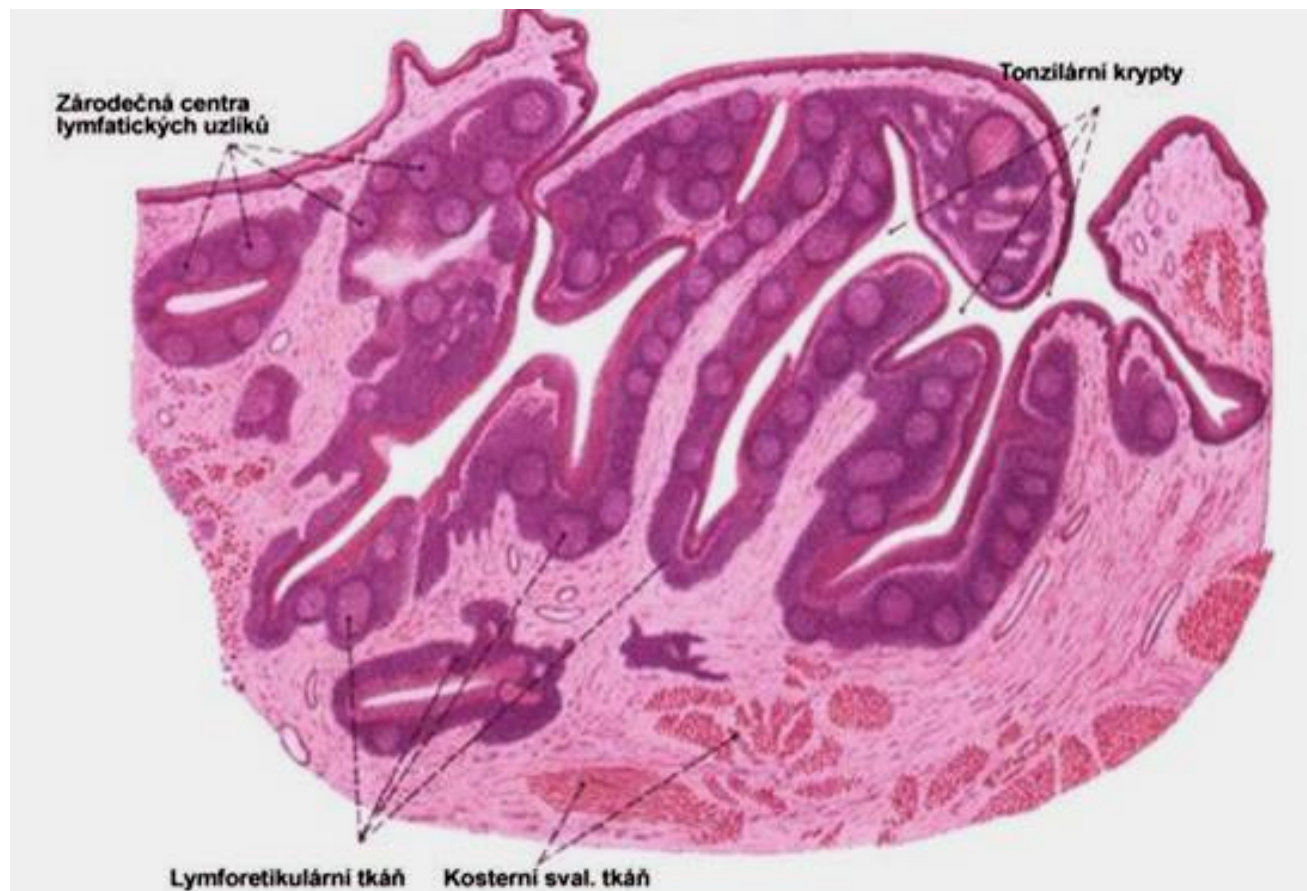
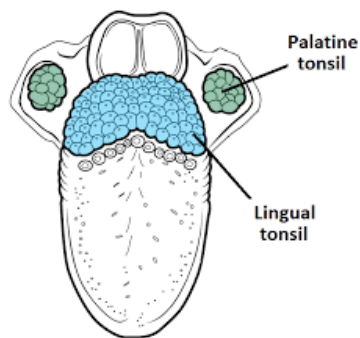
Povrch patrové mandle kryje **mnohvrstevný dlaždicový epitel**

**V lamina propria** velké lymfatické folikuly se světlými zárodečnými centry (tmavší okraj – korona)

Světlejší střed - obsahuje **centroblasty**

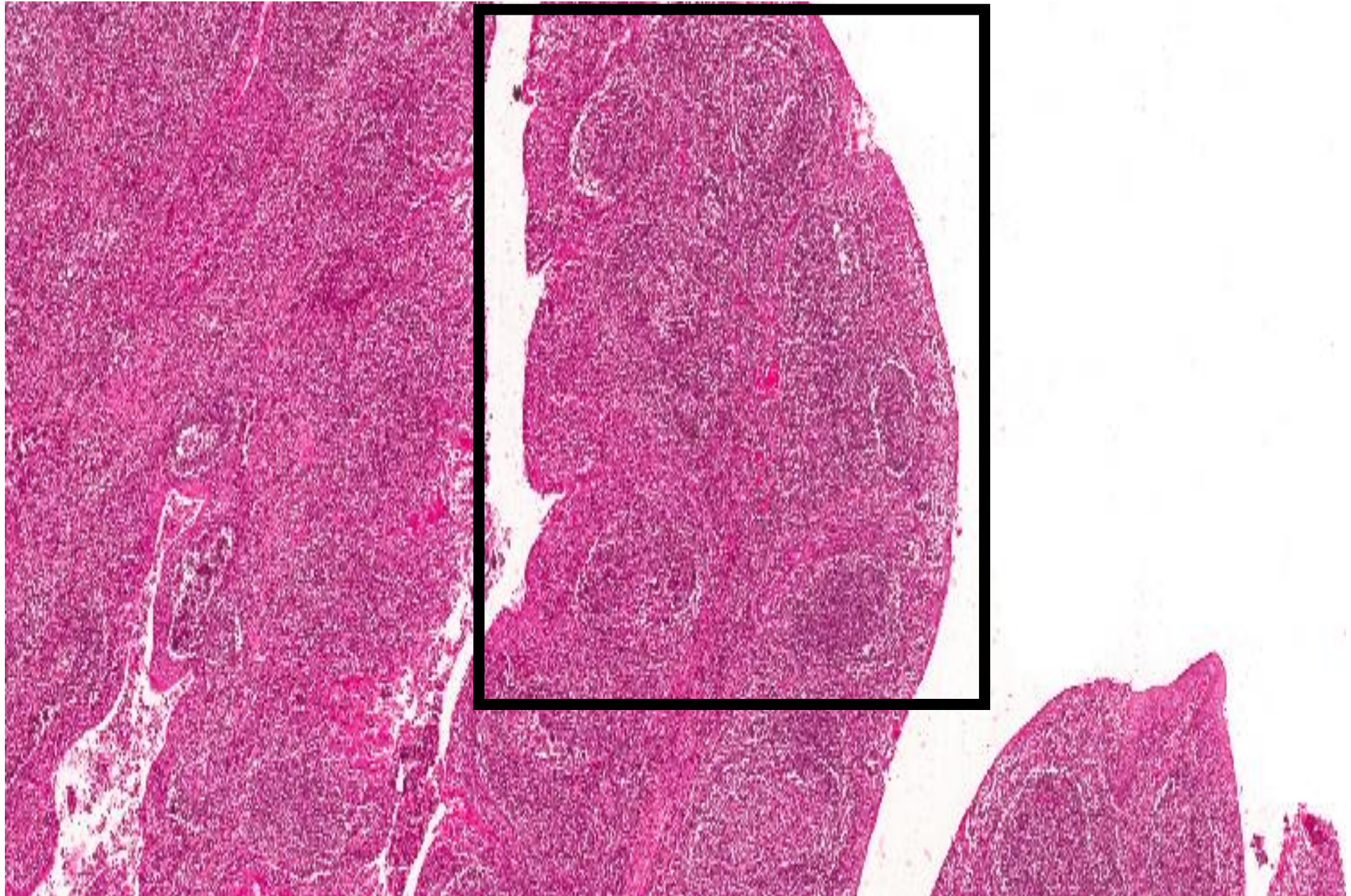
Epitel nad uzlíky (odlišnosti): Stavba epitelu jako celku a kontakty mezi buňkami **velmi rozvolněny**, způsobeno infiltrací lymfocyty, makrofágy, dendritickými buňkami, **nesouvislá bazální membrána**

**FAE** – (follicle associated epithelium) epitel asociovaný s folikuly





# Tonsilla palatina





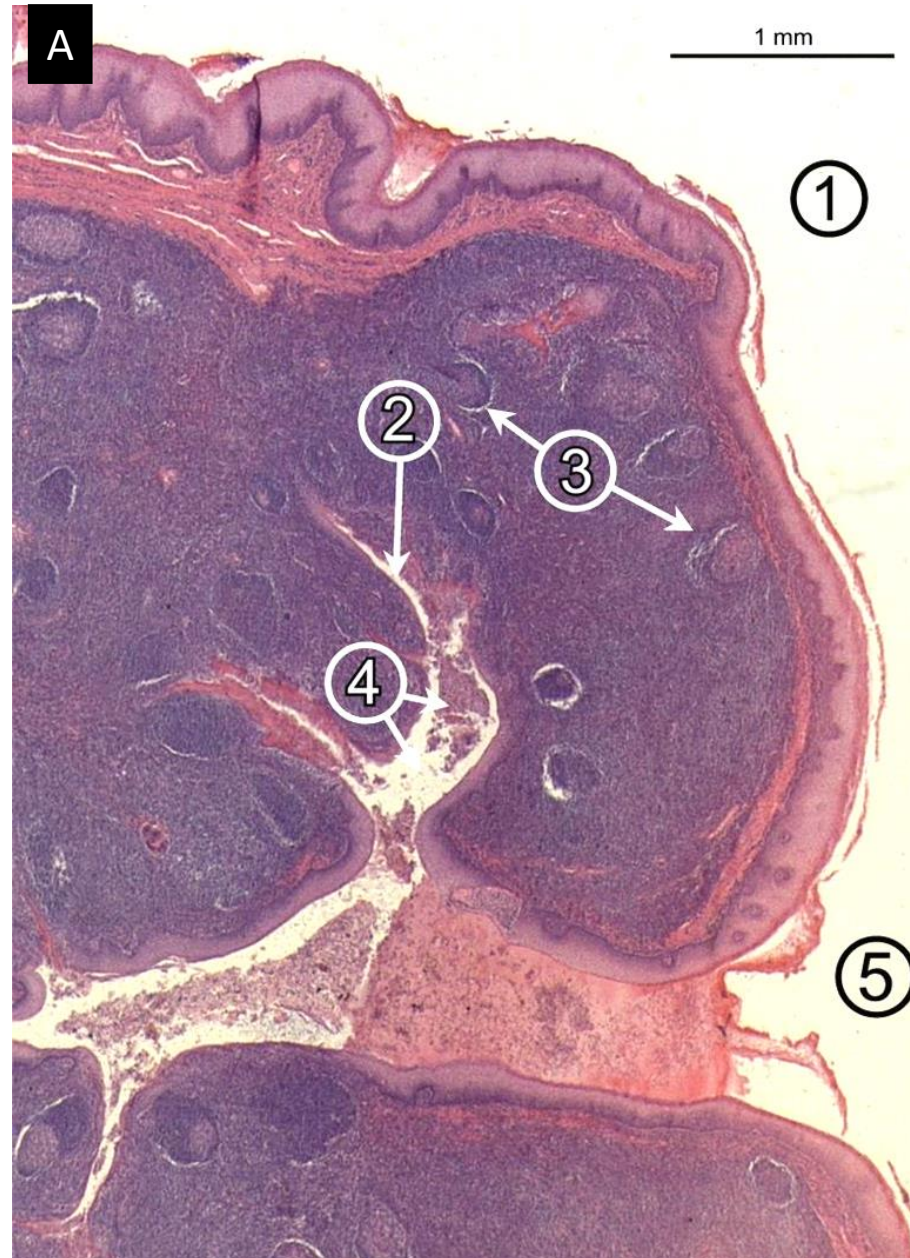
# Tonsilla palatina

Lymfocyty, které pronikly až do ústní dutiny se označují jako **slinná tělíska**  
Z detritu v kryptách při zánětu mandlí vznikají **tonzilární čepy**

**A**

## Přehledný obraz tonsilla palatina

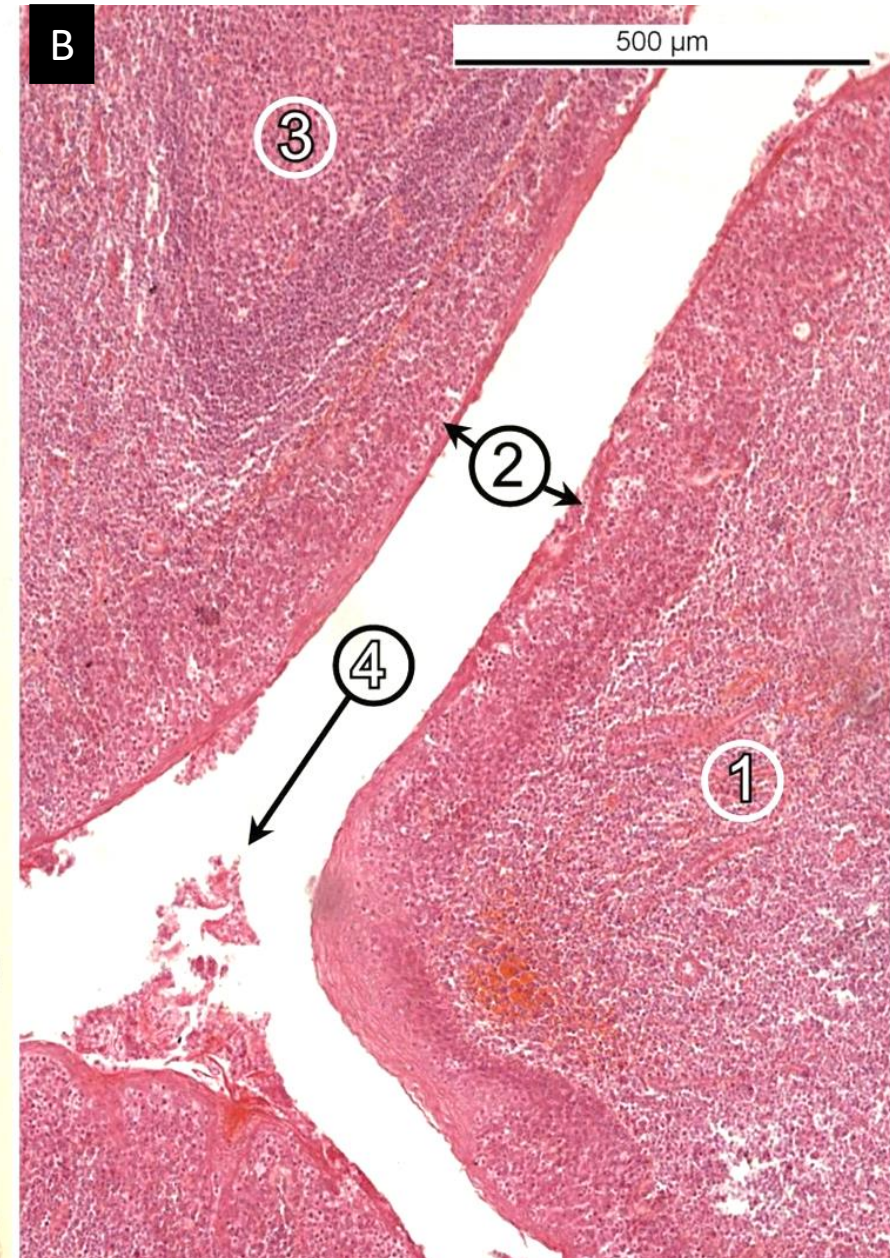
- 1 – vrstevnatý dlaždicový epitel
- 2 – rozvlákněný epitel při prostupu lymfocytů do tonzilárních krypt
- 3 – sekundární lymfatické folikuly
- 4 – detritus v tonzilární kryptě
- 5 – fossa tonsillaris



**B**

## Detail tonzilární krypty

- 2 – rozvlákněný epitel
- 3 – germinativní centrum lymfatického folikulu
- 4 – detritus v tonzilární kryptě





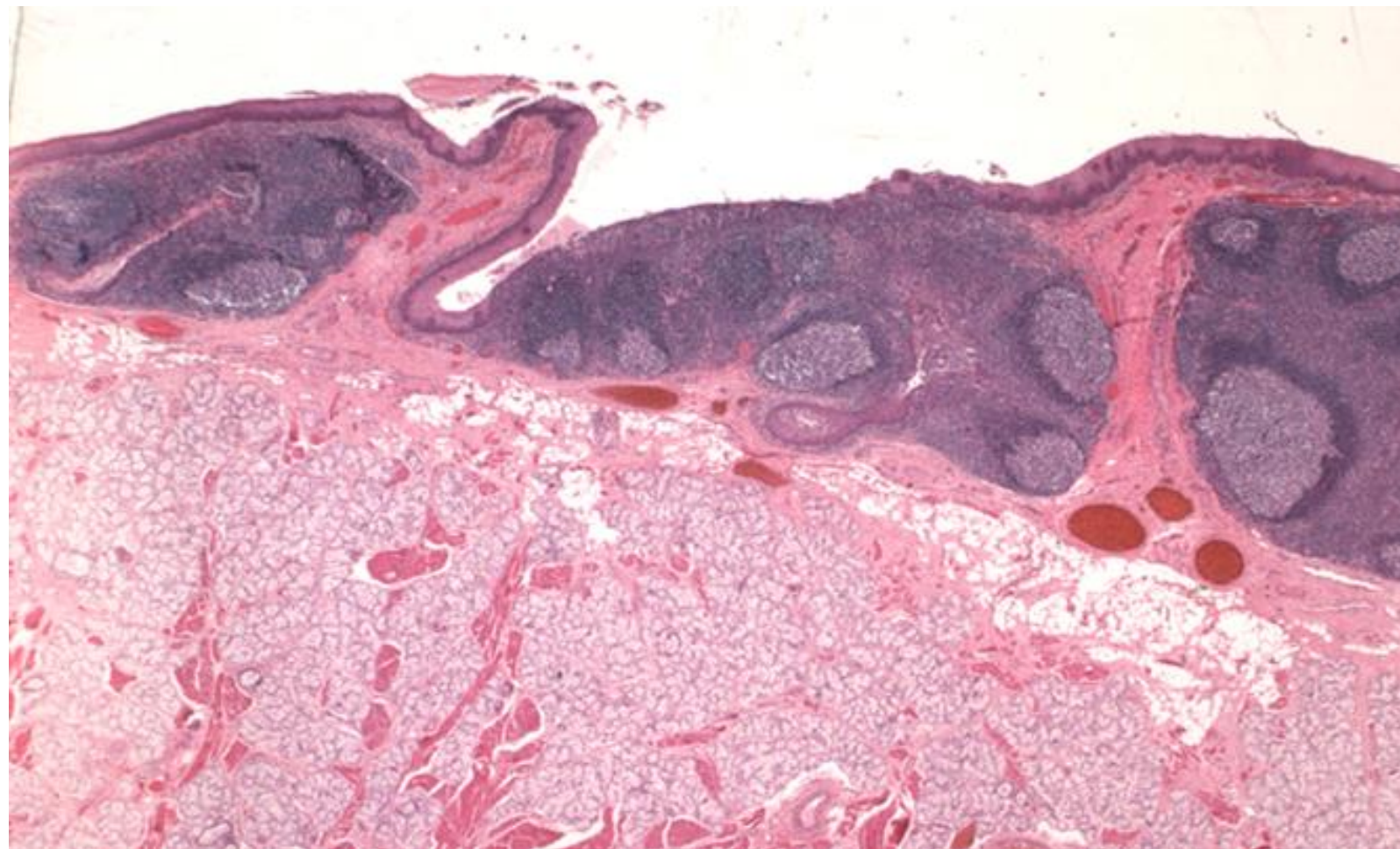
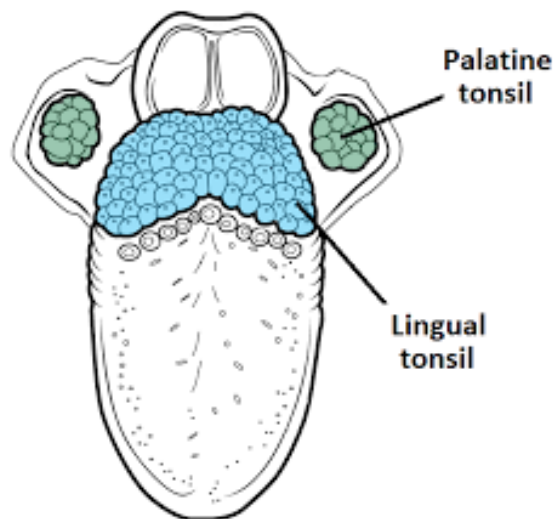
# Tonsilla lingualis – jazyková mandle

Soubor lymfatických uzlíků (*folliculi linguales*) v **lamina propria** sliznice na radix linguae

Lehce hrboletý povrch krytý **vrstevnatým dlaždicovým epitelem**

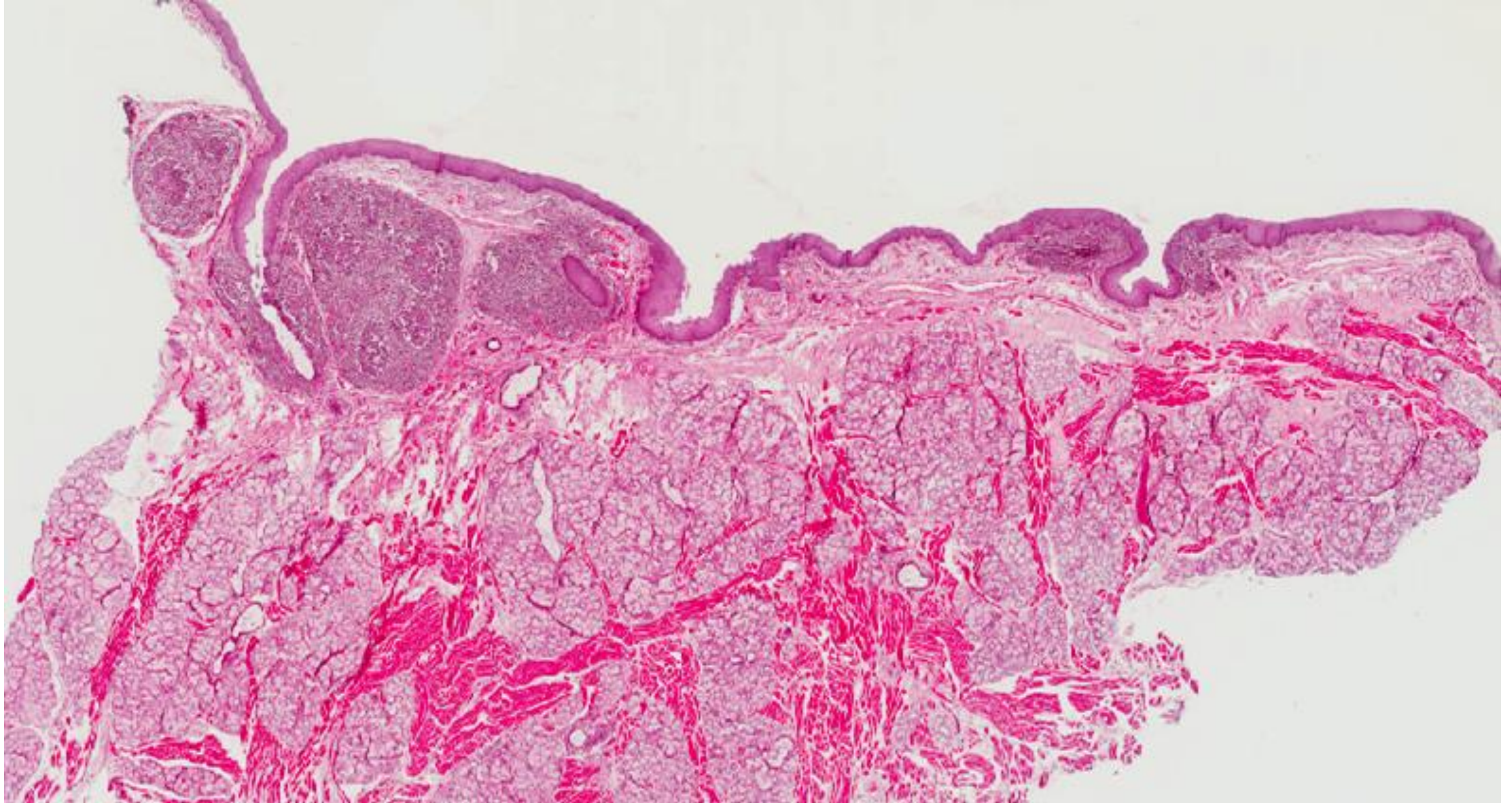
Na dně mělkých krypt se otevírají vývody čistě mucinózních Weberových žlázek (*gll. Linguales posteriores*)

Krypty neustále proplachovány - **neusazuje se detritus**; pouzdro není příliš zřetelné





## Tonsilla lingualis





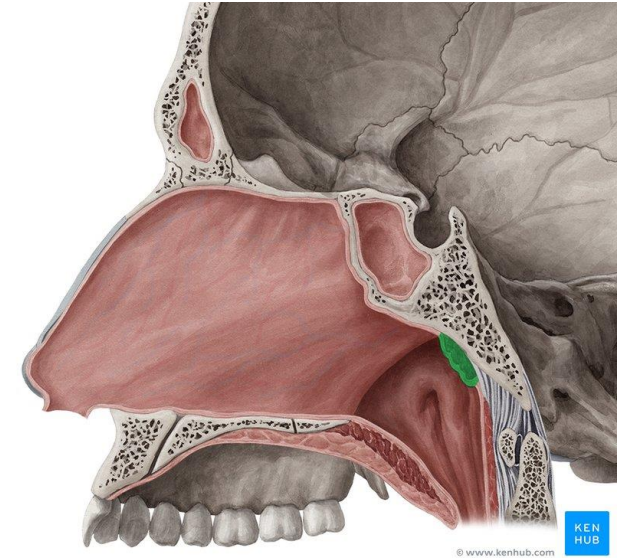
# Tonsilla pharyngea – nosohltanová mandle (en. Adenoid)

Nachází se na horní stěně pars nasalis pharyngis

Od ostatních tonsil se liší tím, že je převážně kryta **víceřadým cylindrickým epitelem s řasinkami**, který může obsahovat i pohárkové buňky

Má mělké tonsilární krypty

V dětském věku tonsilla pharyngea často hypertrofuje a ztěžuje dýchání nosem (tzv. **adenoidní vegetace**)



# Tonsilla tubaria – trubicová mandle (tonsilla Gerlachi, Eustachian tonsils)

Párová tonsila

Soubor malých lymfatických uzlíků v lamina propria sliznice při ostium pharyngeum tubae auditivae (Eustachova trubice)

