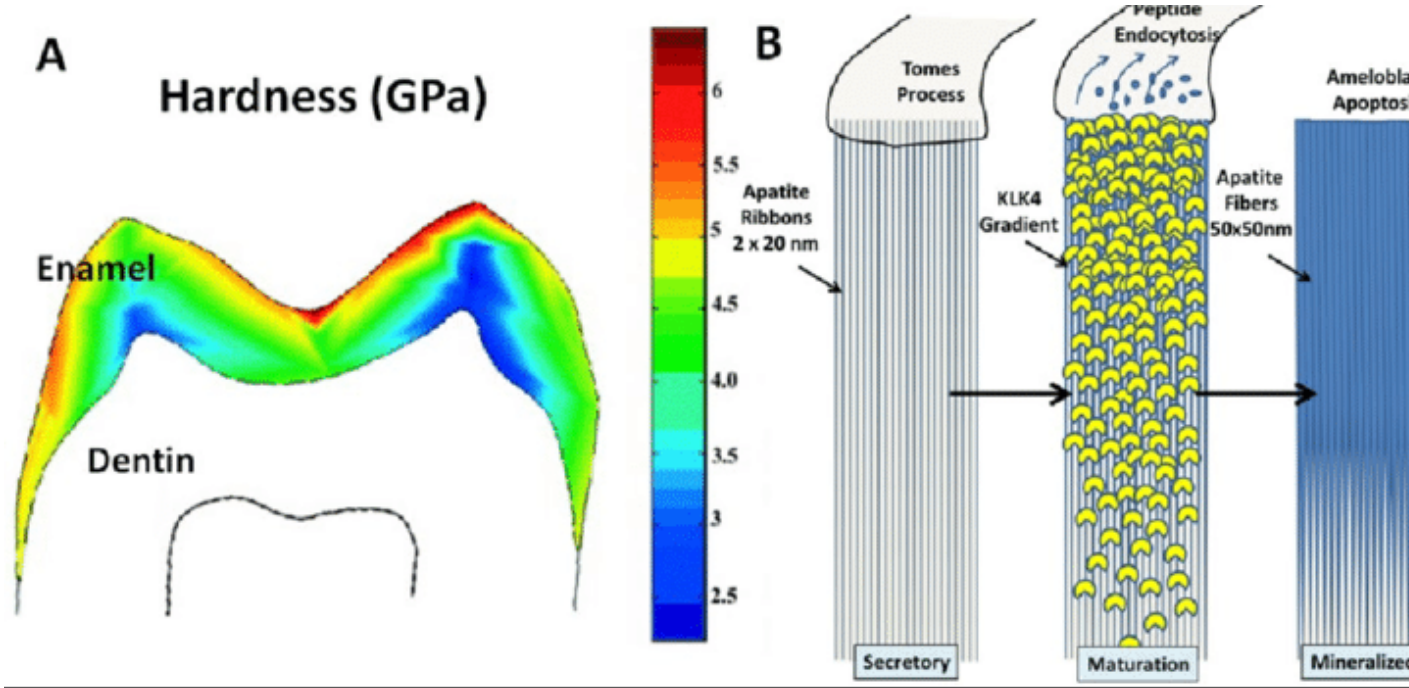


Sklovina a cement

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 (aprismatická)
- **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 %

Proteiny nekolagenové povahy

a) Amelogeniny

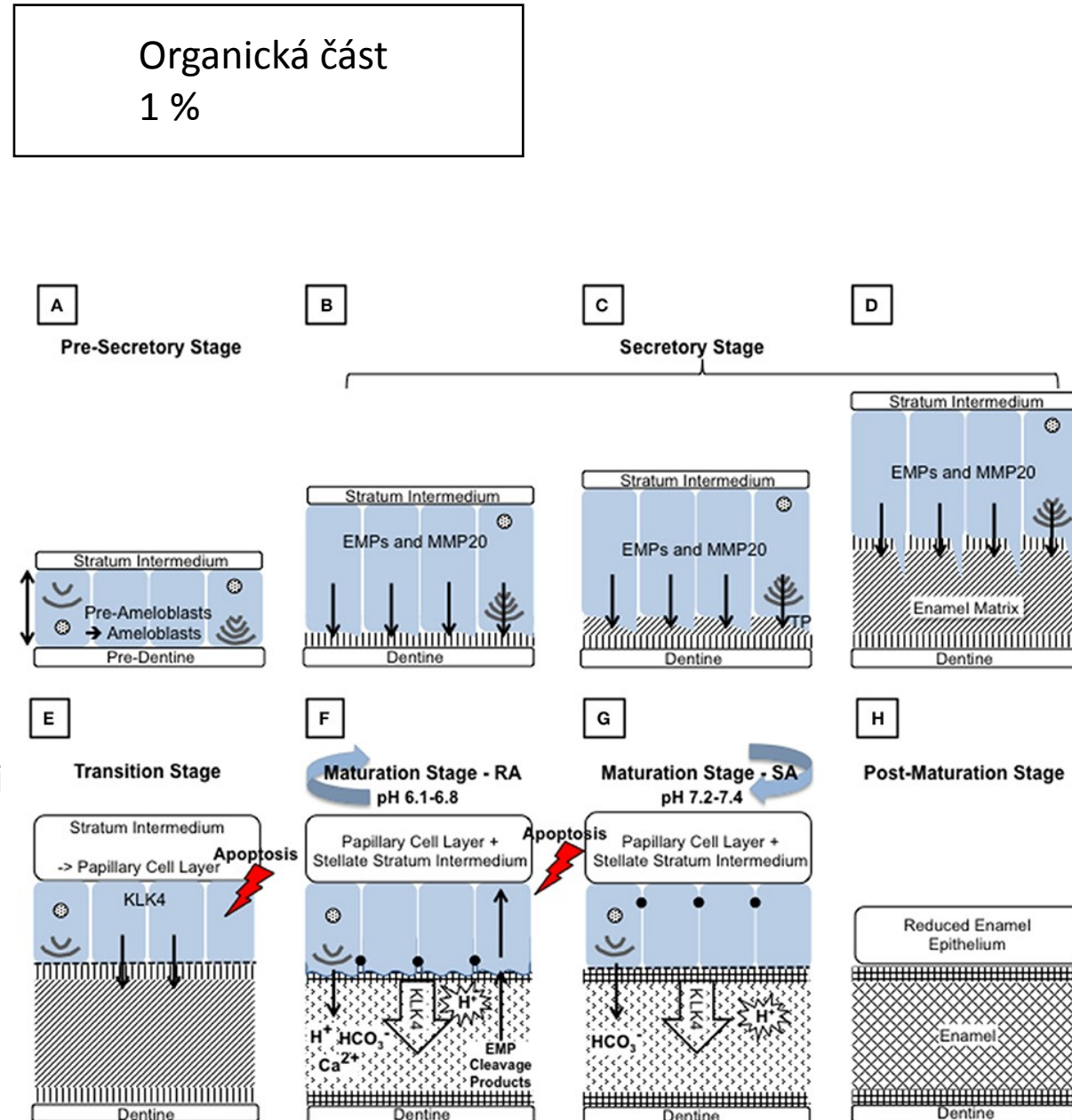
- 90 %
- Hlavní produkt sekretorní fáze ameloblastů
- kulovité polymery, regulace růstu sklovinných hranolů

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

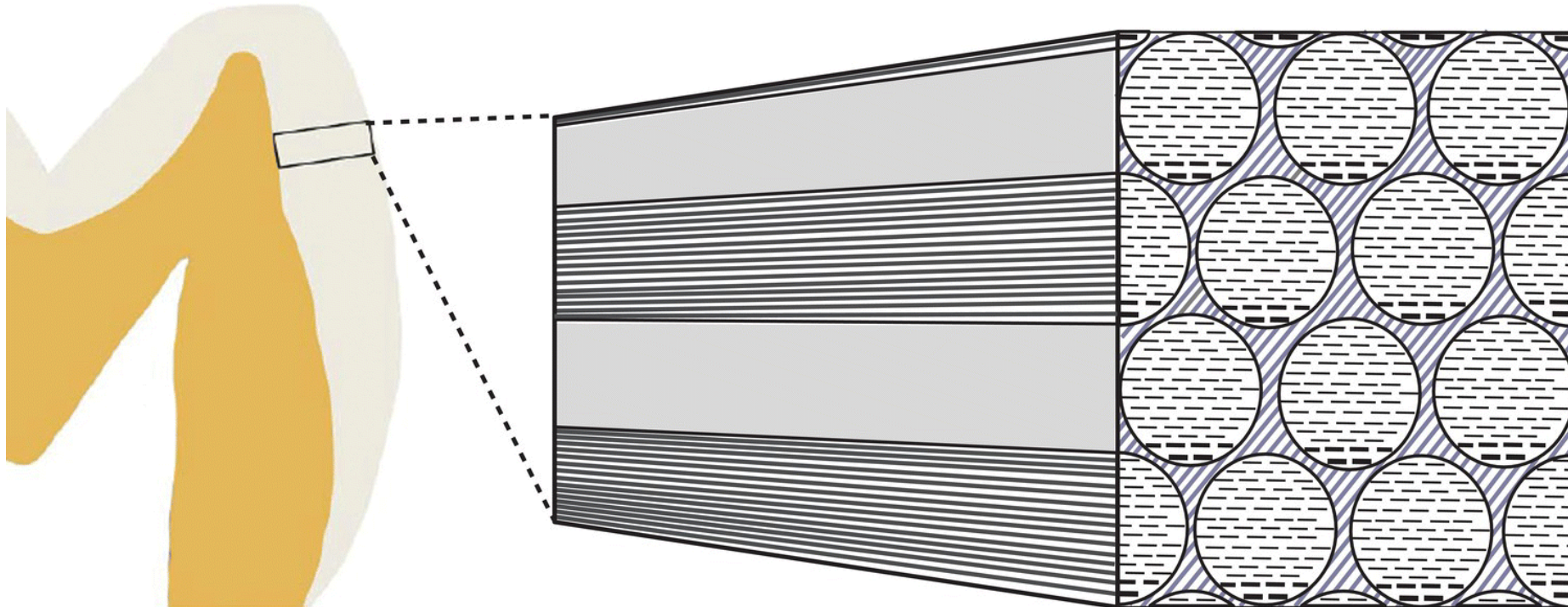


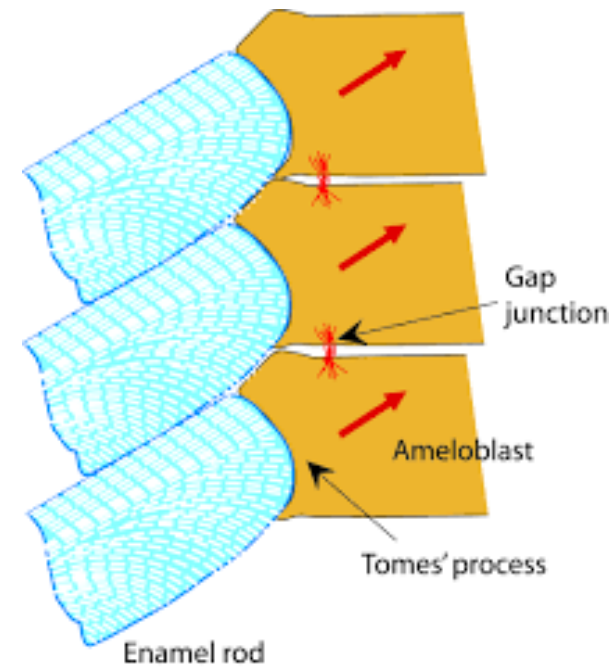
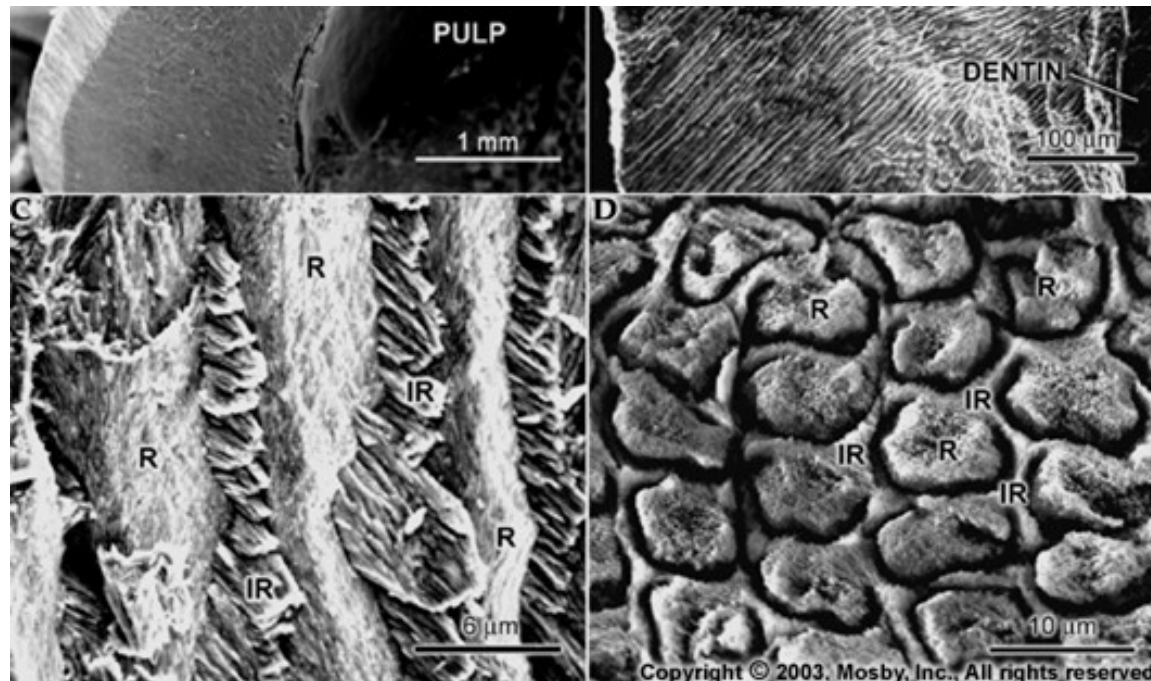
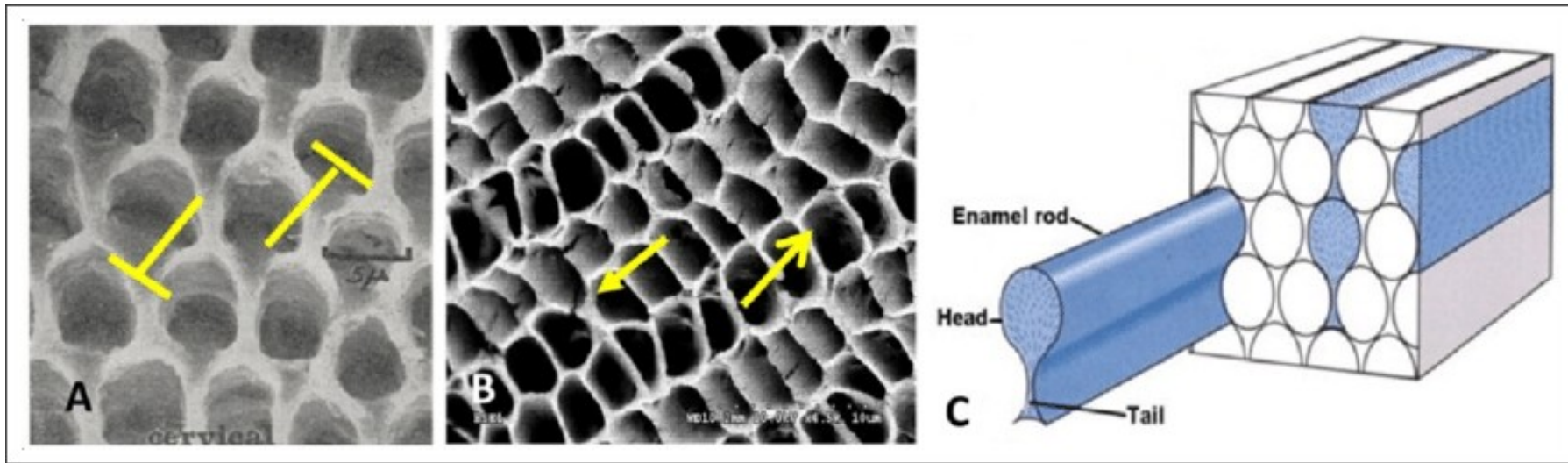
Mikroskopická stavba

Složitá vnitřní, druhově specifická organizace

Sklovinné hranoly – prizmata a interprizmatická hmota (+-1 um široká)

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

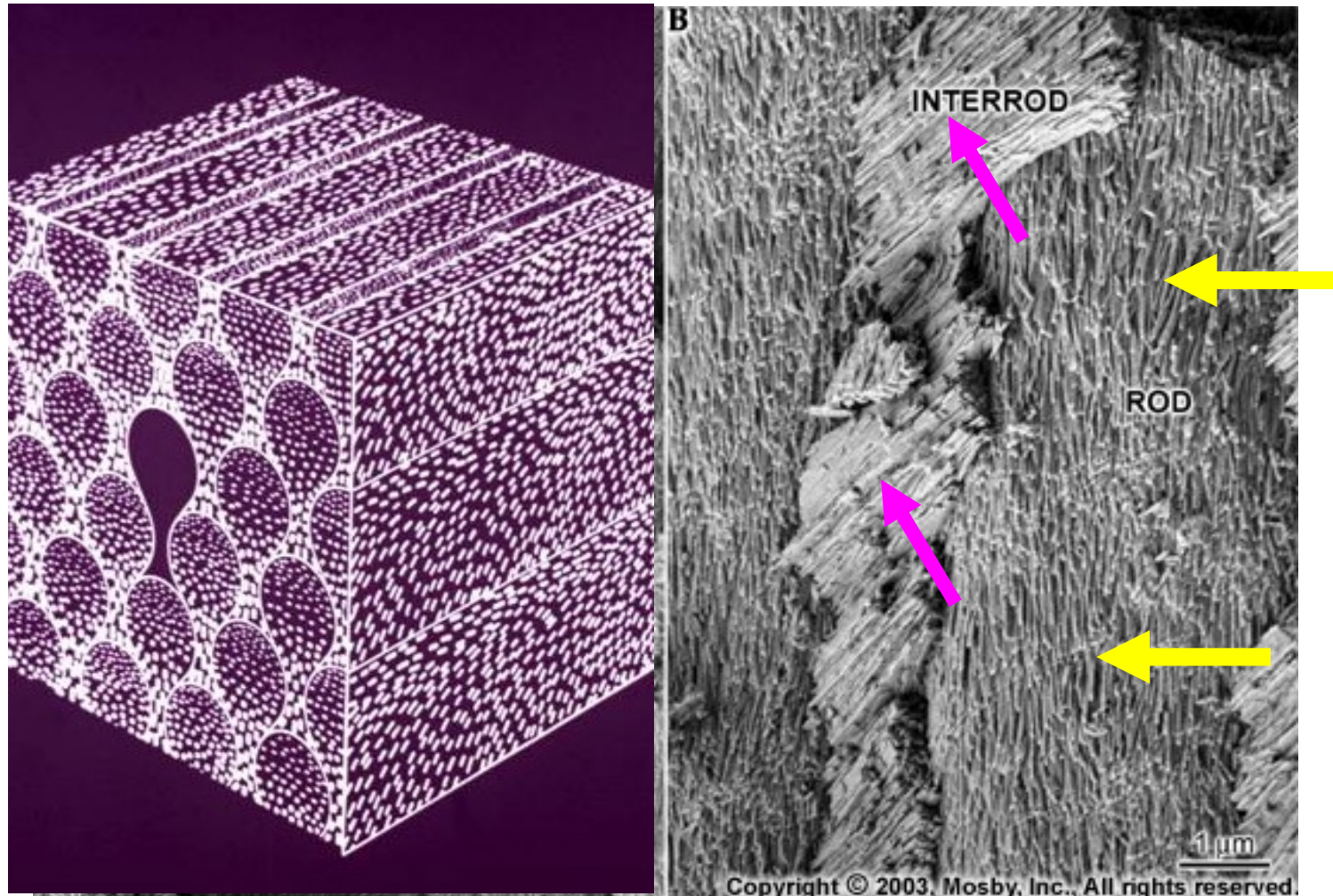




Ultrastruktura hranolů

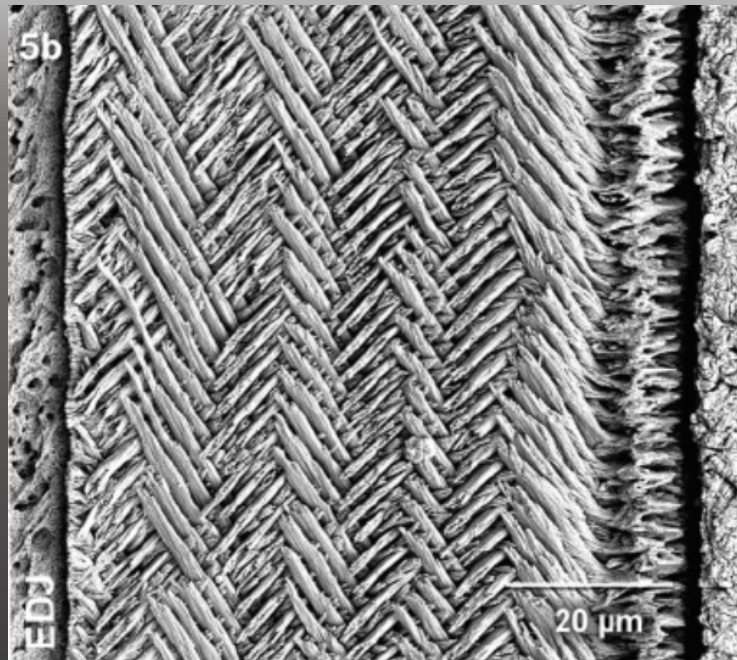
Skládají se z podélně řazených krystalků hydroxyapatitu, vložených do proteinové matrix (amelogeniny, Proteiny ne-amelogeninové povahy)

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



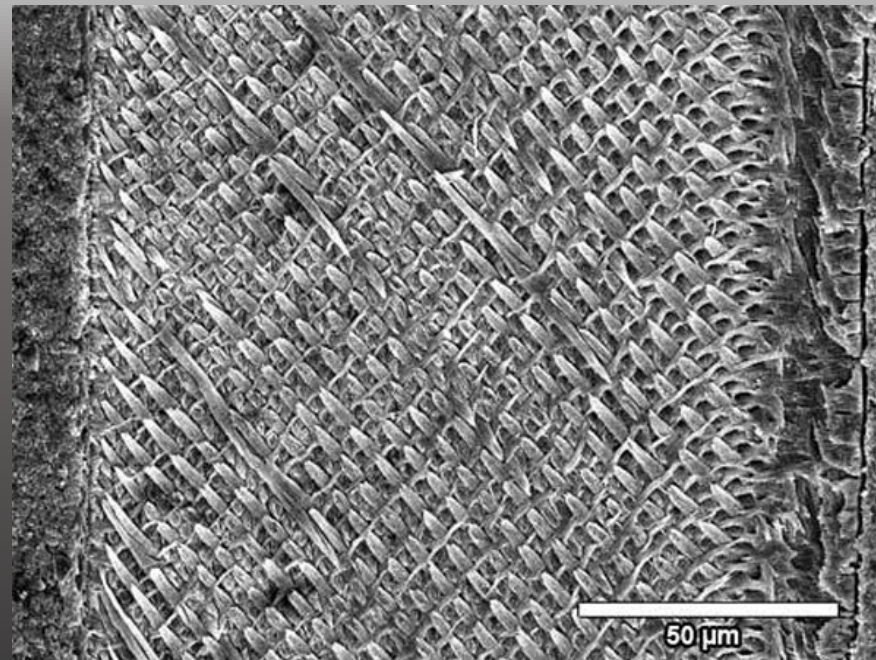
Enamel decussation pattern (rodents)

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



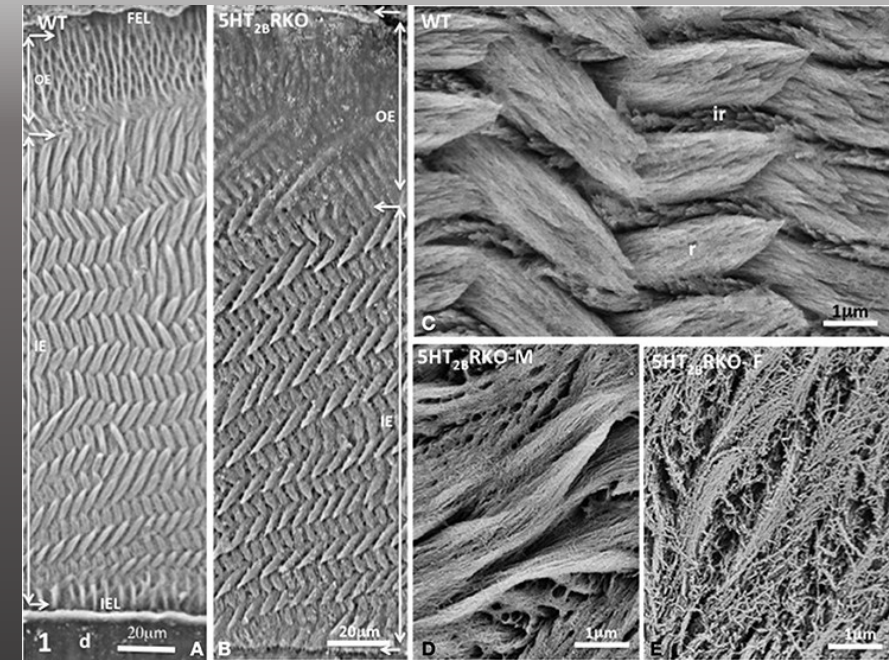
Daniela C. Kalthoff, 2007

Heterosminthus gansus
(late Miocene)



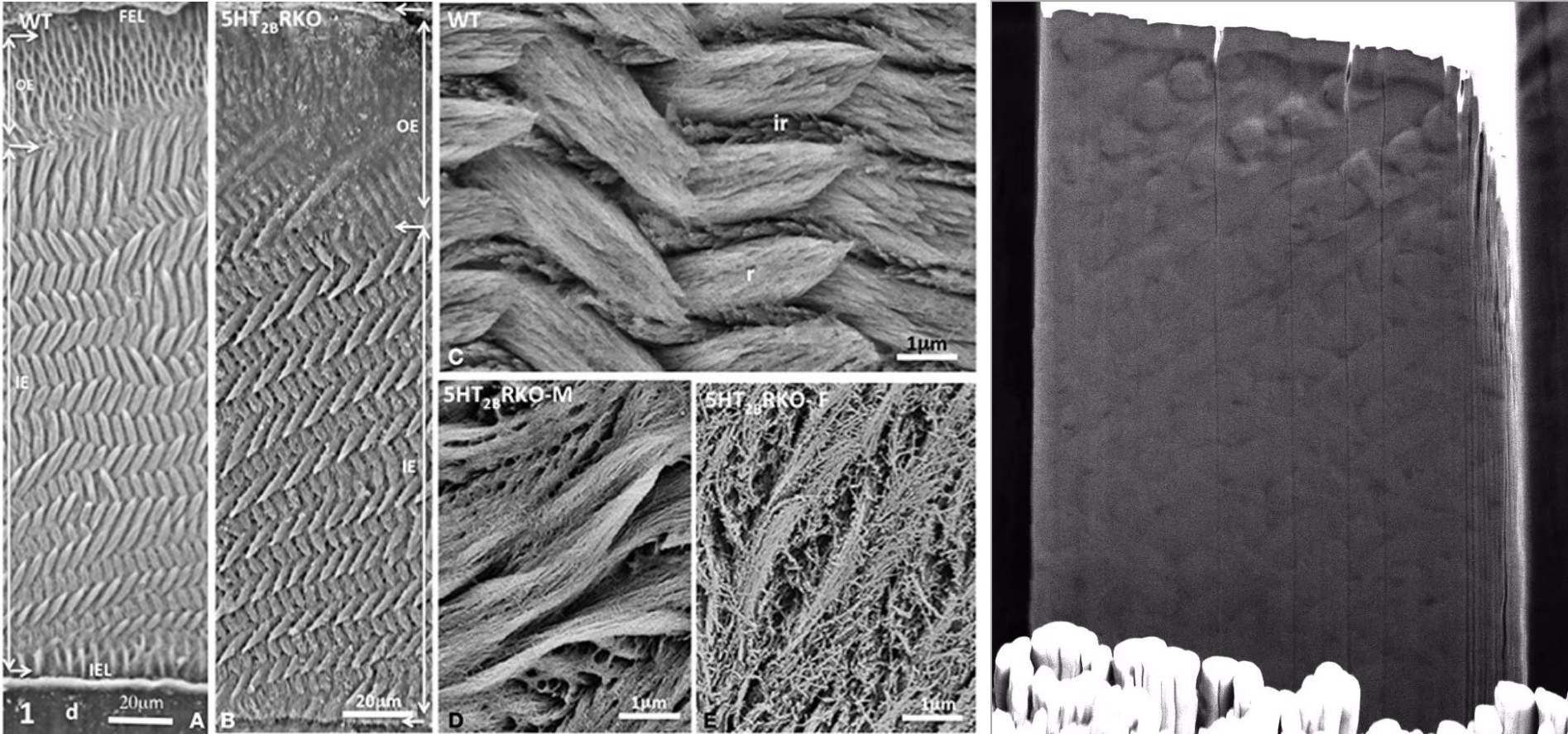
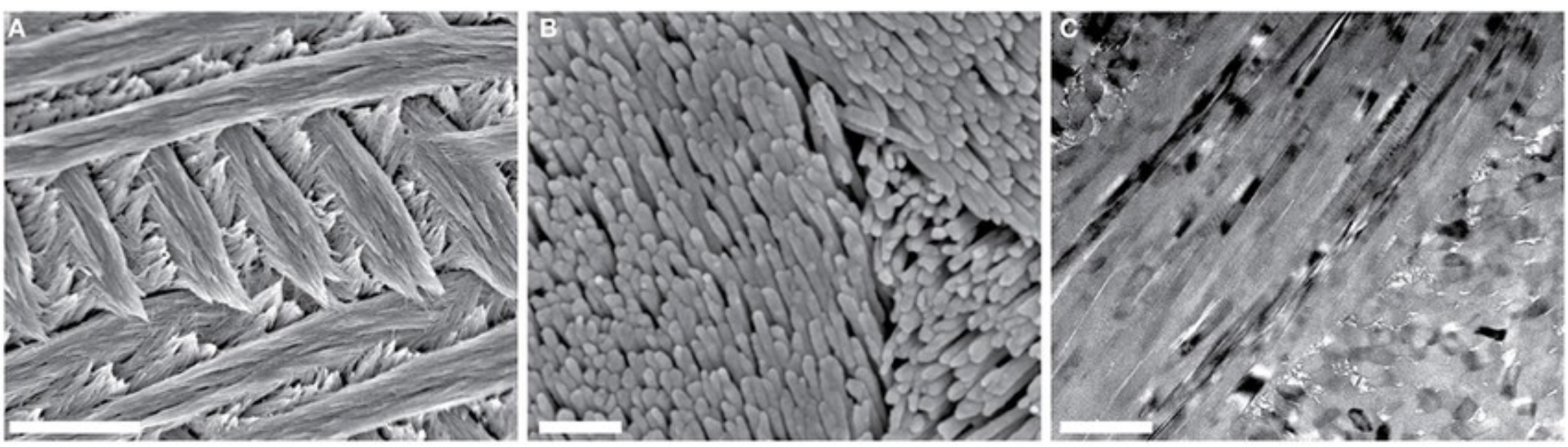
Daniela C. Kalthoff

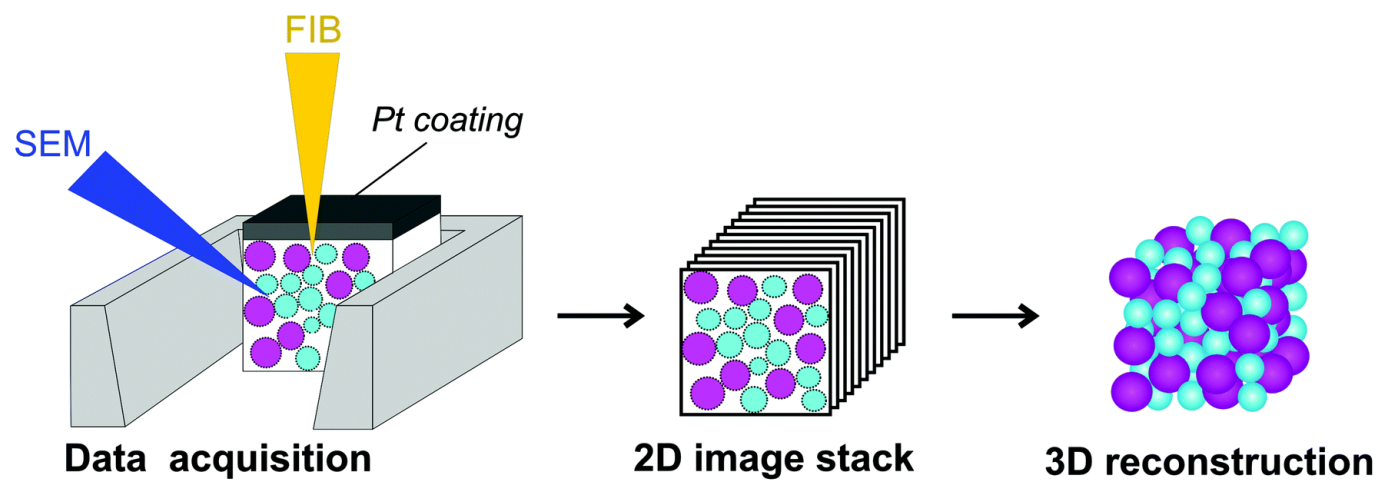
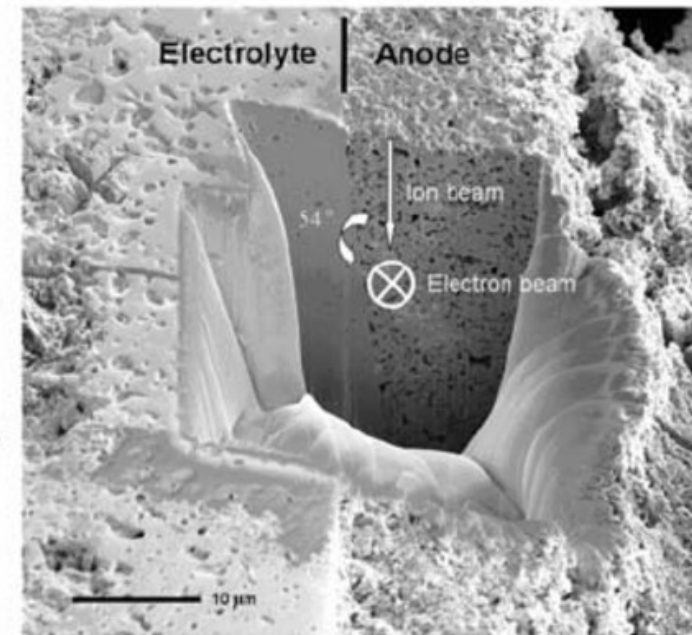
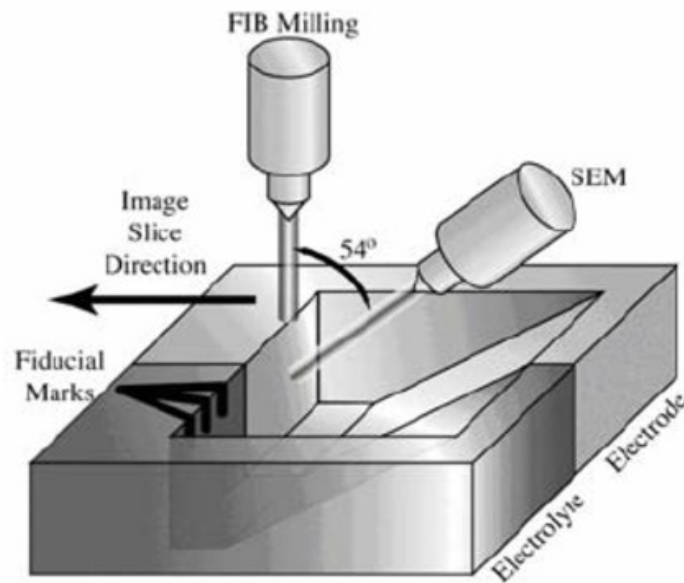
Wood Mouse (*Apodemus sylvaticus*)

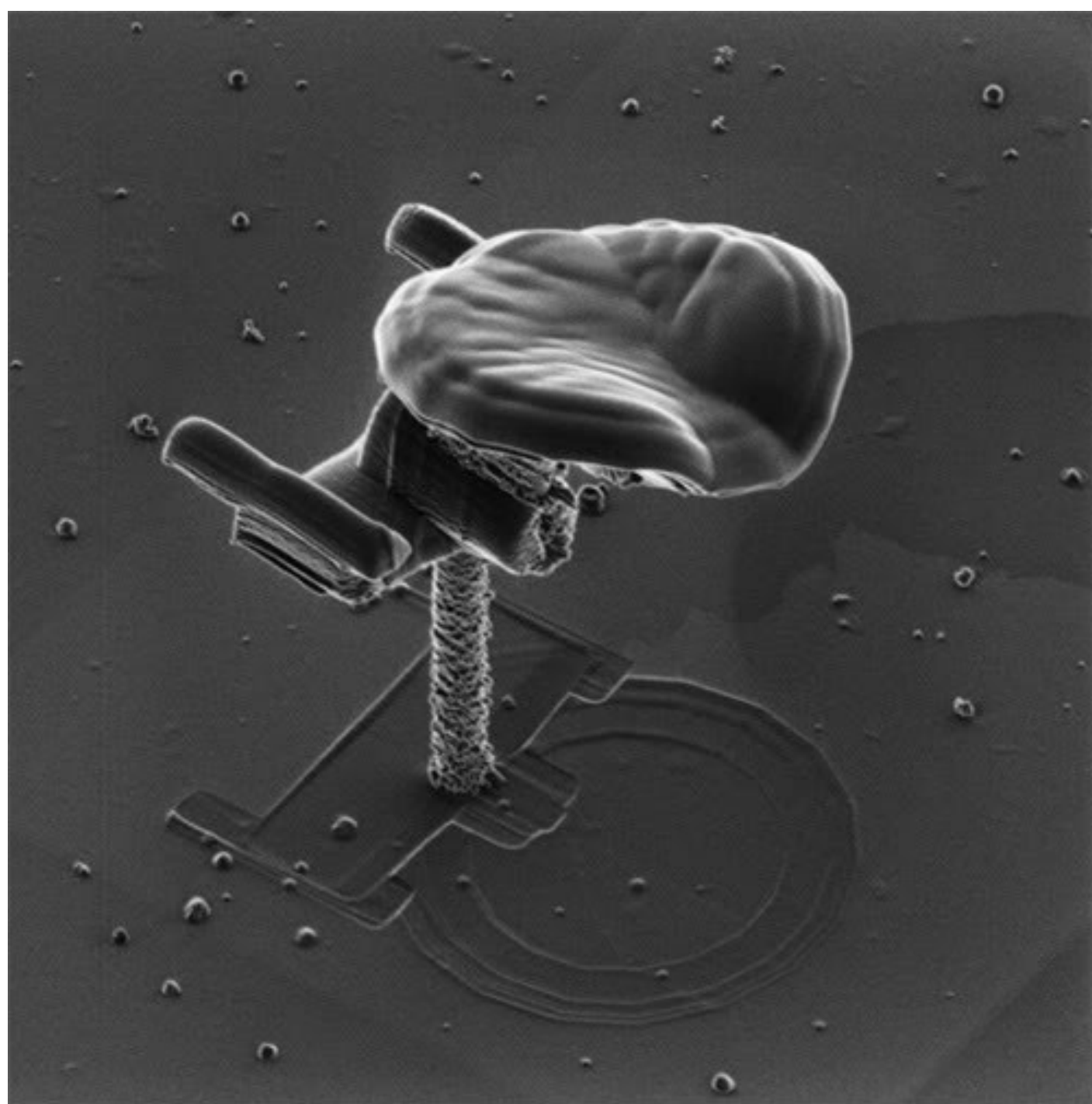


Goldberg et al, 2014

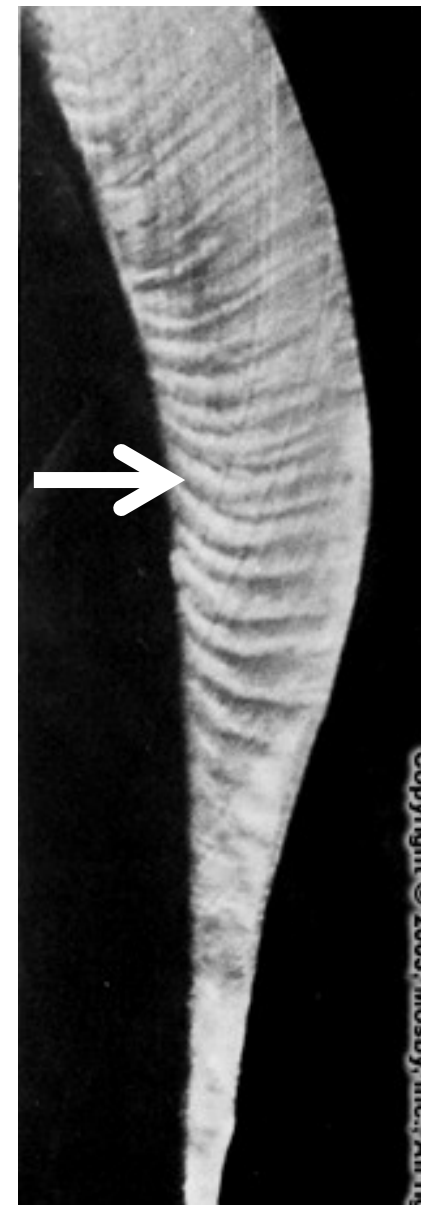
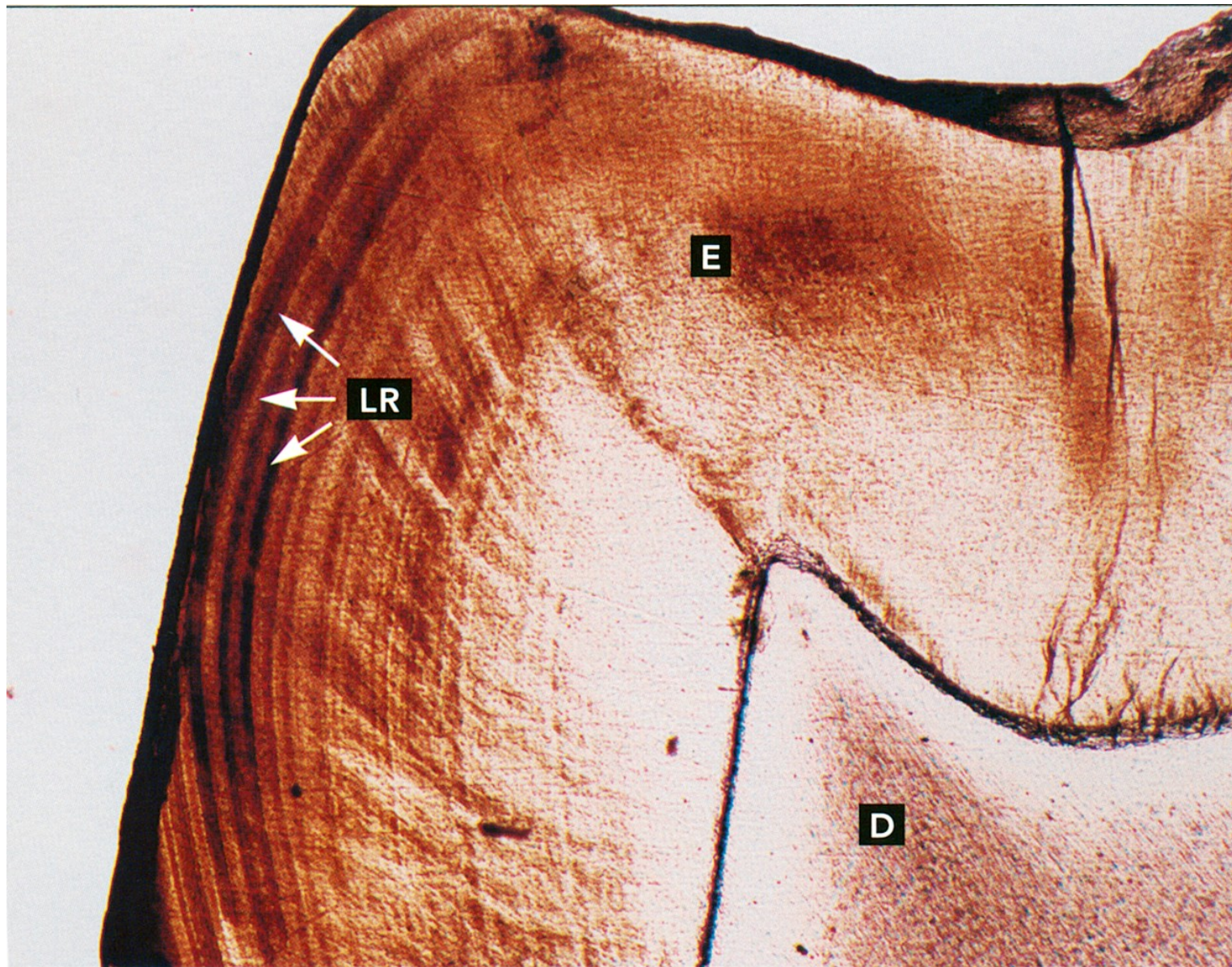
Mus musculus







Vnější znaky skloviny



Vnější znaky skloviny

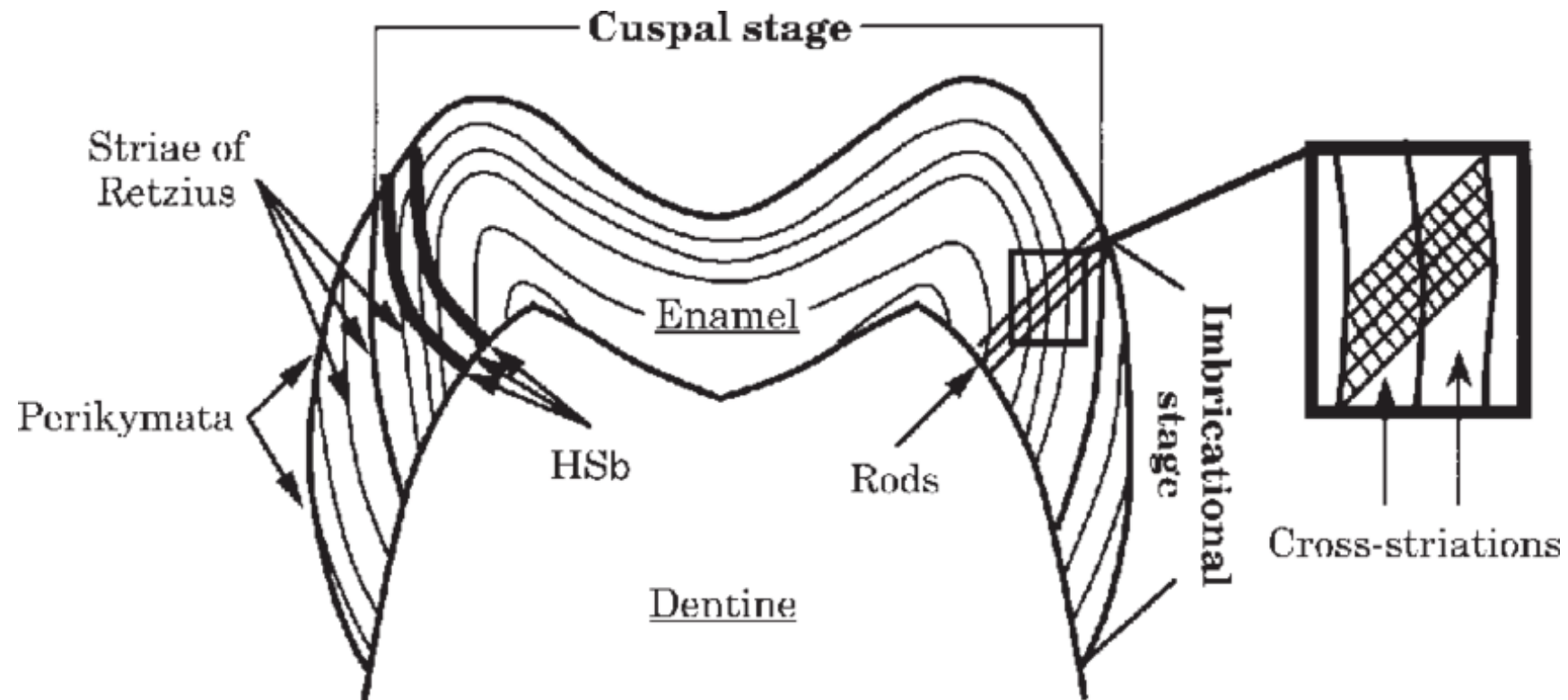
Retziusovy proužky

Perikymata

Hunterovy - Schregerovy proužky

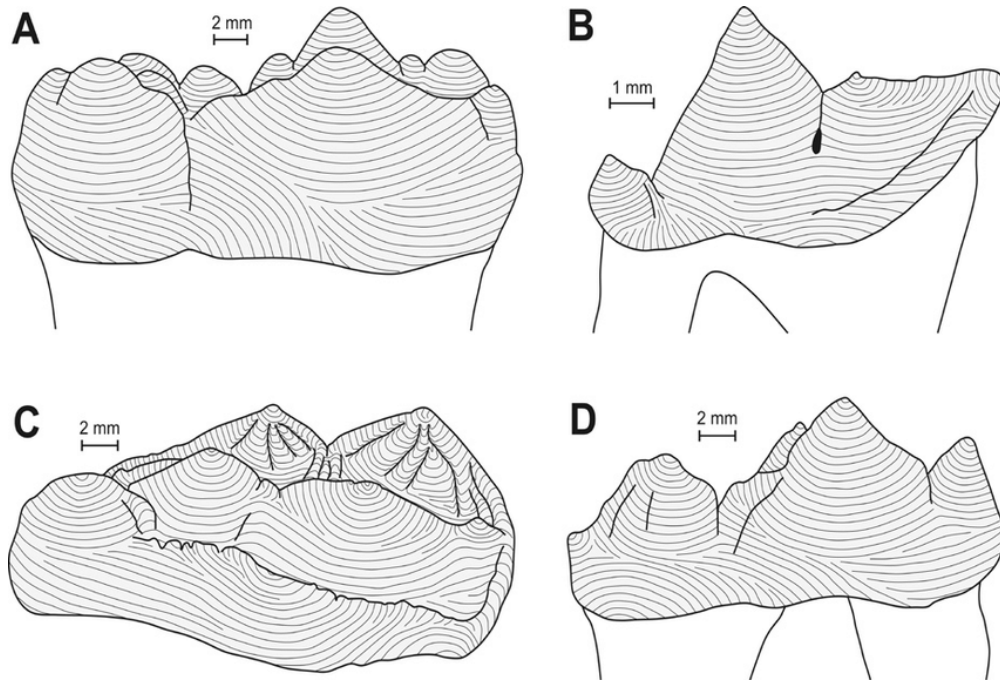
Neonatální linie

Enamel tufts



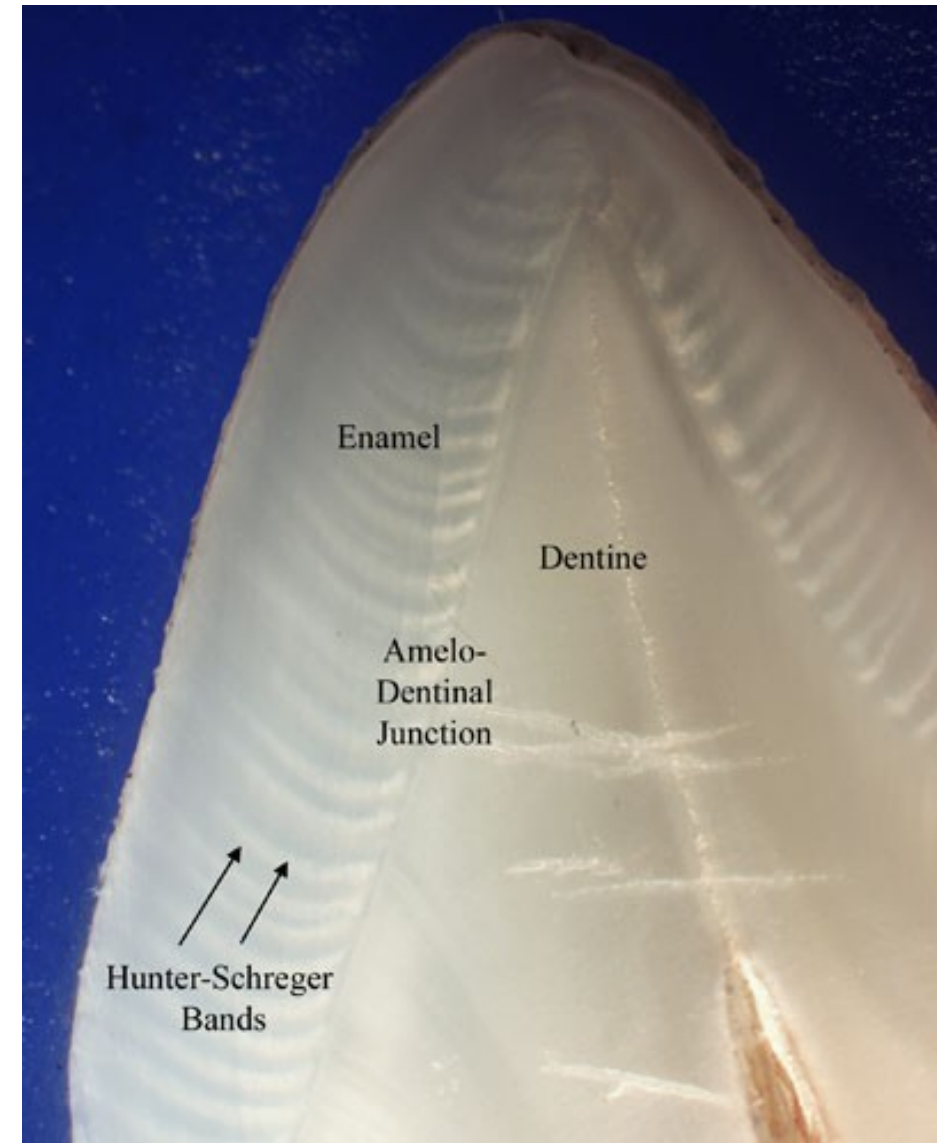
Hunterovy - Schregerovy proužky

- 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

b) Retziusovy linie (sklovinné striae)

c) Neonatální linie

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

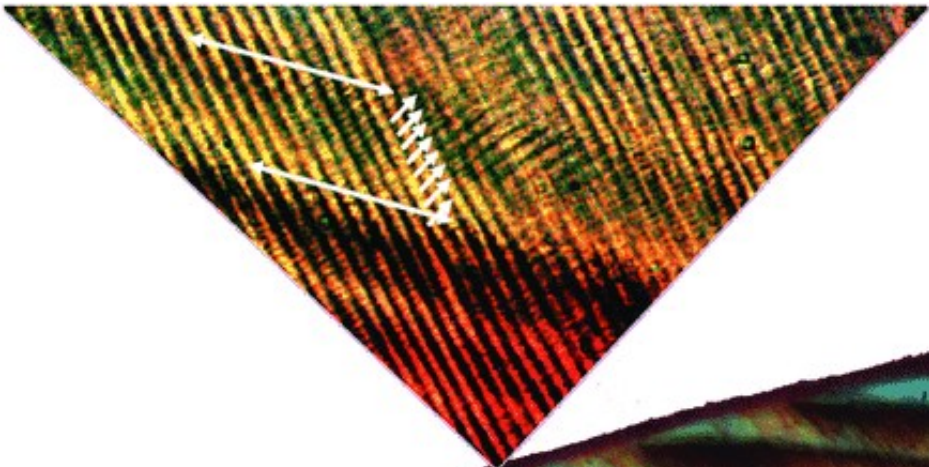
- Způsobují příčné pruhování prizmat (cross-striation), velmi tenké 2,5 - 6 μm
- Střídání fáze intenzivní sekrece s fází odpočinkovou
- Souvisí s cirkadiálními rytmy

b) Retziusovy linie (sklovinné striae)

- Pozorovatelné v optickém mikroskopu na zubních výbrusech, vzdálenost 25-35 μm
- Od dentinosklovinné hranice k povrchu skloviny
- Tvoří perikymata (labiální plošky předních zubů - incisivi, caninus)

c) Neonatální linie

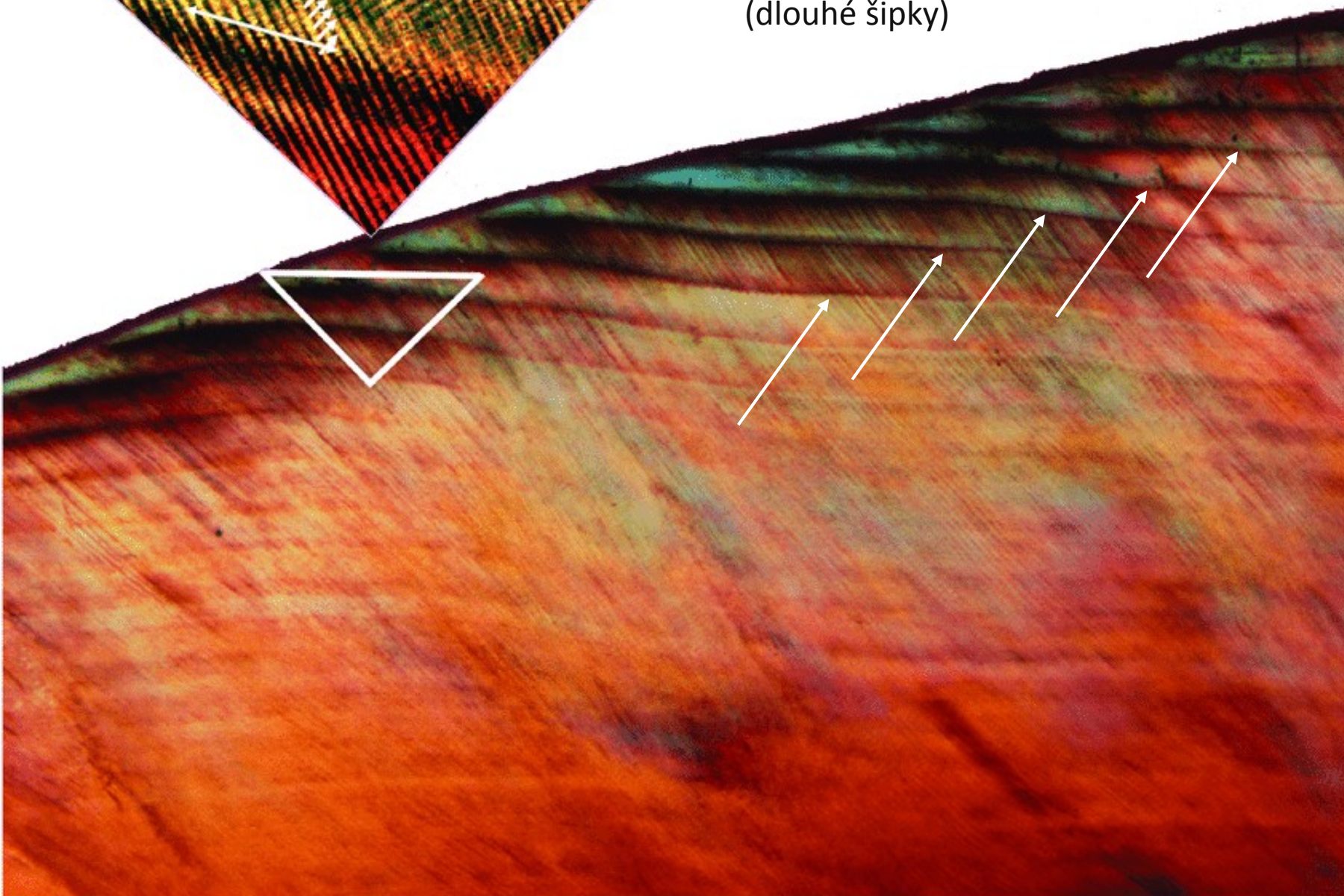
- Výrazný pruh méně mineralizované skloviny
- Vzniká v důsledku náhle změny příjmu potravy při narození
- U zubů primární dentice a M1
- Patří mezi Retziusovy linie



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

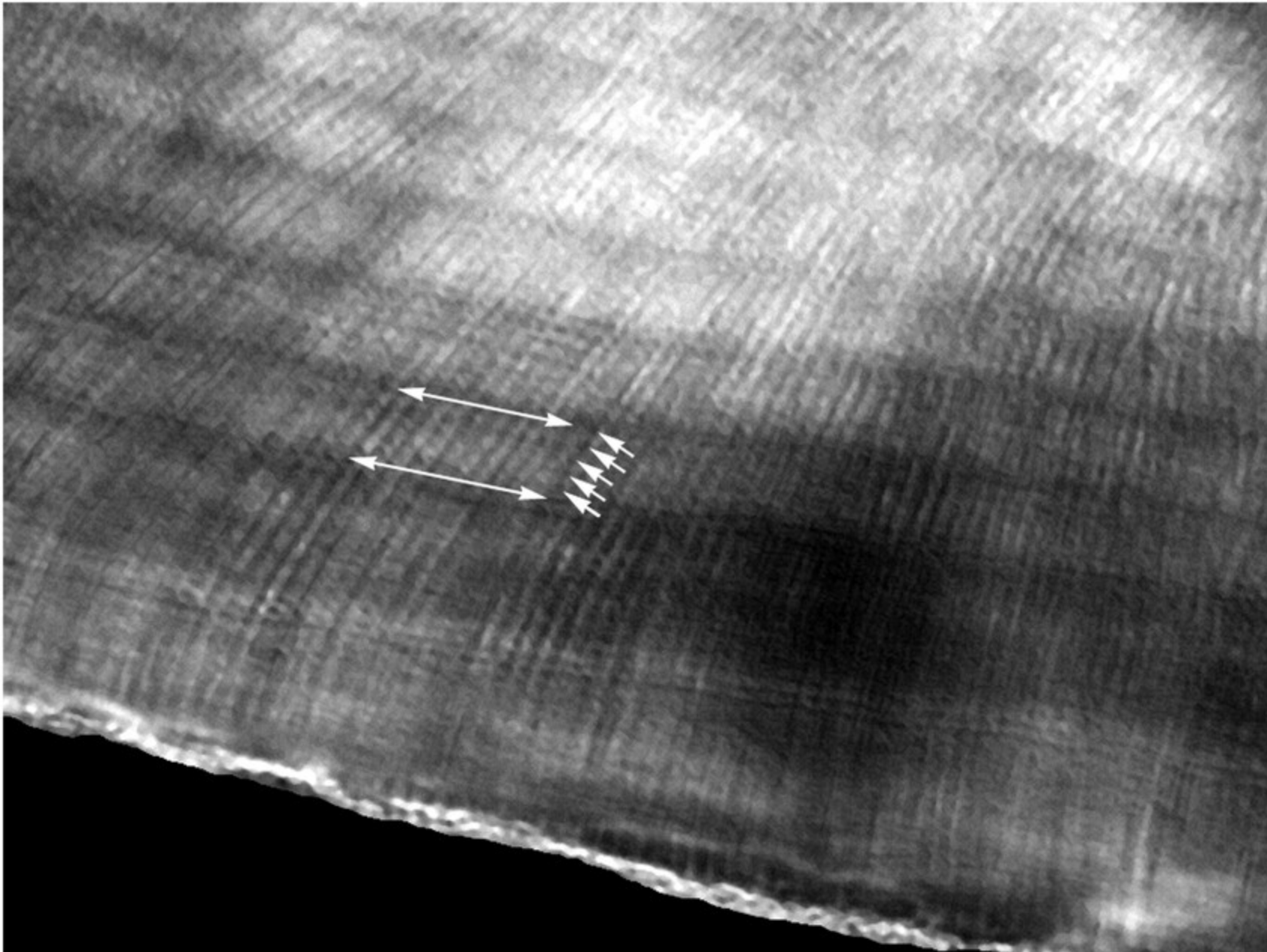
Denní linie

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

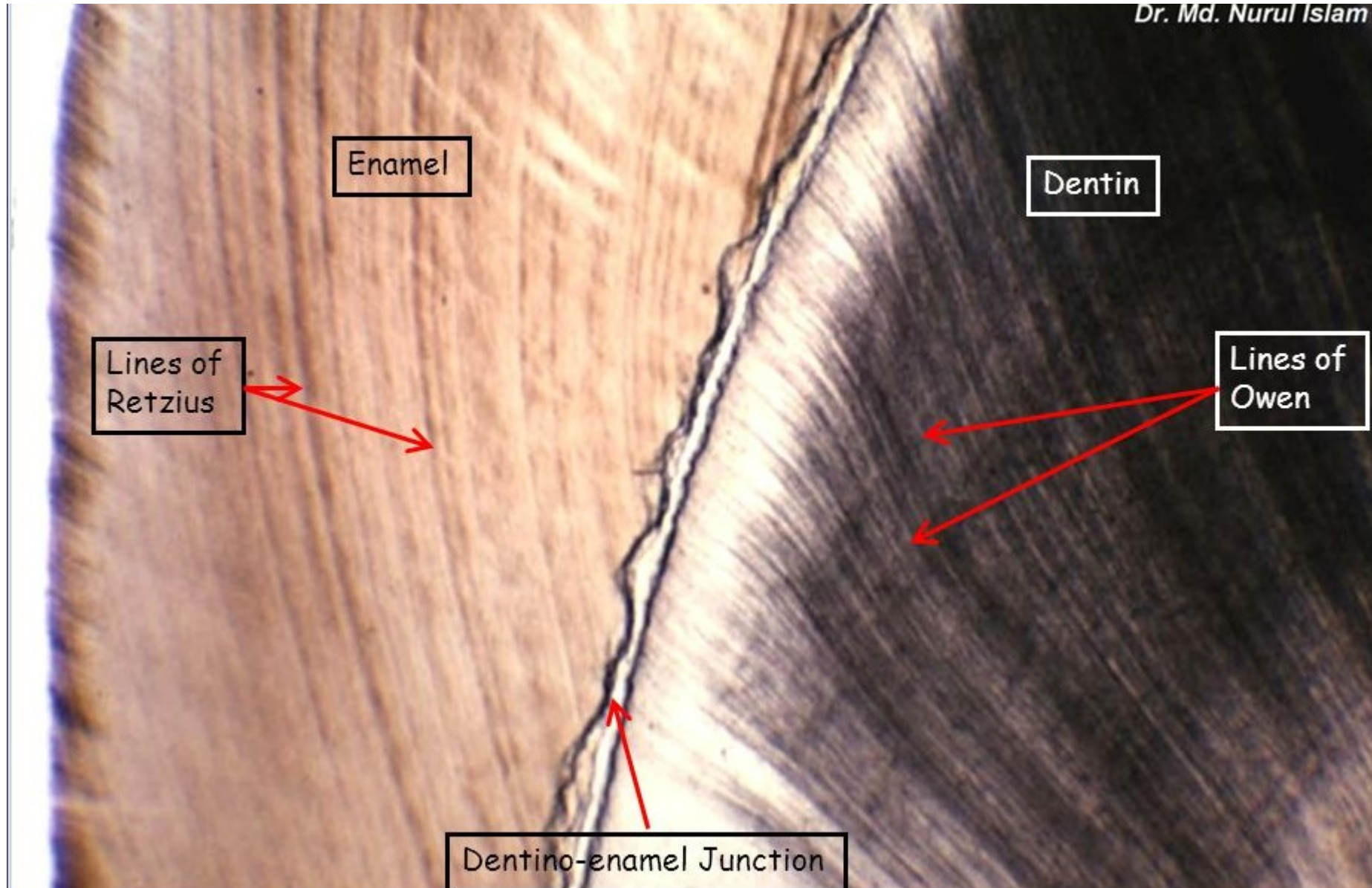


Denní – cirkadiální přírůstkové linie (krátké šipky) jsou patrné mezi Retziusovými – vícedenními proužky (dlouhé šipky)

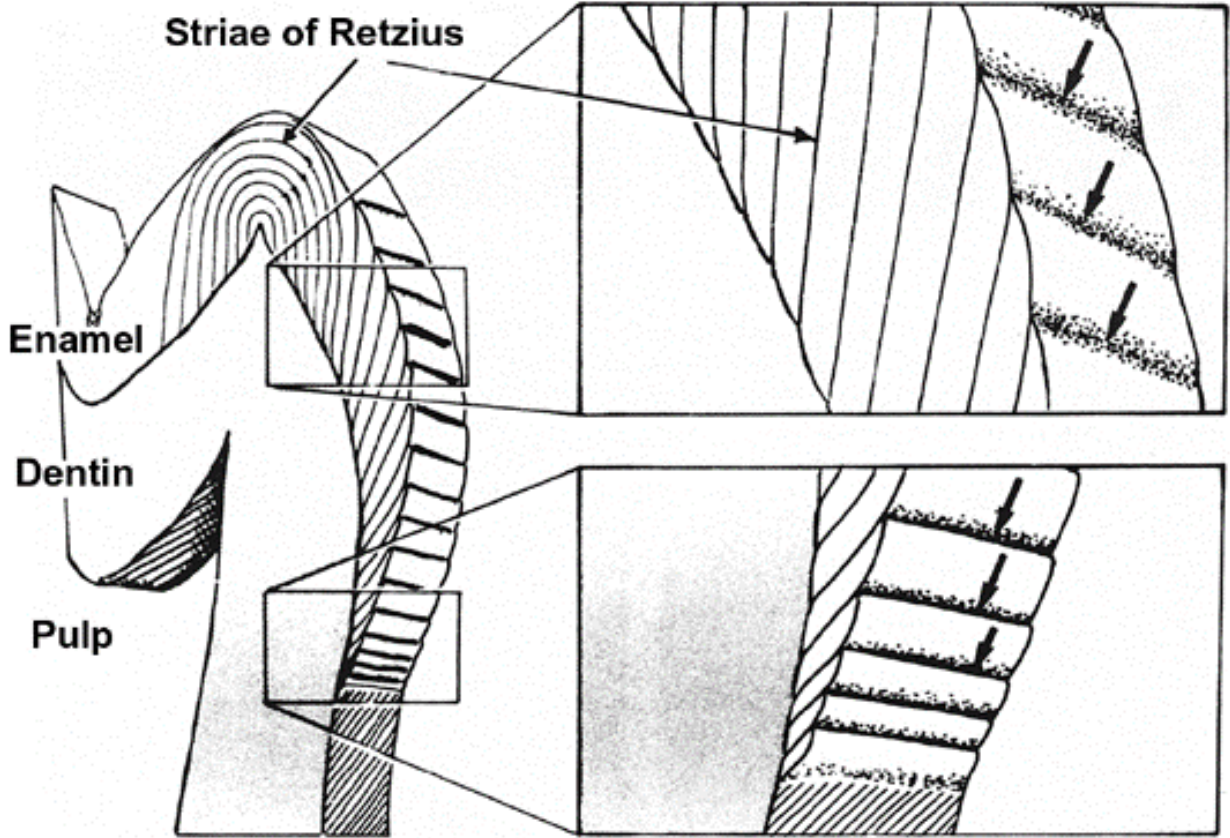
Prasečí sklovina

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

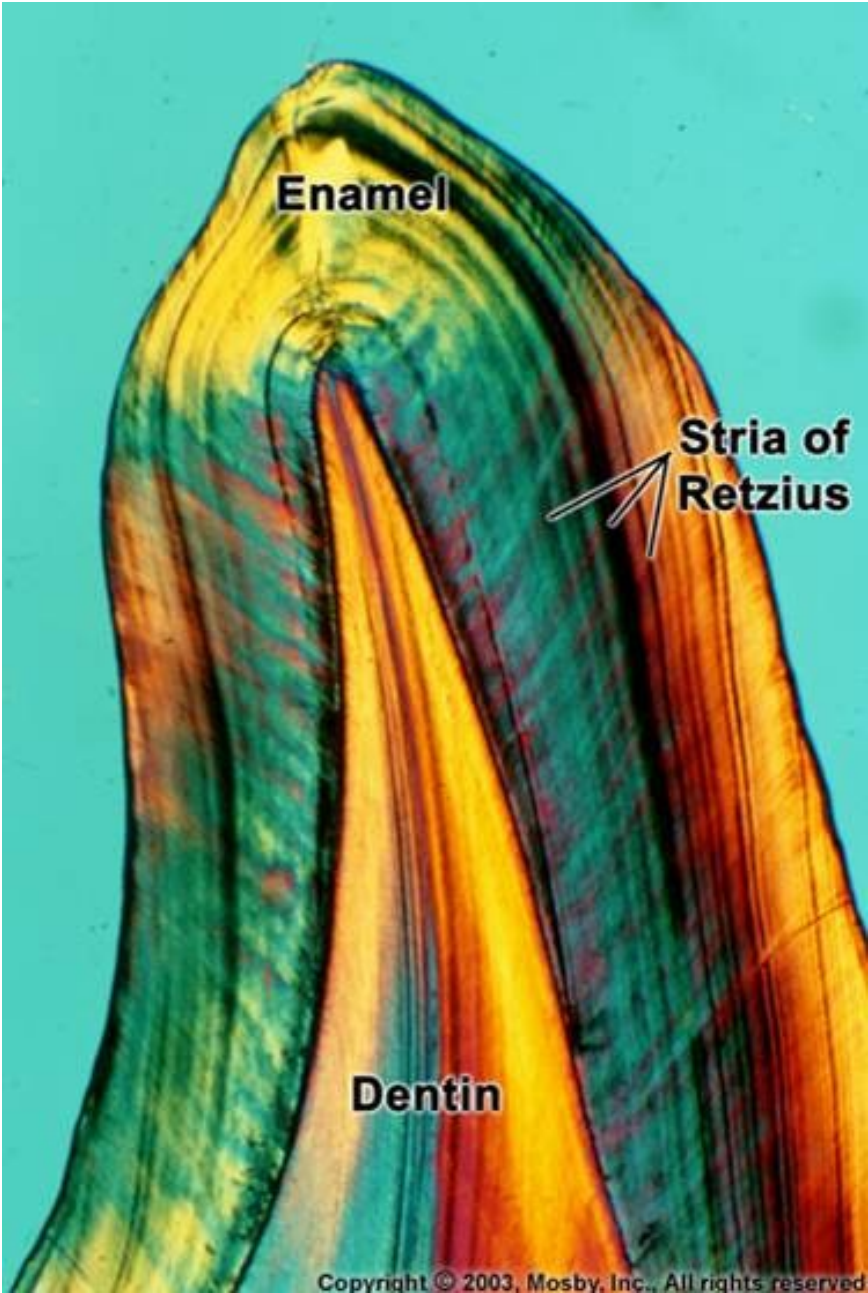
Retziusovy linie



Retziusovy linie

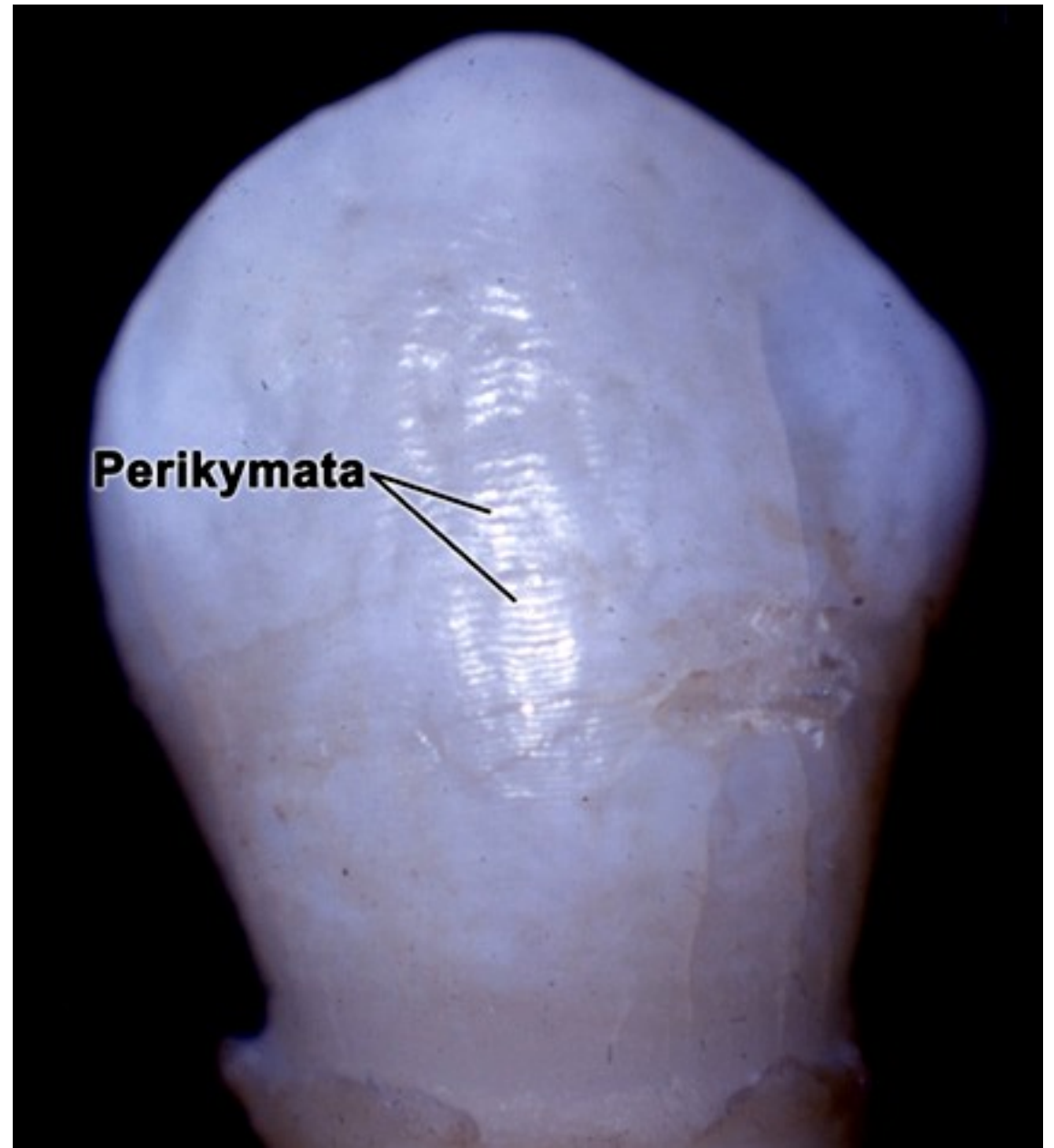
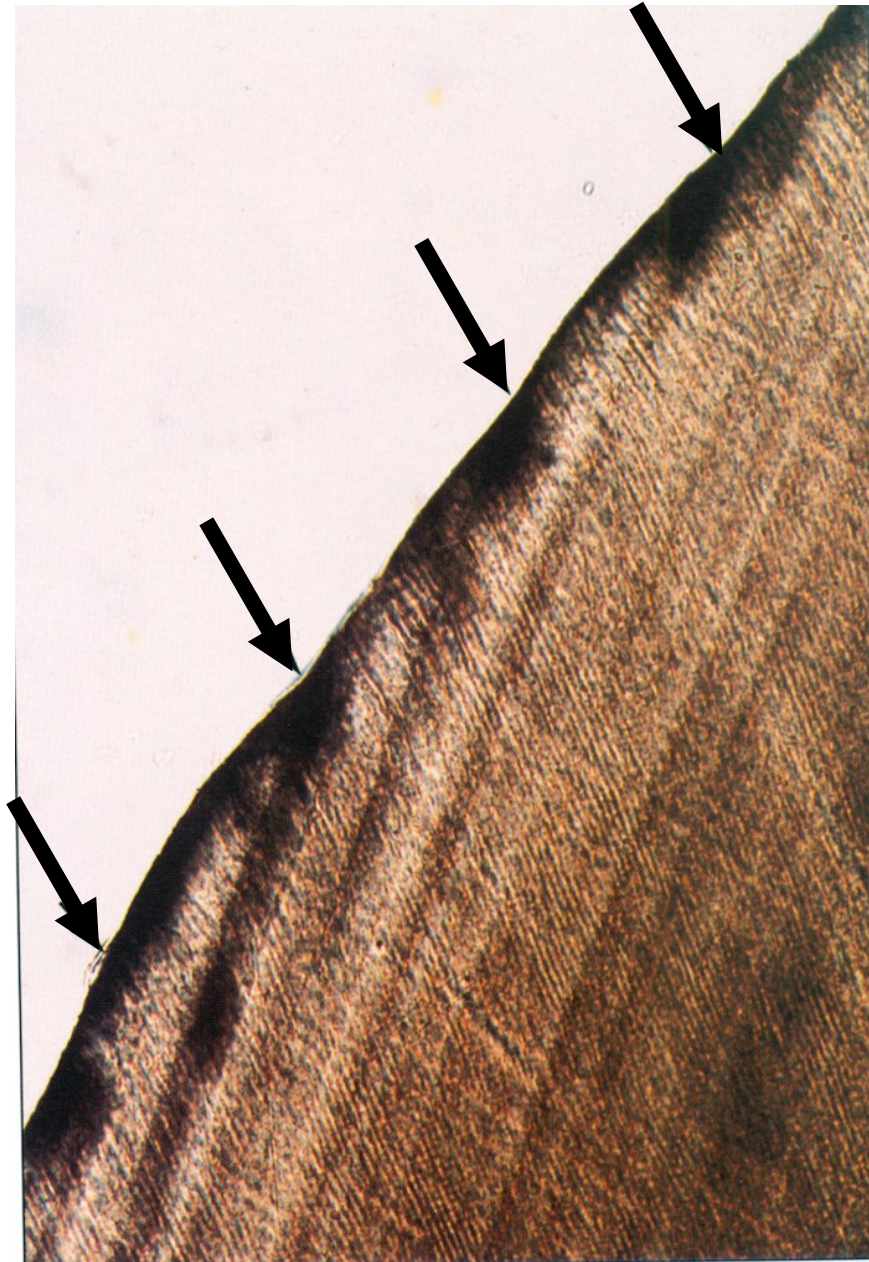


Copyright © 2003, Mosby, Inc., All rights reserved.

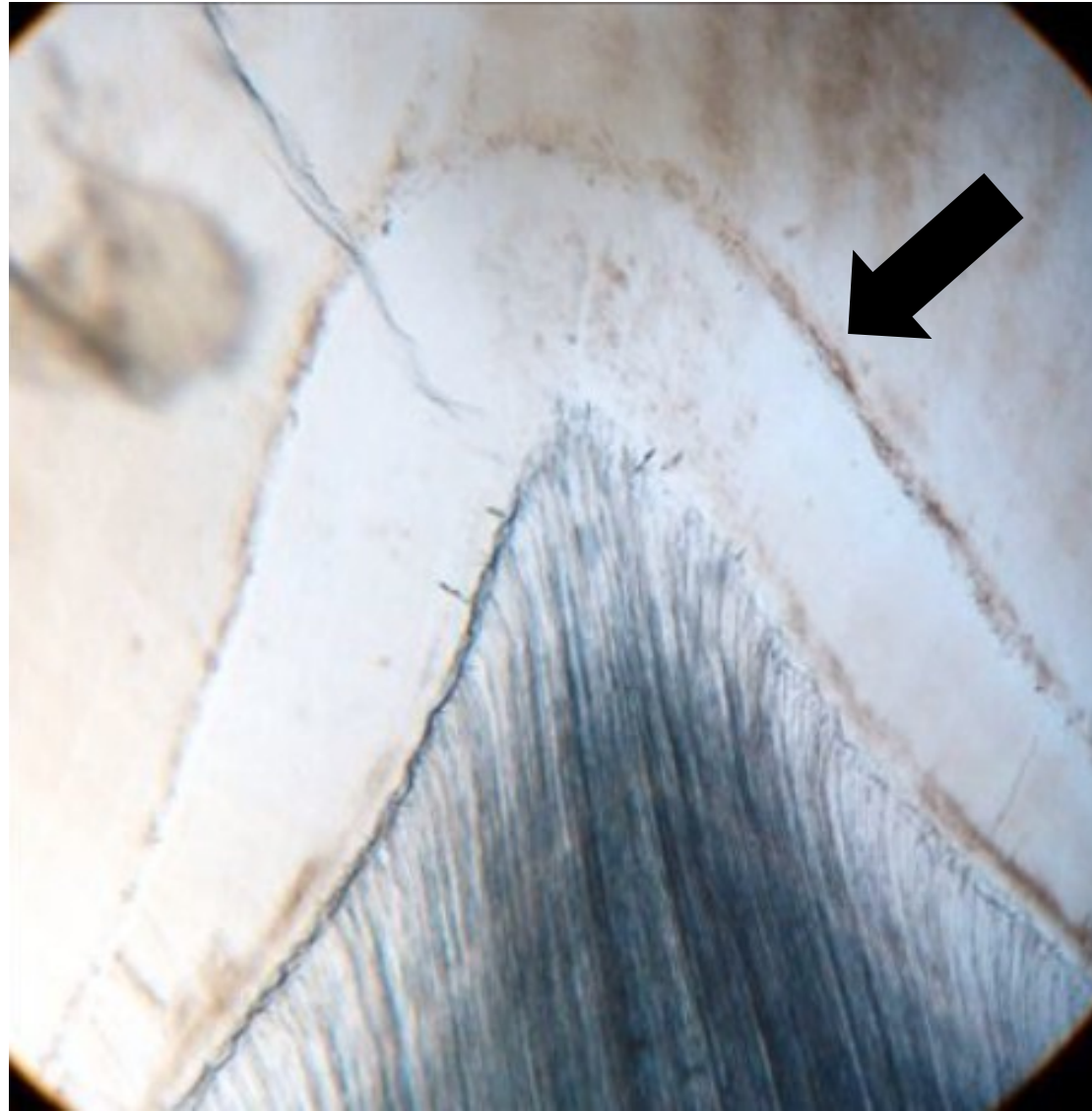


Copyright © 2003, Mosby, Inc., All rights reserved.

Perikymata

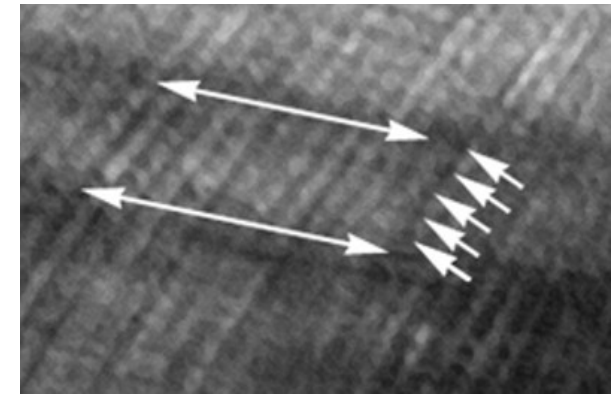


Neonatální linie



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 μm
- Střídání fáze intenzivní sekrece s fází odpočinkovou
- Souvisí s cirkadiálními rytmy

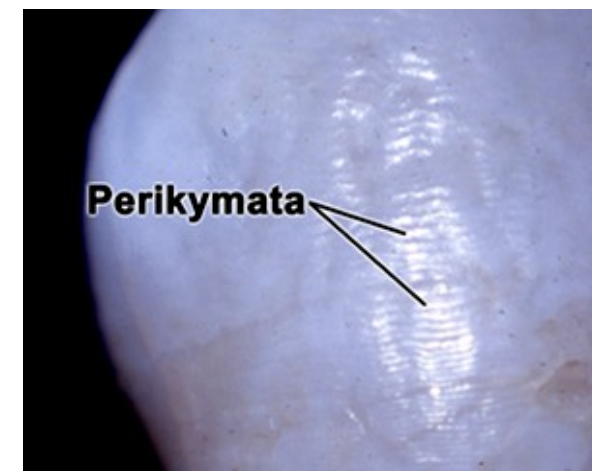
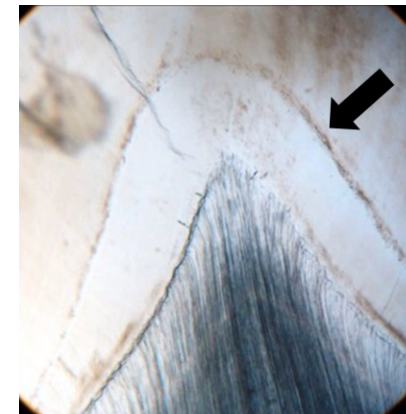
b) Retziusovy linie (sklovinné striae)

- Pozorovatelné v optickém mikroskopu na zubních výbrusech, vzdálenost 25-35 μm
- Od dentinosklovinné hranice k povrchu skloviny
- Tvoří perikymata (labiální plošky předních zubů - incisivi, caninus)



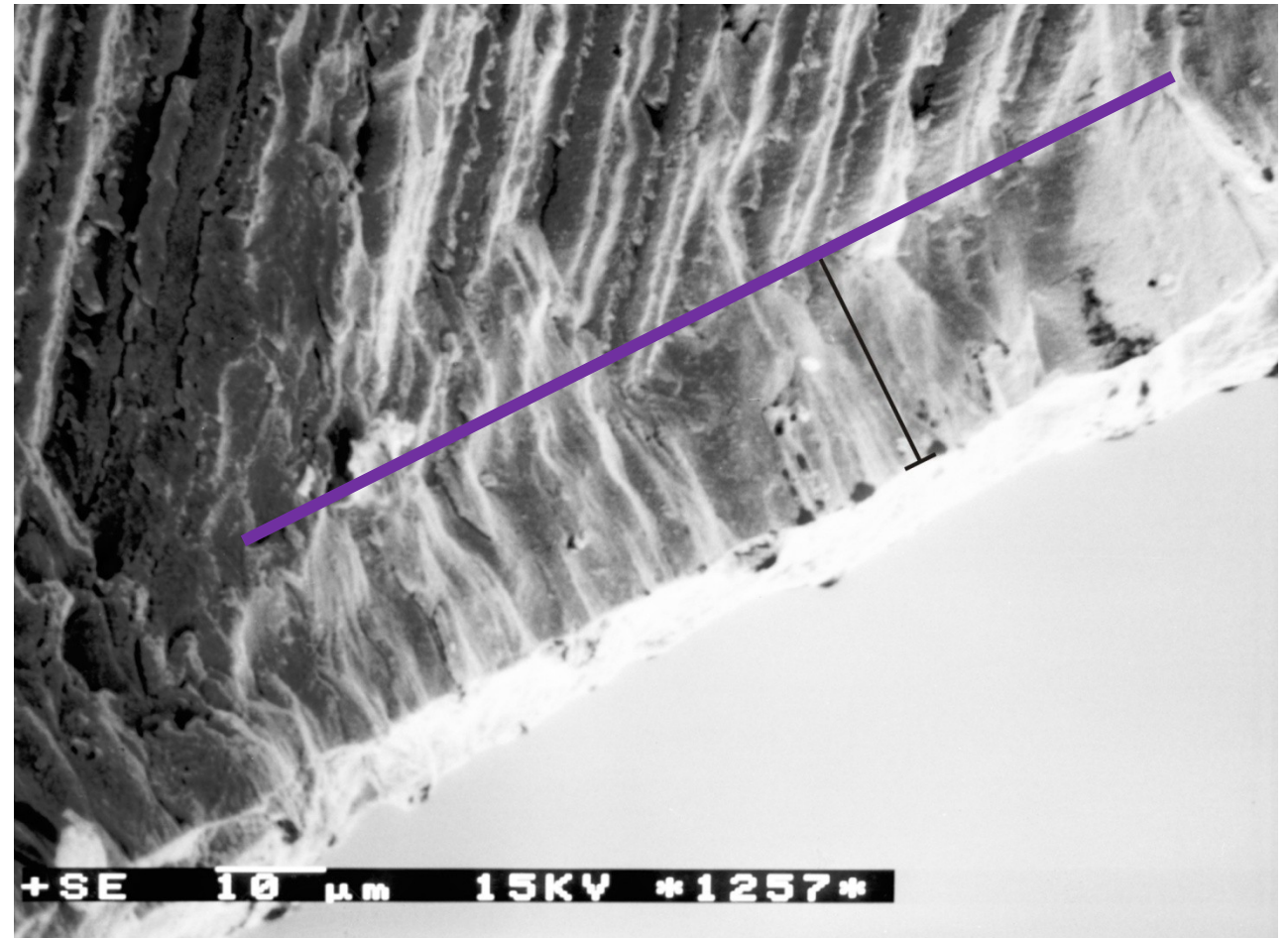
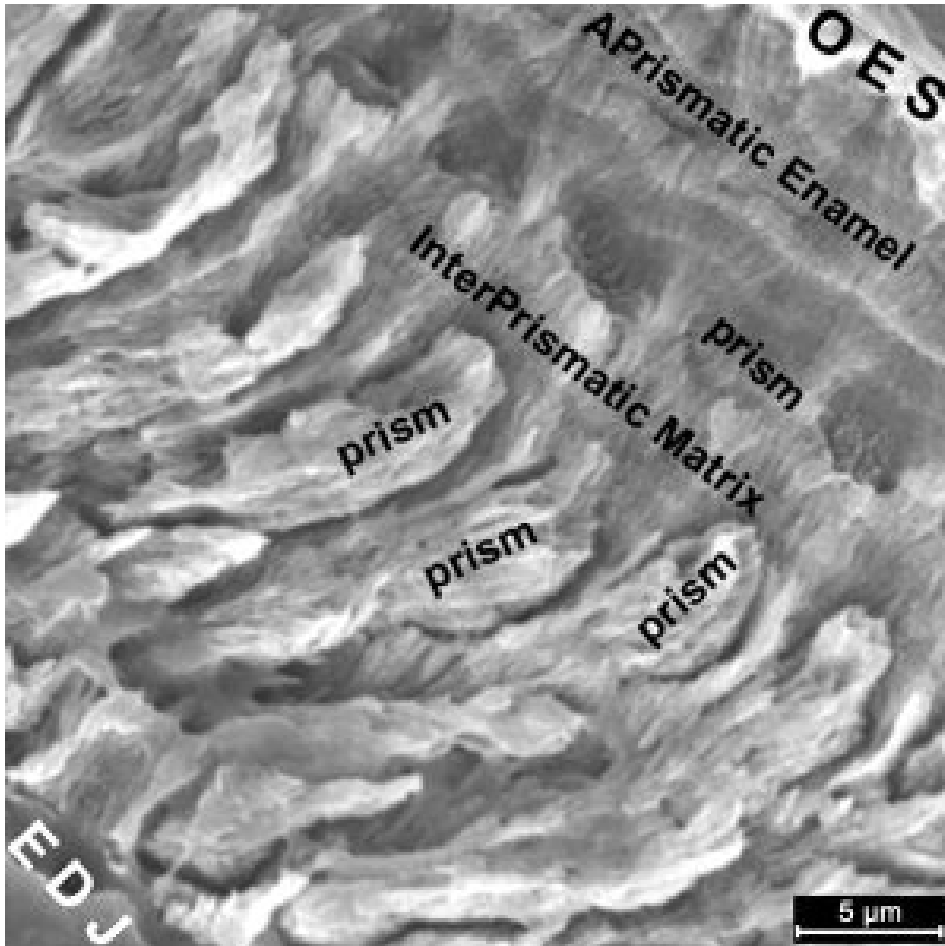
c) Neonatální linie

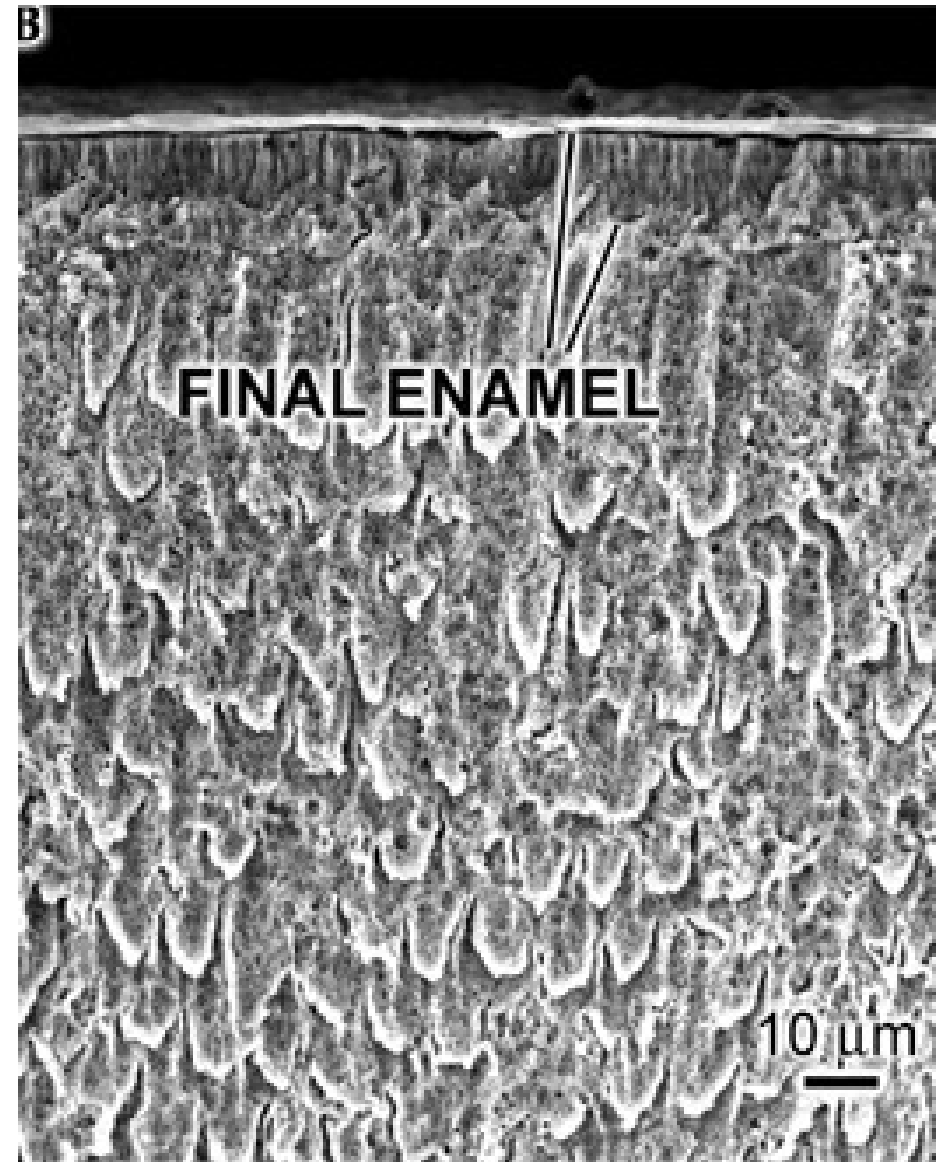
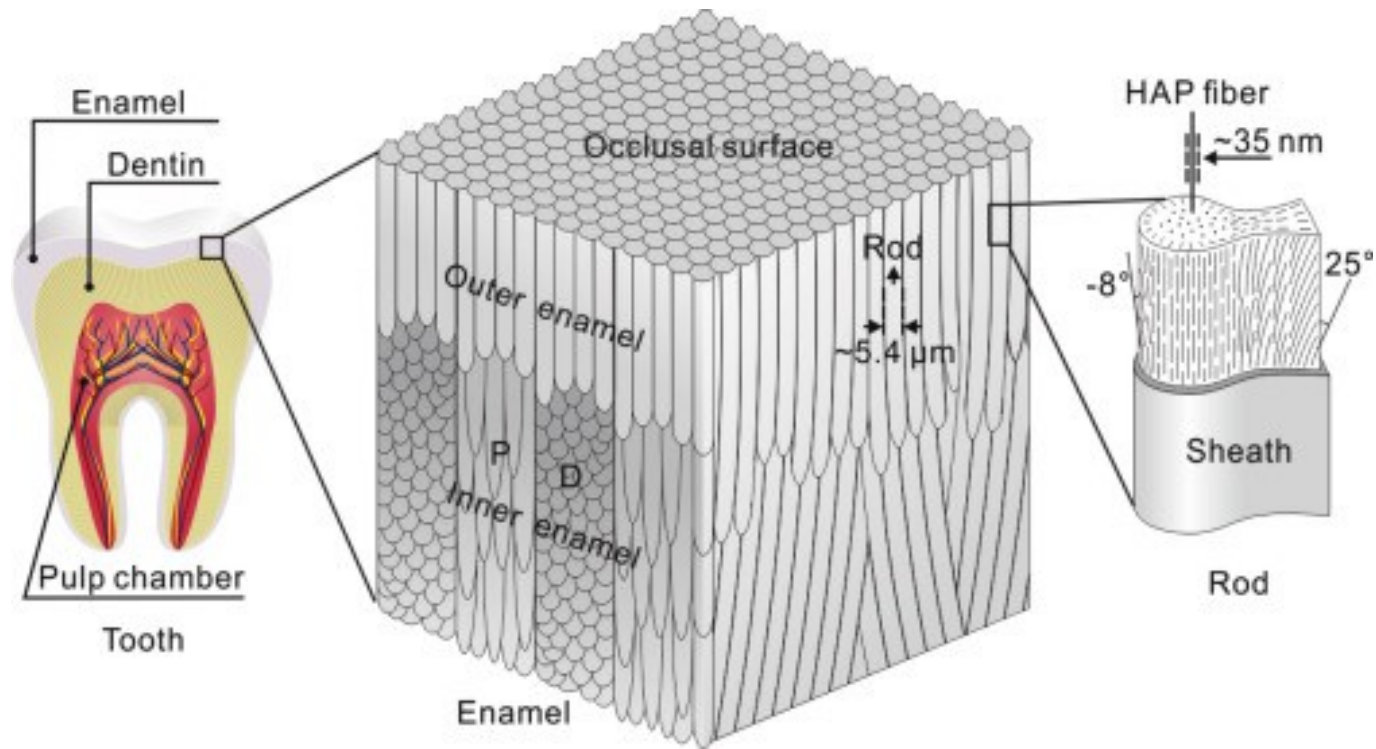
- Výrazný pruh méně mineralizované skloviny
- Vzniká v důsledku náhle změny příjmu potravy při narození
- U zubů primární dentice a M1
- Patří mezi Retziusovy linie



Aprizmatická sklovina

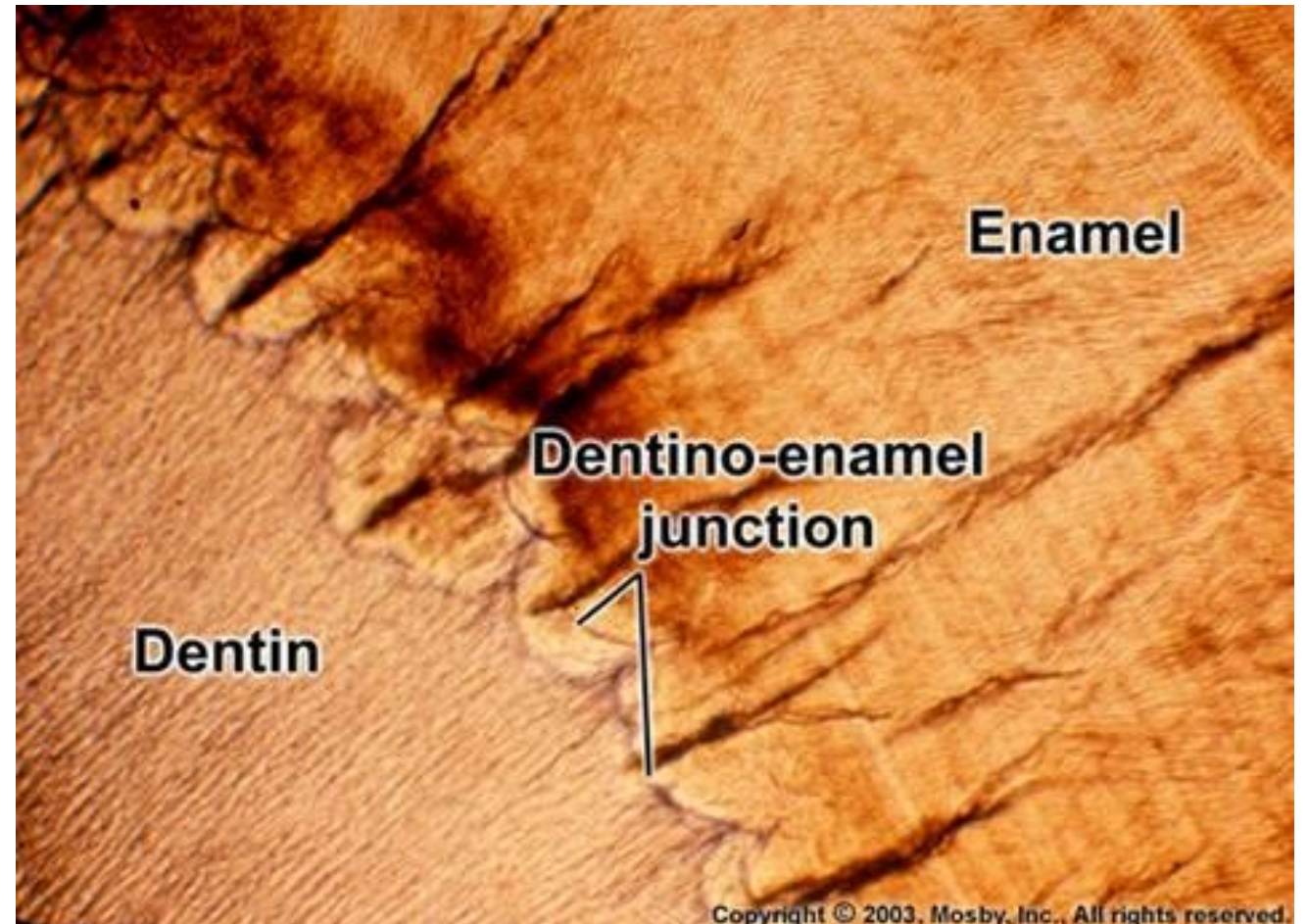
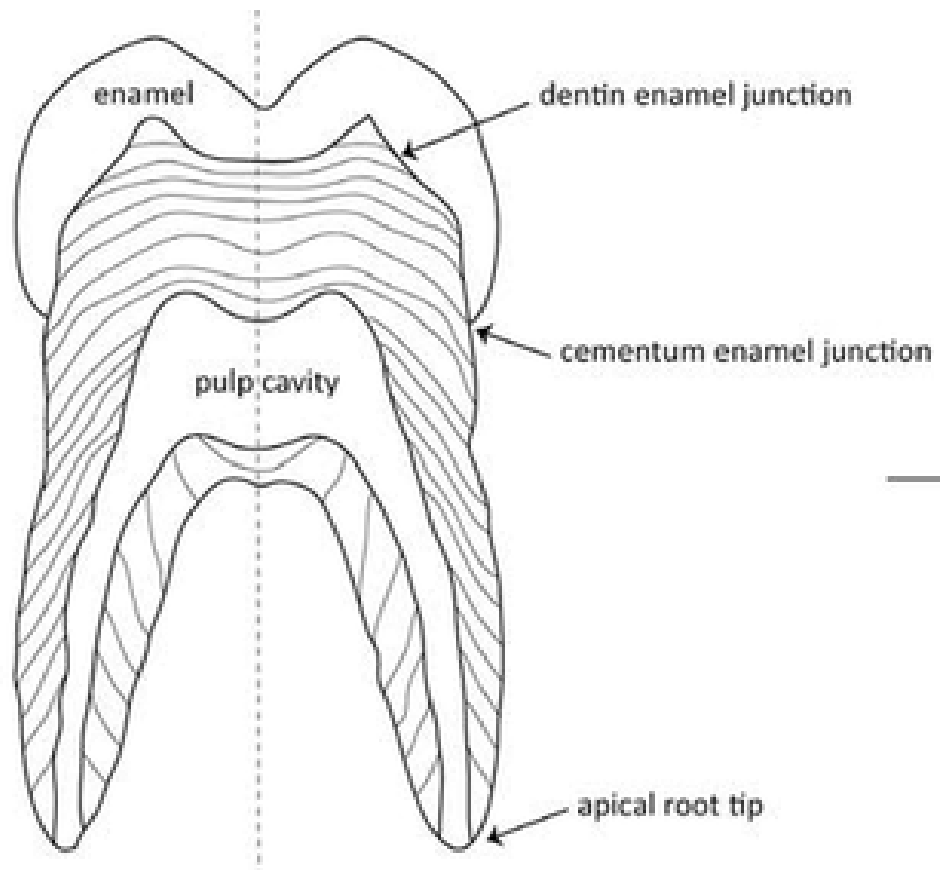
- 20-70 μm tlustá vrstva na povrchu korunky bez prizmat
- Tvrdší a více mineralizovaná, obsahuje více fluoru,
- Tvoří se před ukončením aktivity ameloblastů
- Krystaly hydroxylapatitu uspořádány souběžně a kolmo k povrchu emailu





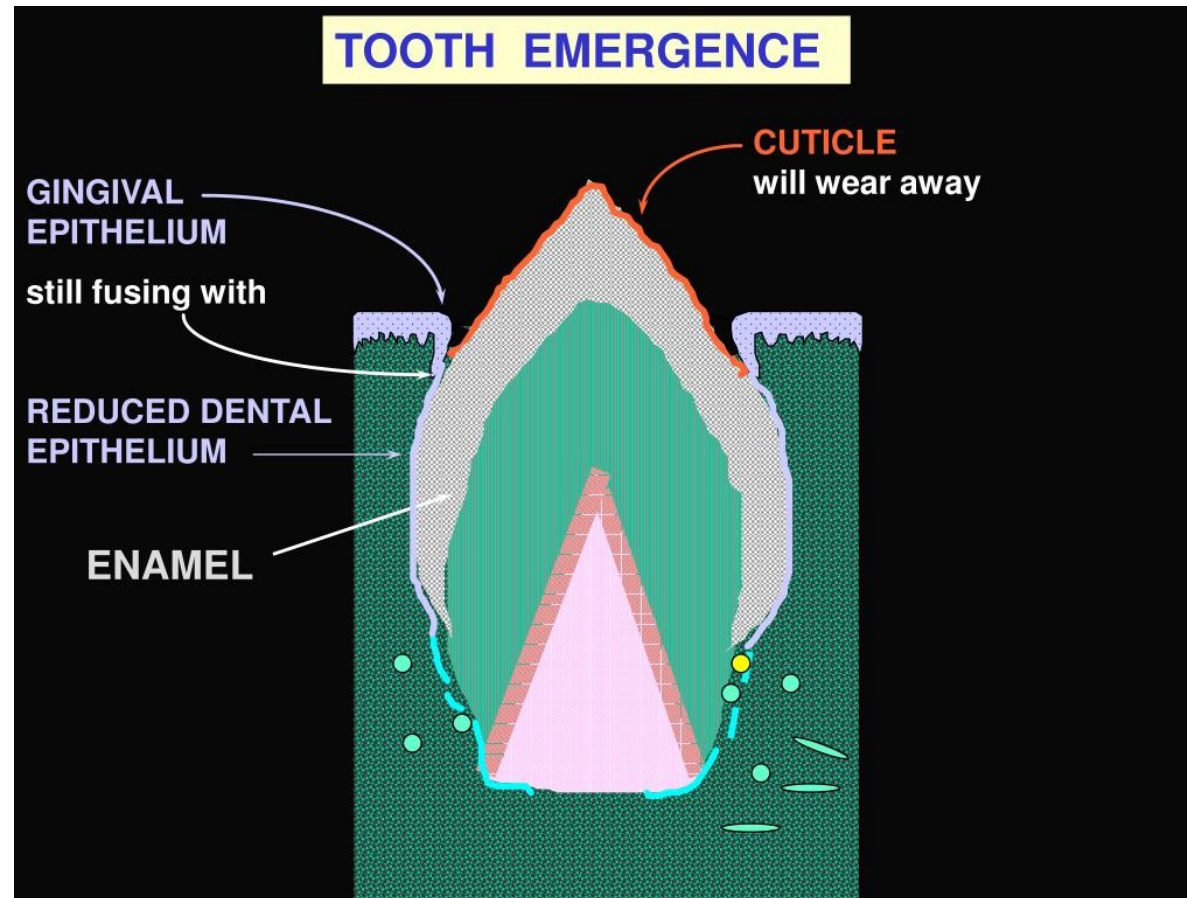
Dentino-sklovinná hranice

- 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 μm tlustá blanka, tvořena proteiny a polysacharidy
- Po prořezání její zbytky můžou být patrné pouze v blízkosti zubního krčku



ENAMEL

**Enamel
spindles**

DENTIN

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

Sklovinná vřeténka
(fusus enameli)

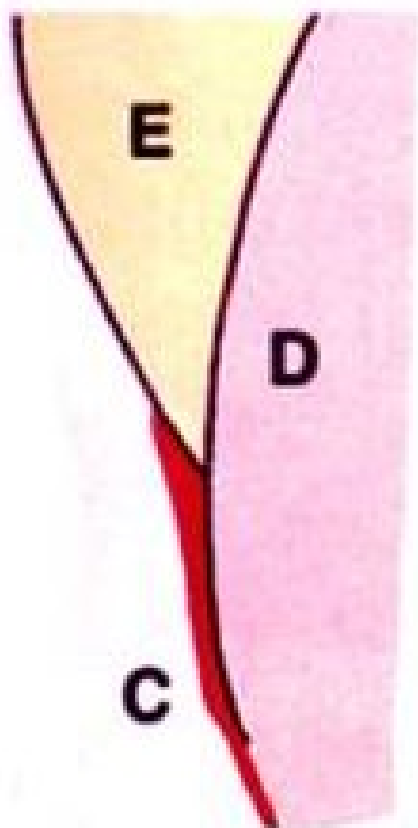
až 100 um dlouhá prodloužení
dentinových tubulů do skloviny

Cemento-sklovinná hranice

3 typy:

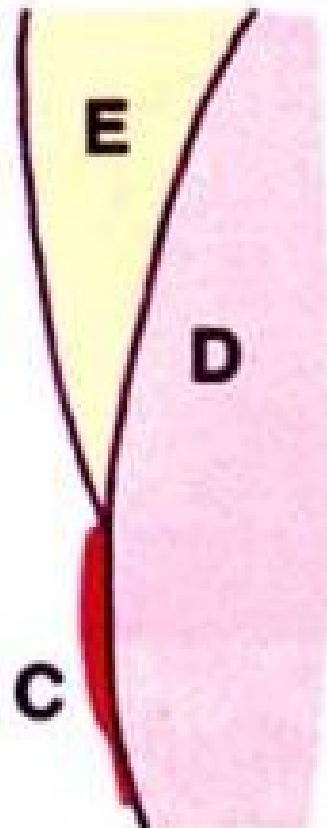
přesah cementu na sklovinu

15 %



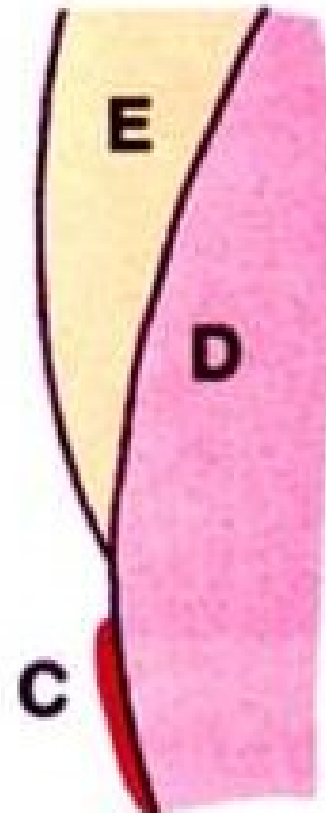
v ostré linii

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)

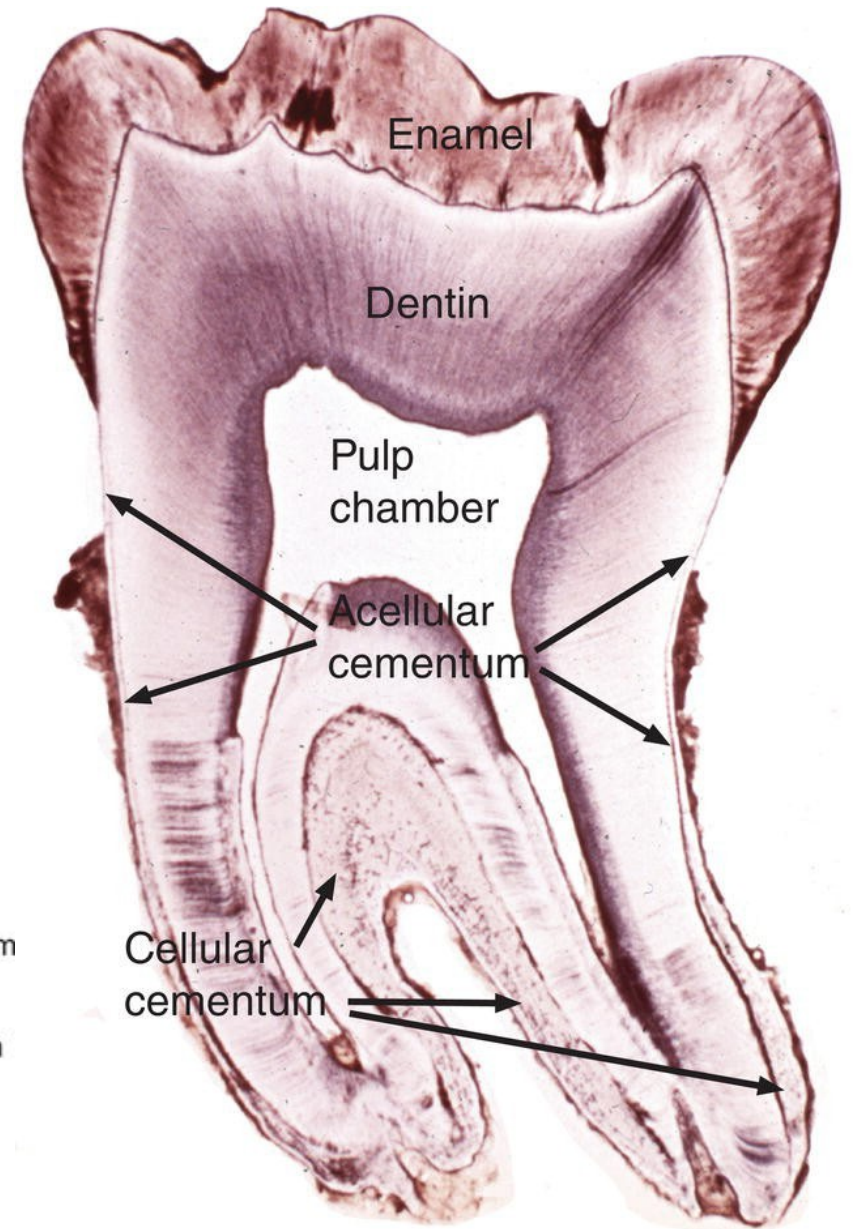
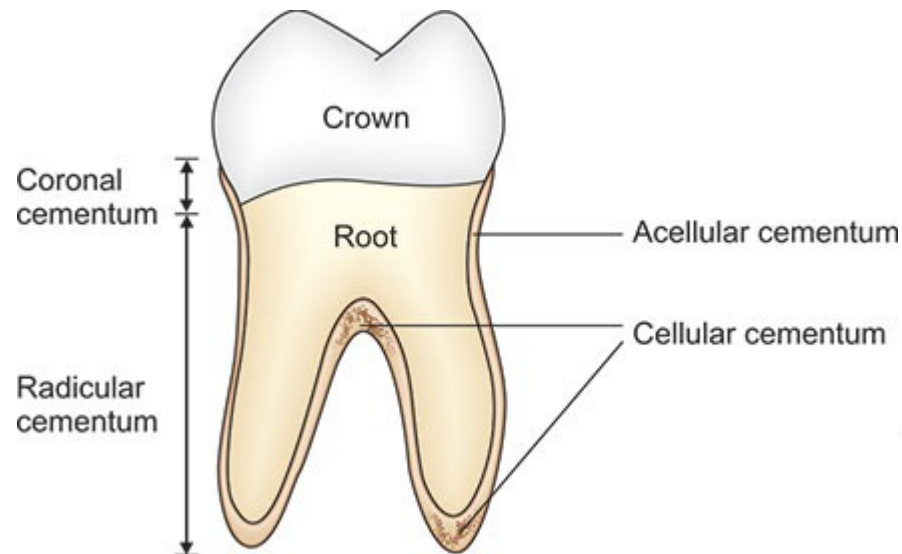


Zubní cement

- Tvrdá, kosti podobná tkáň, kryjící kořen 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

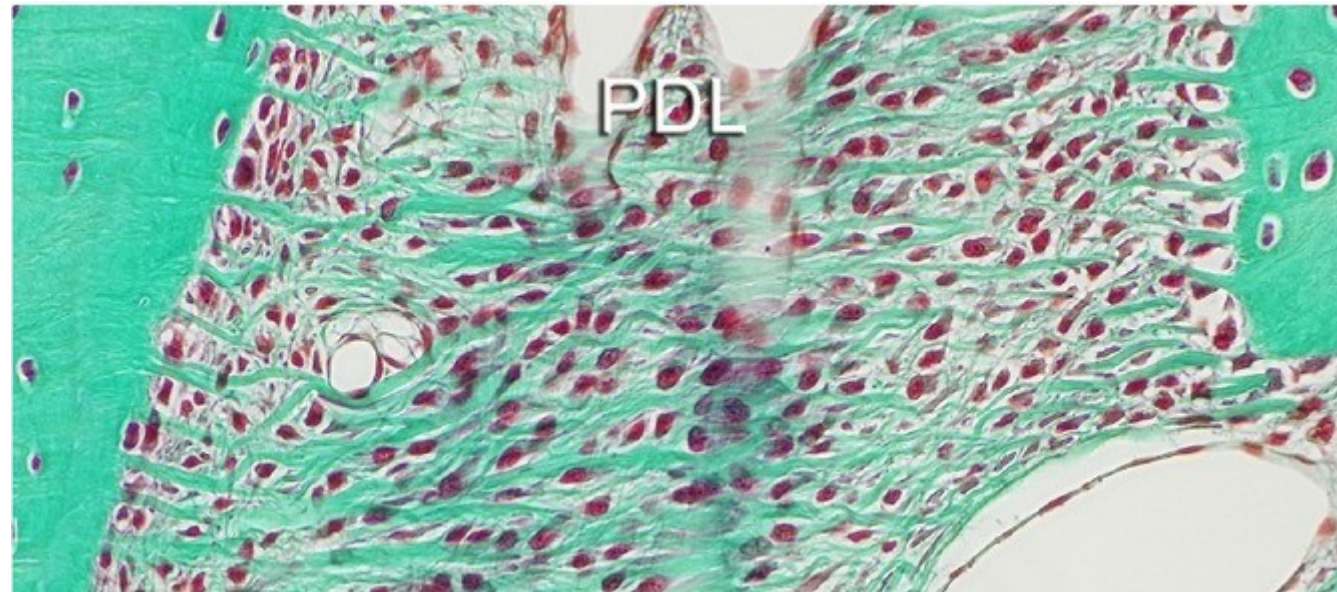
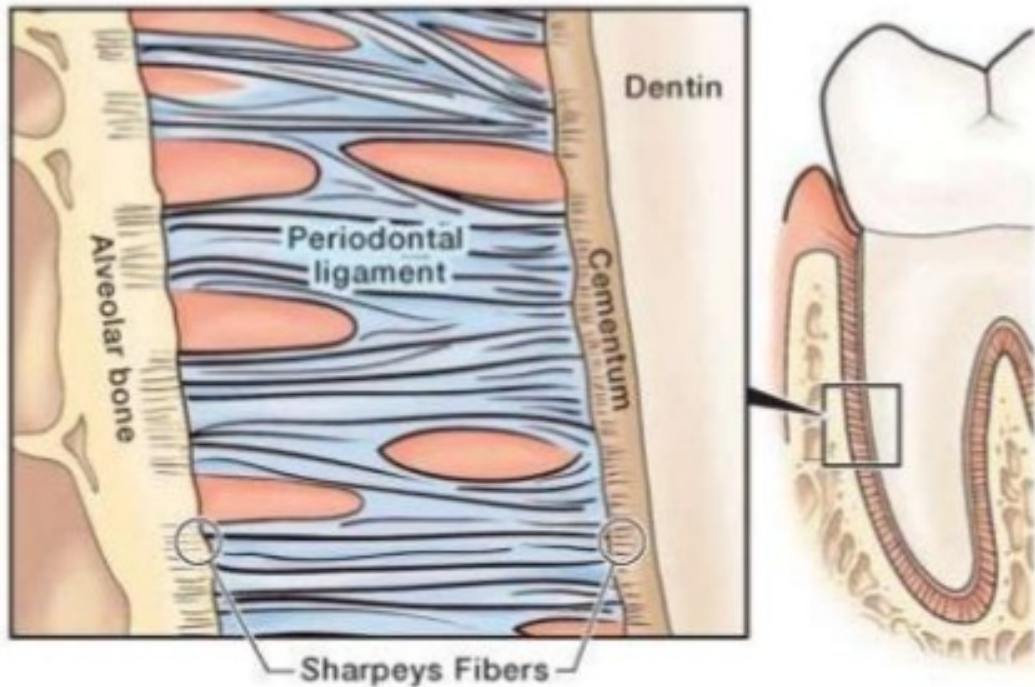
- Tvoří ho:

- 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 ubního 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

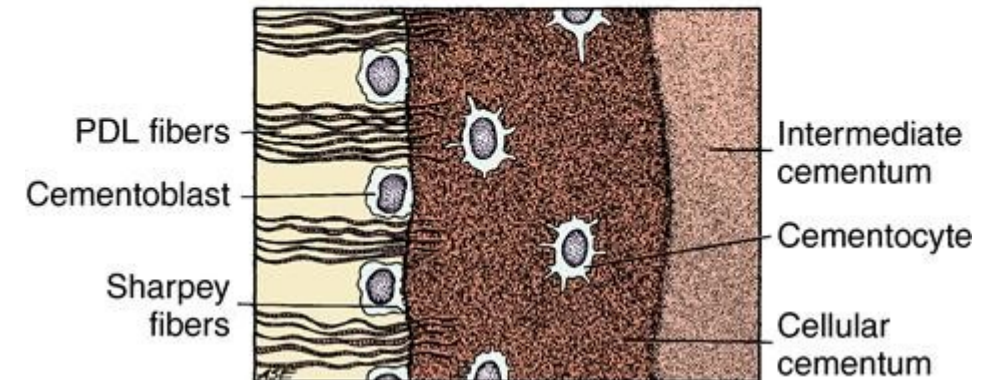
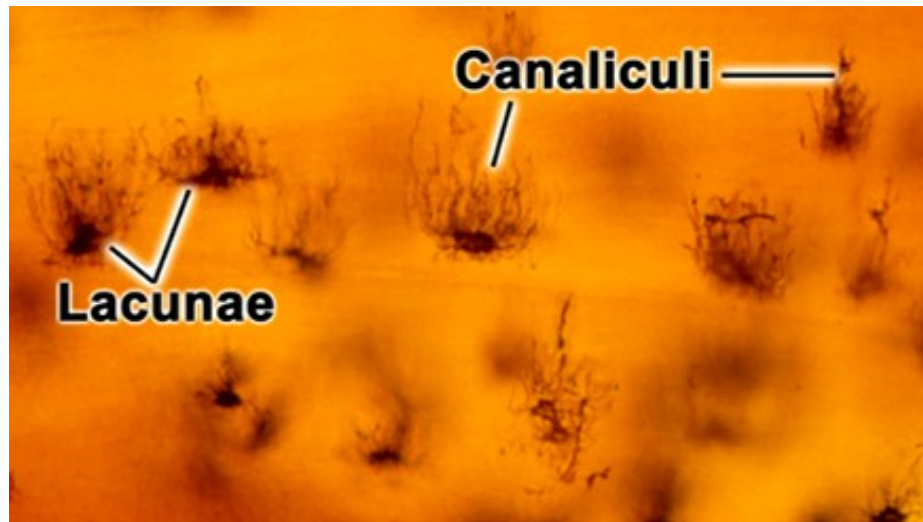
Buňky, které se aktivně podílí na tvorbě ECM

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 μm**

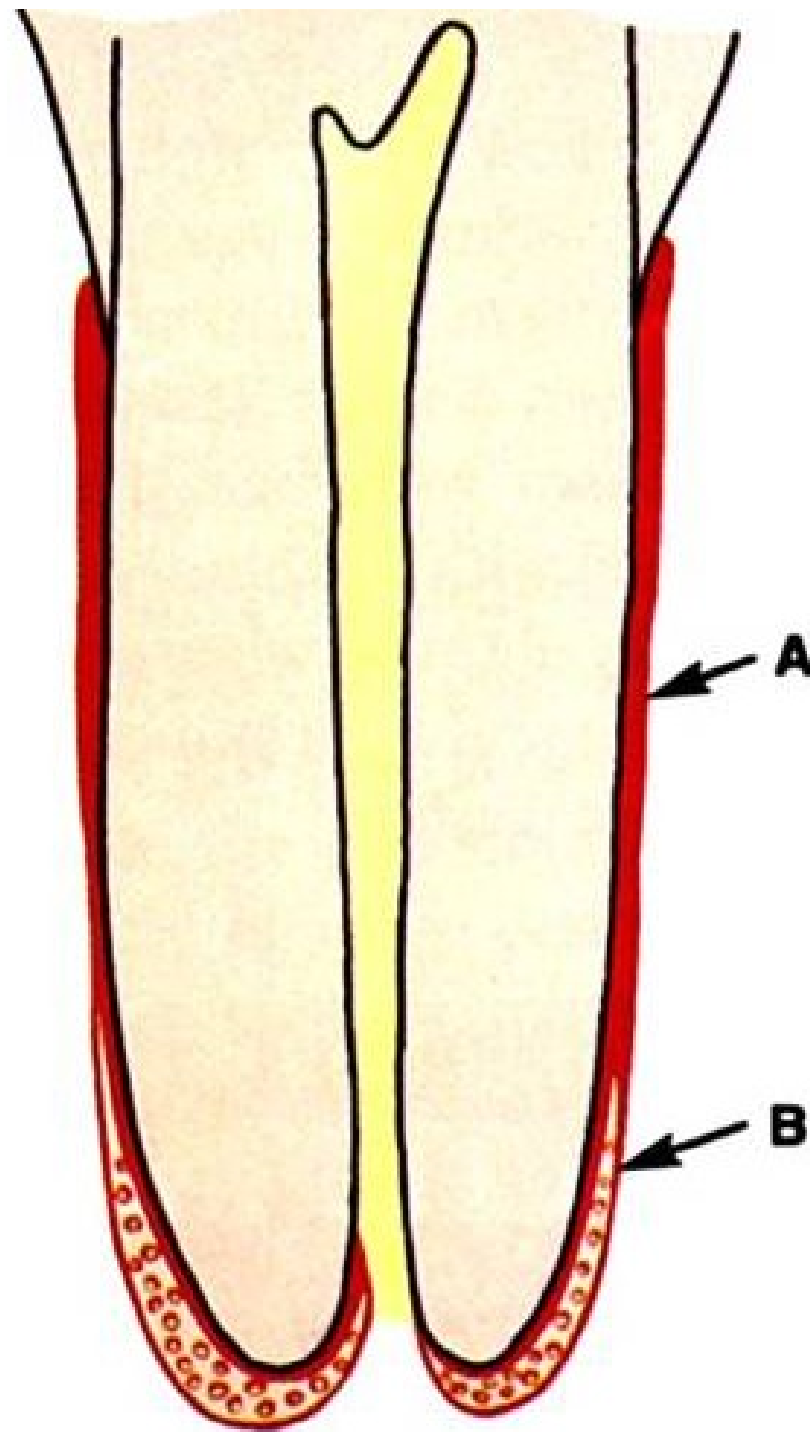
Sekundární (celulární)

Obsahuje cementocyty

V místech zatížení nebo v důsledku stárnutí

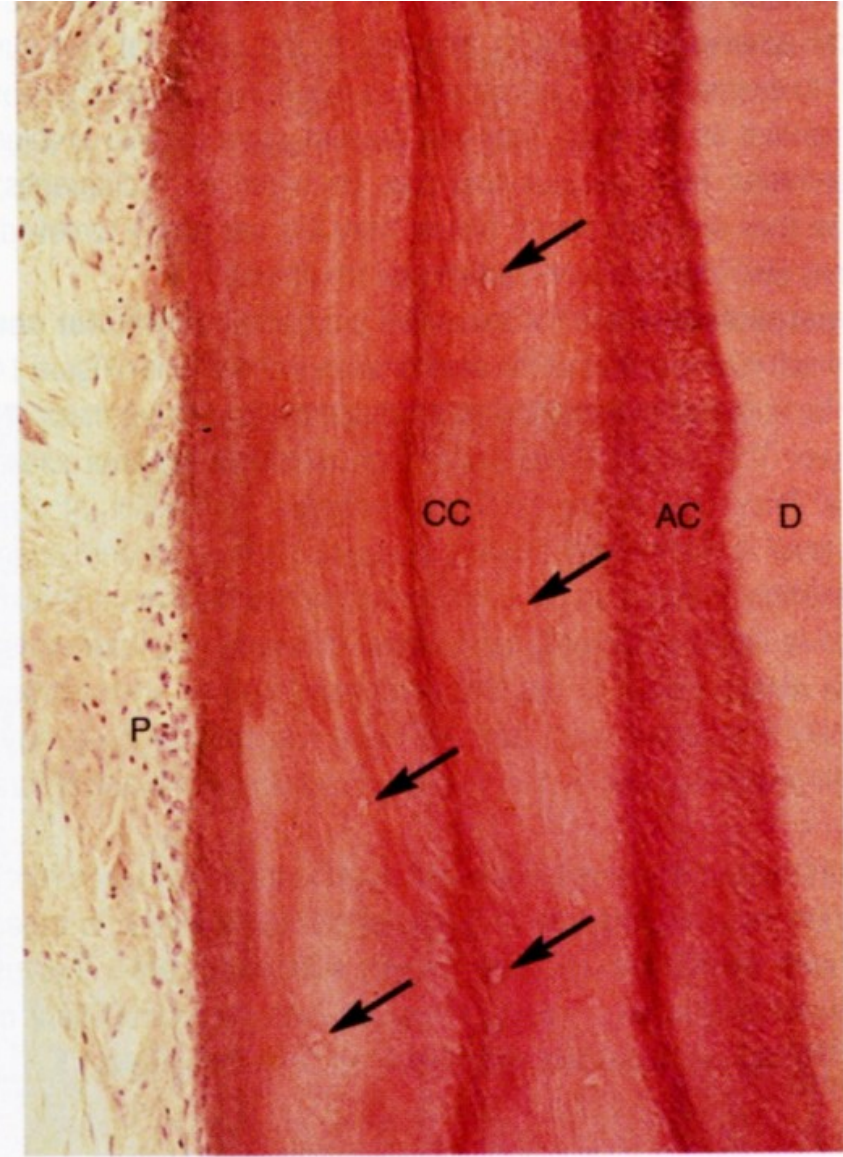
Zejména na zubních apexech

Dorůstá až do tloušťky **500 μm**





A



B

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

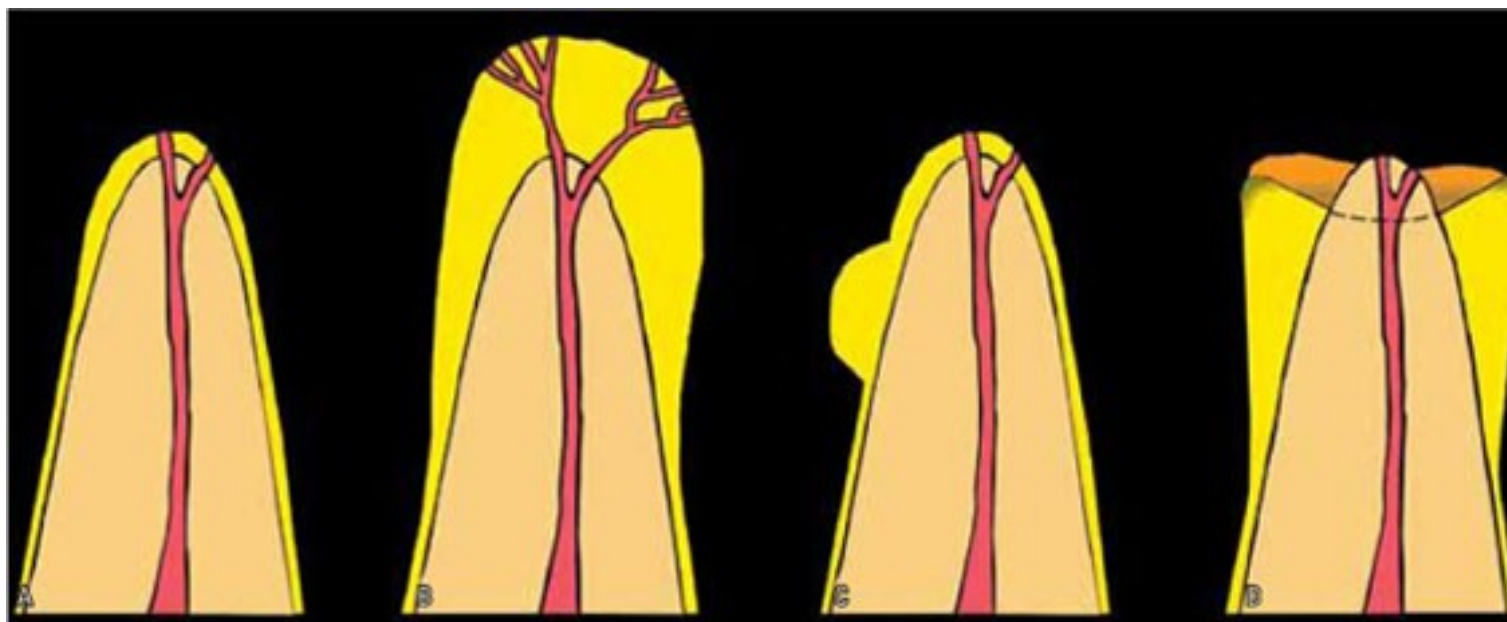
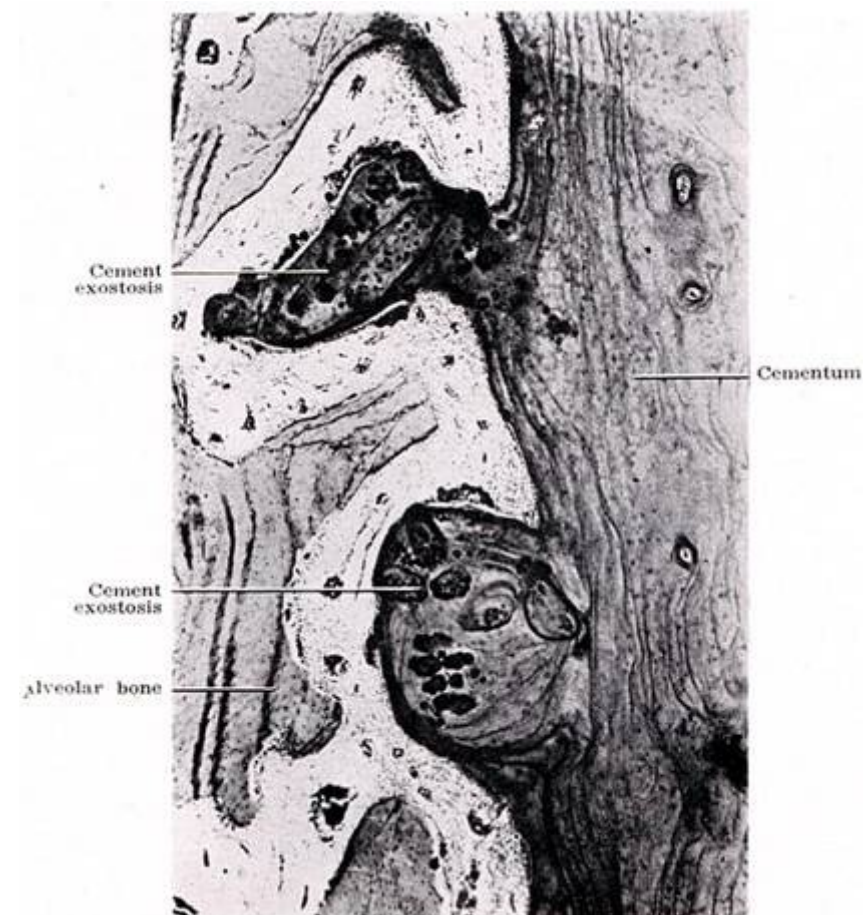


FIGURE 1 - Morphological types of hypercementosis: In (A) the root is normal; in (B) diffuse hypercementosis, when the root assumes a club shape. In (C) focal or localized hypercementosis, which is restricted to an isolated root surface; in (D) hypercementosis in the shape of a shirt sleeve cuff, which does not involve the most apical part and occurs on the periphery, as result of chronic periapical lesion (Source: Pinheiro²⁵).



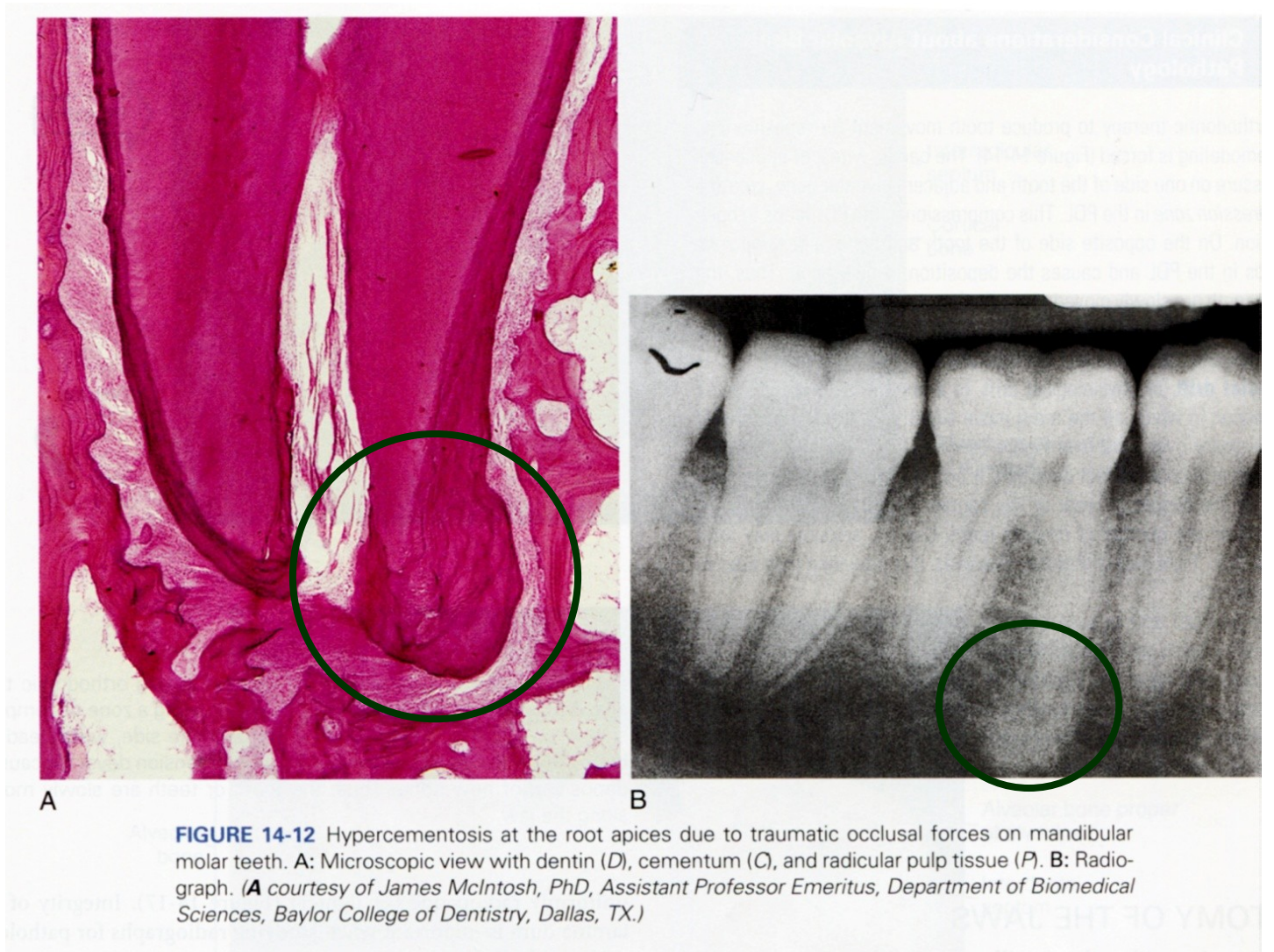
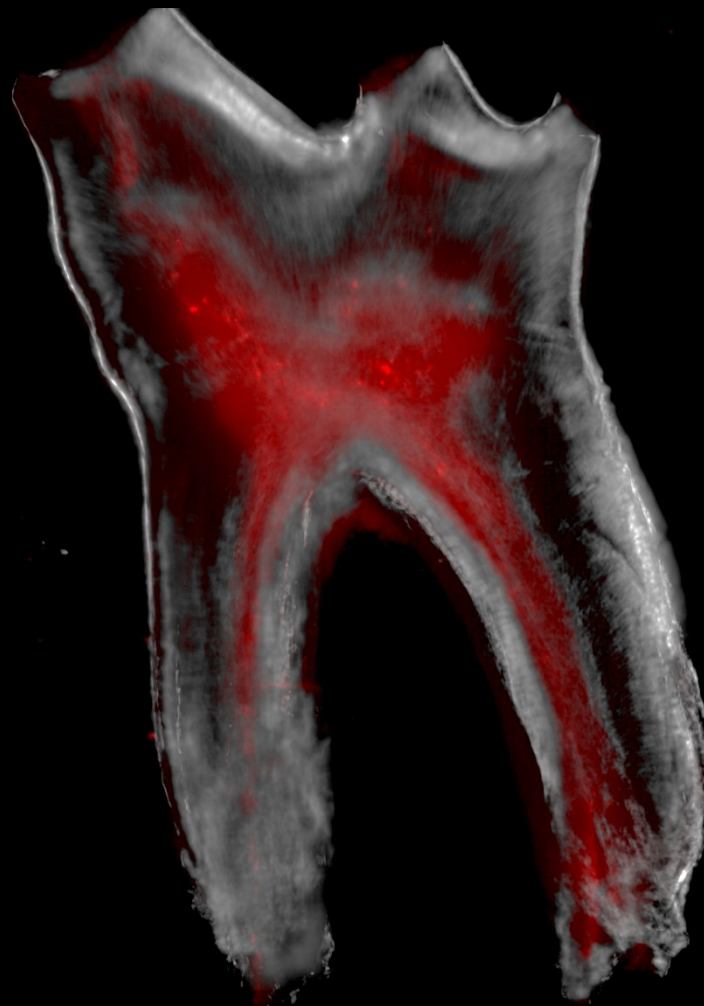


FIGURE 14-12 Hypercementosis at the root apices due to traumatic occlusal forces on mandibular molar teeth. **A:** Microscopic view with dentin (*D*), cementum (*C*), and radicular pulp tissue (*P*). **B:** Radiograph. (**A** courtesy of James McIntosh, PhD, Assistant Professor Emeritus, Department of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



Děkuji za pozornost!