

Amelogeneze

Amelogeneze

Apexy diferencovaných ameloblastů po repolarizaci směřují proti uložené dentinové matrix a odontoblastům, baze obráceny proti *stratum intermedium*

Štíhlé a dlouhé buňky (50 um), apikální domény buněk obsahují Golgiho ap. a gER, tvorba sekrečních zrn

Výdej zrn - *ekrinním způsobem*, a to nad spojovacími komplexy

Sekreční zrna obsahují proteiny tvořící kostru pro mineralizace skloviny:

Amelogeniny (90 %)

Hlavní produkt sekretorní fáze ameloblastů

kulovité polymery, regulace růstu sklovinných hranolů

Non-amelogeniny

Enamelin - Nukleace a usměrnění růstu krystalů

Ameloblastin – adhezivní molekula

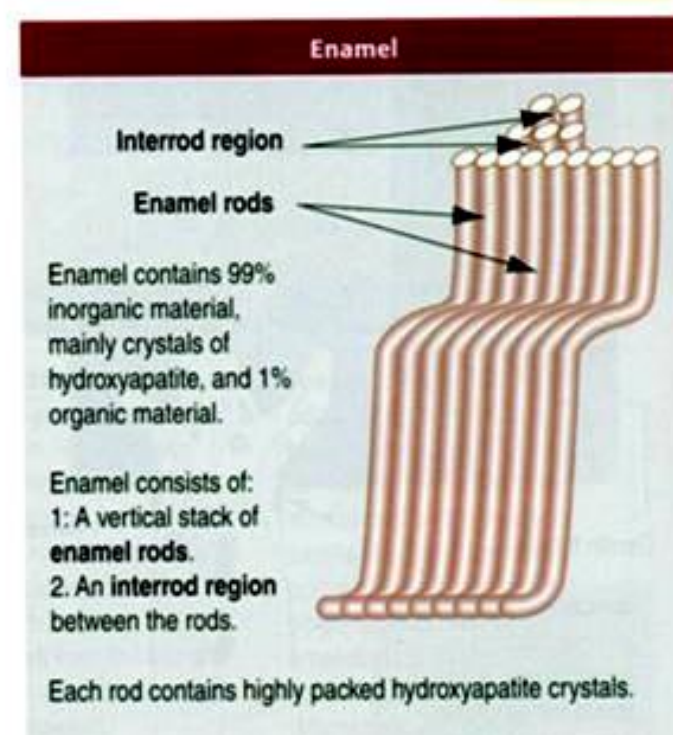
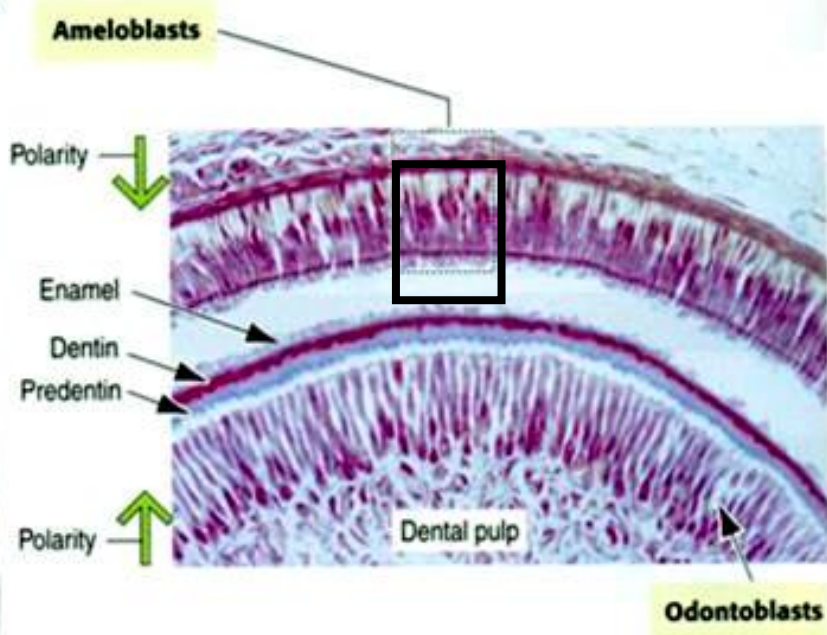
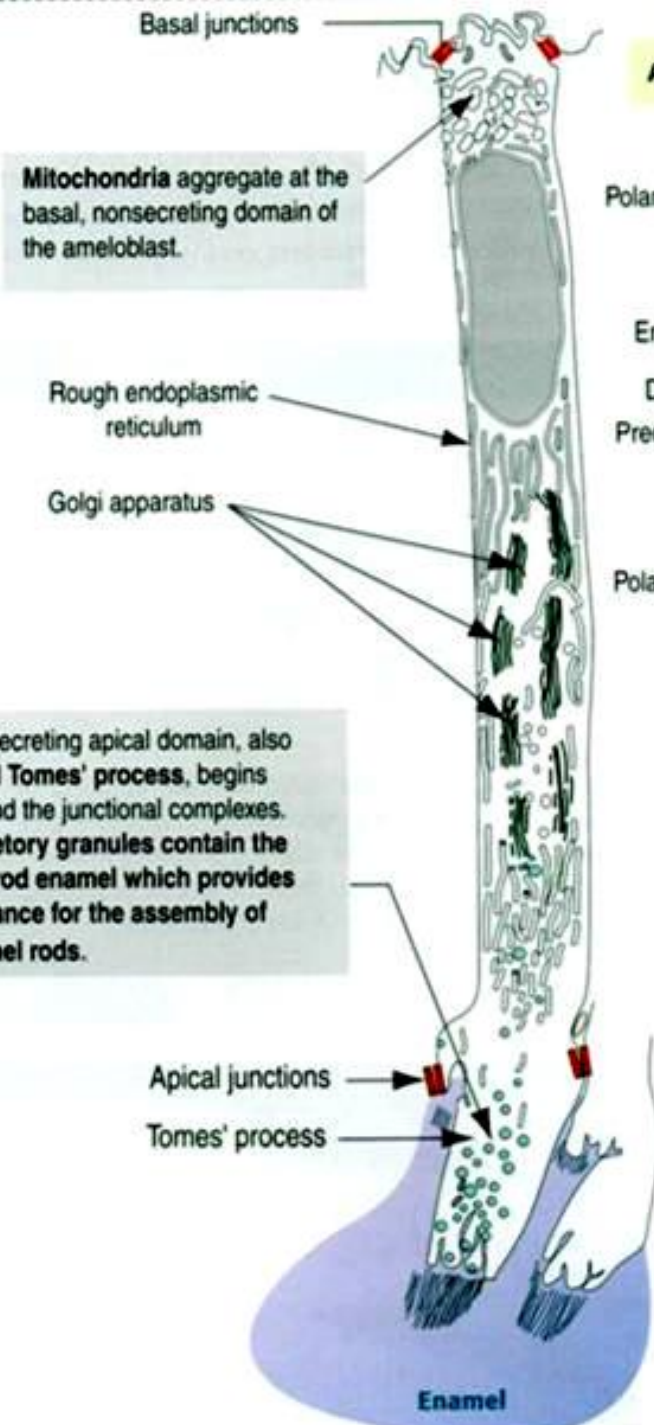
Kalikrein 4 – Proteasa secernovaná ameloblasty na konci sekretorní fáze

Tuftelin – stabilizuje spojení s dentinem

Enzymatické proteiny

Metaloproteinázy (MMP20) – degraduje amelogenin

alkalická a kyselá fosfomonoesteráza a serinproteináza1



Amelogeneze

Do sekrece skloviny se postupně zapojí všechny ameloblasty a každý vytváří jeden hranol skloviny (prizma)

Hranoly **narůstají od apikálních konců ameloblastů**

Růst neprobíhá kontinuálně, ale periodicky (s pravidelným střídáním fáze maximální sekreční aktivity a fáze odpočinkové (klidové))

V průběhu jednoho cyklu se prizma prodlouží přibližně o 15-30 mikrometrů projevem jsou na zubních výbrusech **Retziusovy čáry** - končí v perikymatech

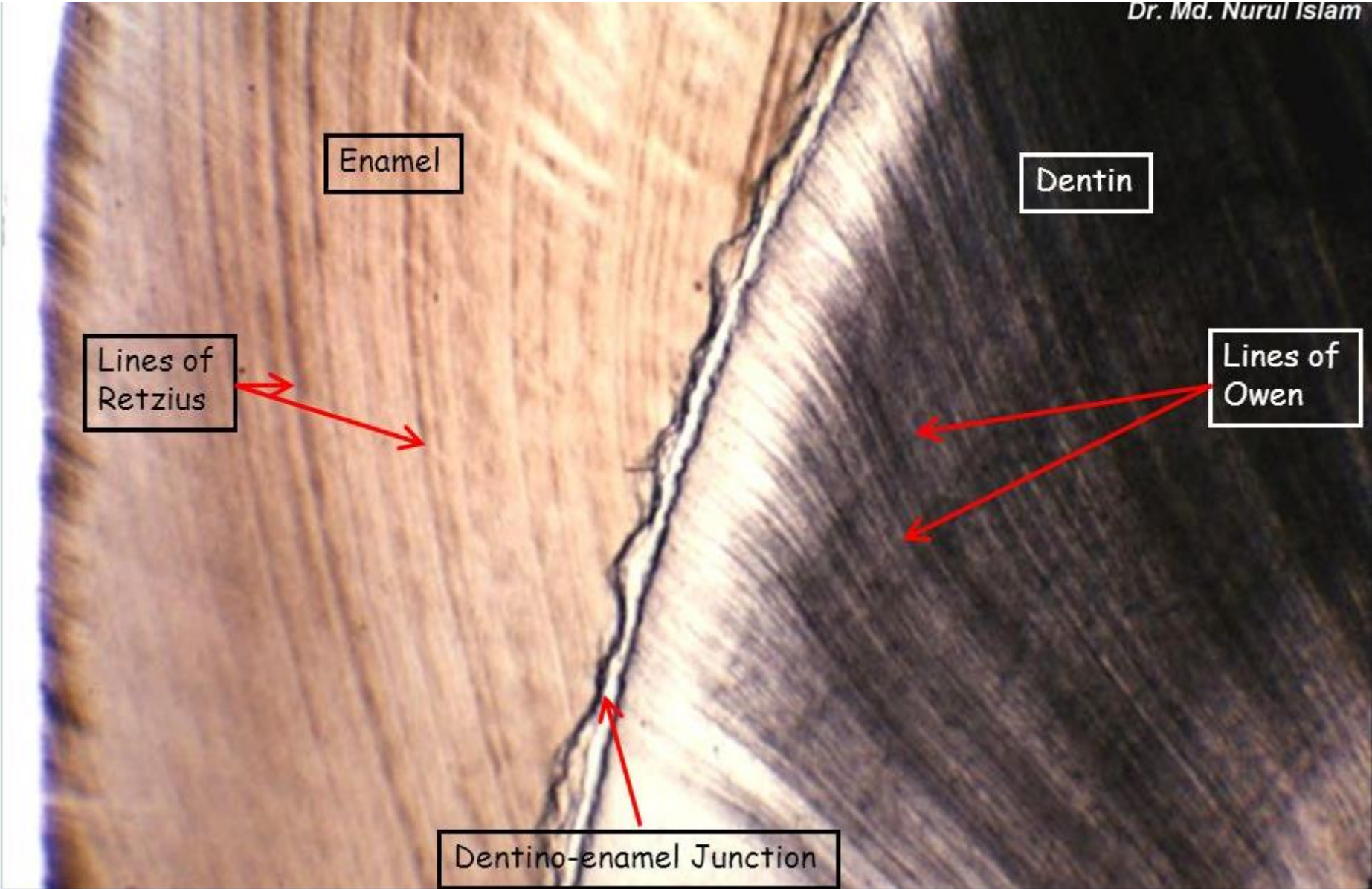
Délka této periody jsou asi 4 dny

Sekrece prizmat - 3 fáze:

- **ukládání organické matrix** - **proteiny**, mukopolysacharidy, lipidy
- **mineralizační** - v matrix se tvoří krystalizační centra, kde se ukládá hydroxylapatit v podobě submikroskopických krystalů
- **maturační** - růst krystalů spojený s úbytkem organické matrix (až 0,5 -1%)

Retziusovy linie

Dr. Md. Nurul Islam



Enamel

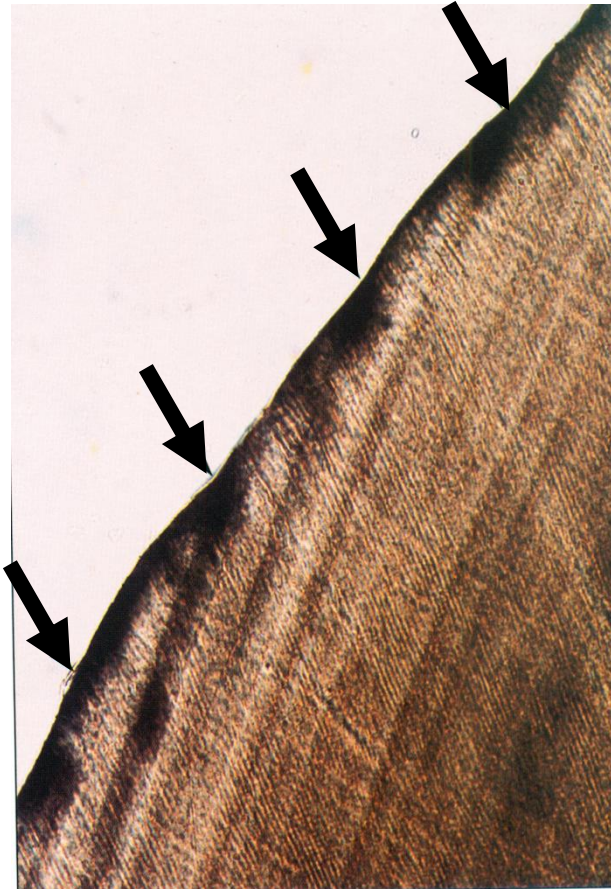
Dentin

Lines of Retzius

Lines of Owen

Dentino-enamel Junction

Perikymata



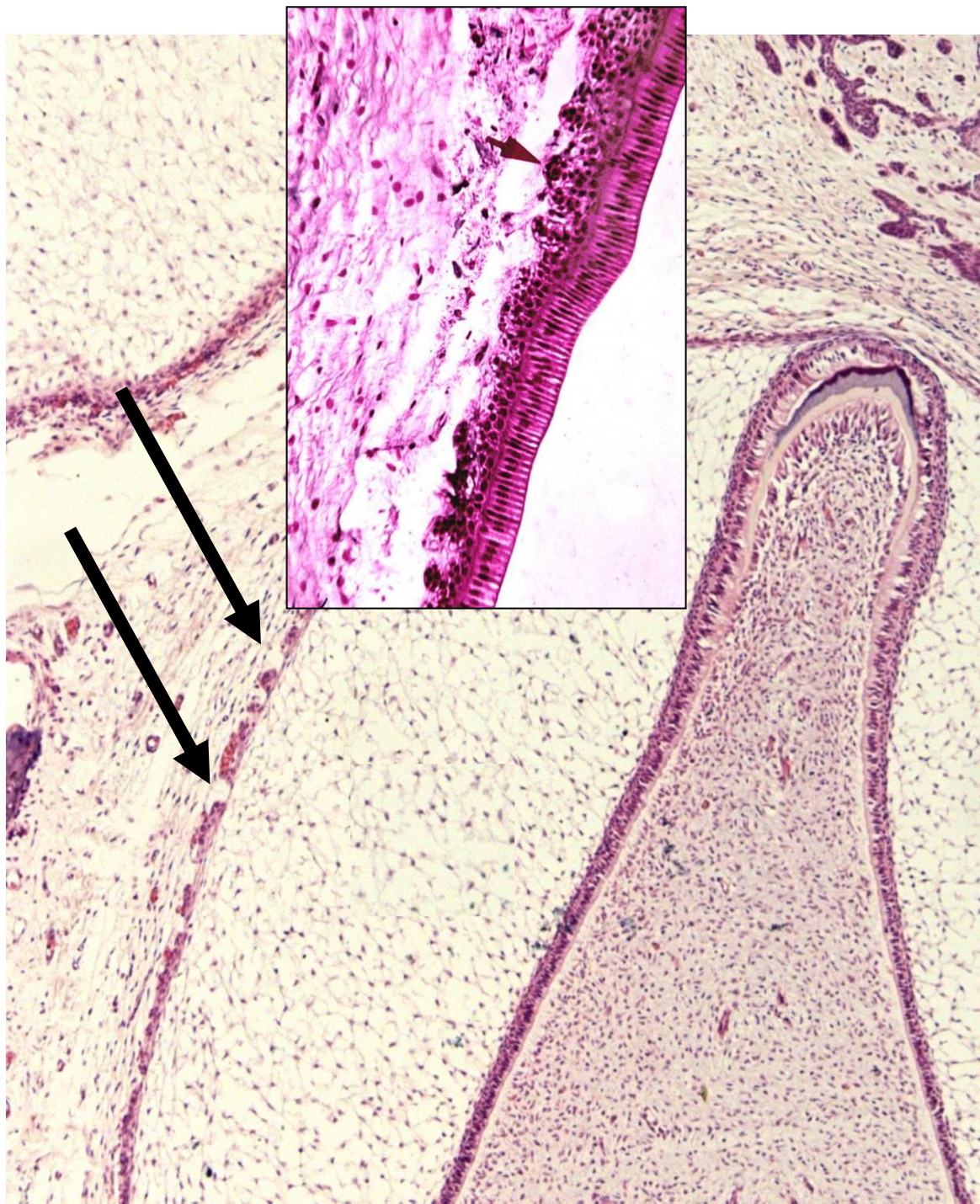
Výživa ameloblastů

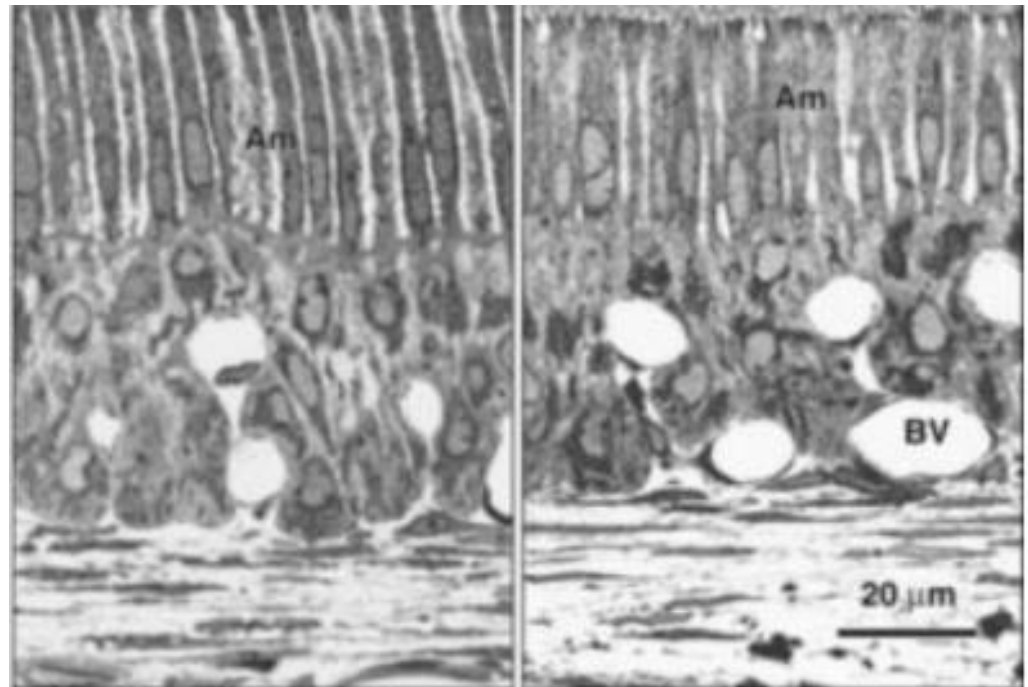
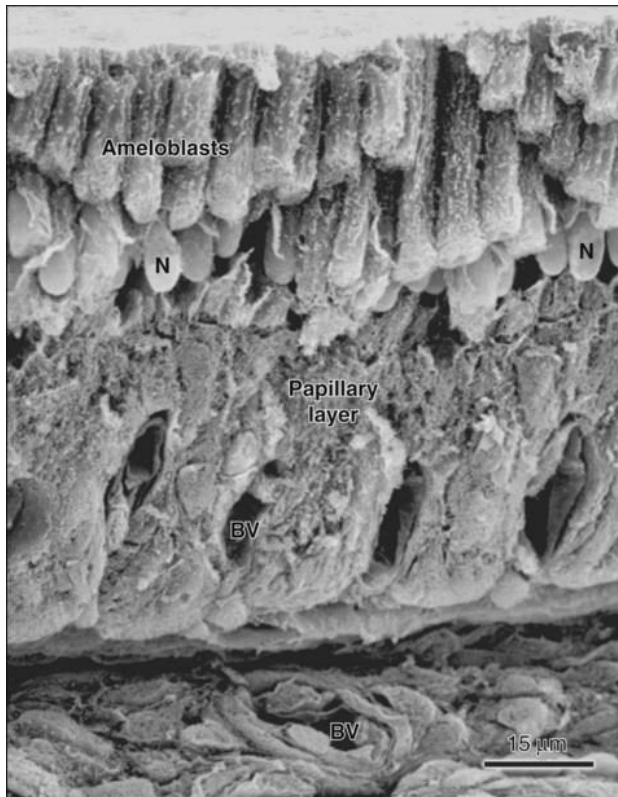
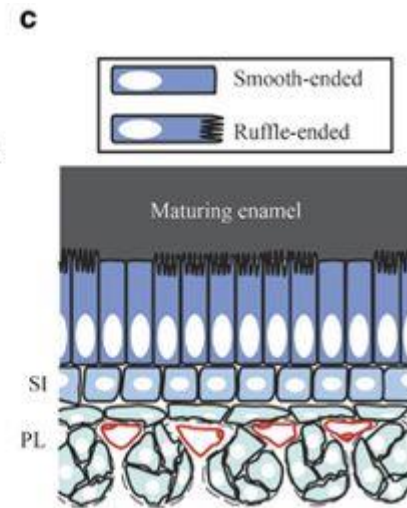
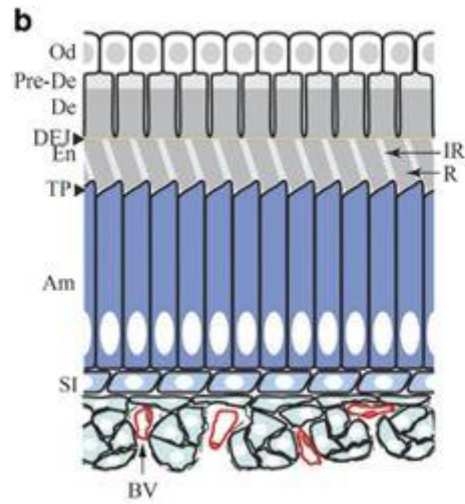
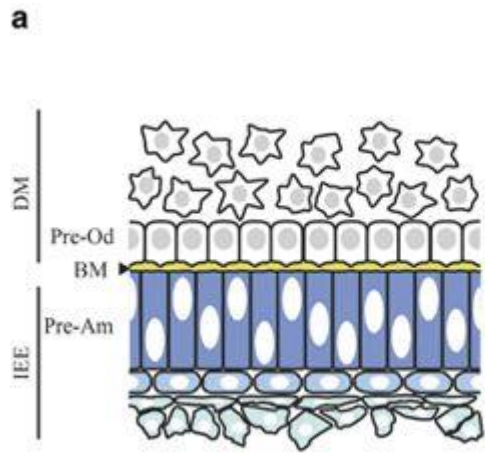
Vyvíjí se ještě před zahájením tvorby prizmat - k fokálnímu zániku buněk vnějšího sklovinného epitelu zubního pohárku (apoptozou)

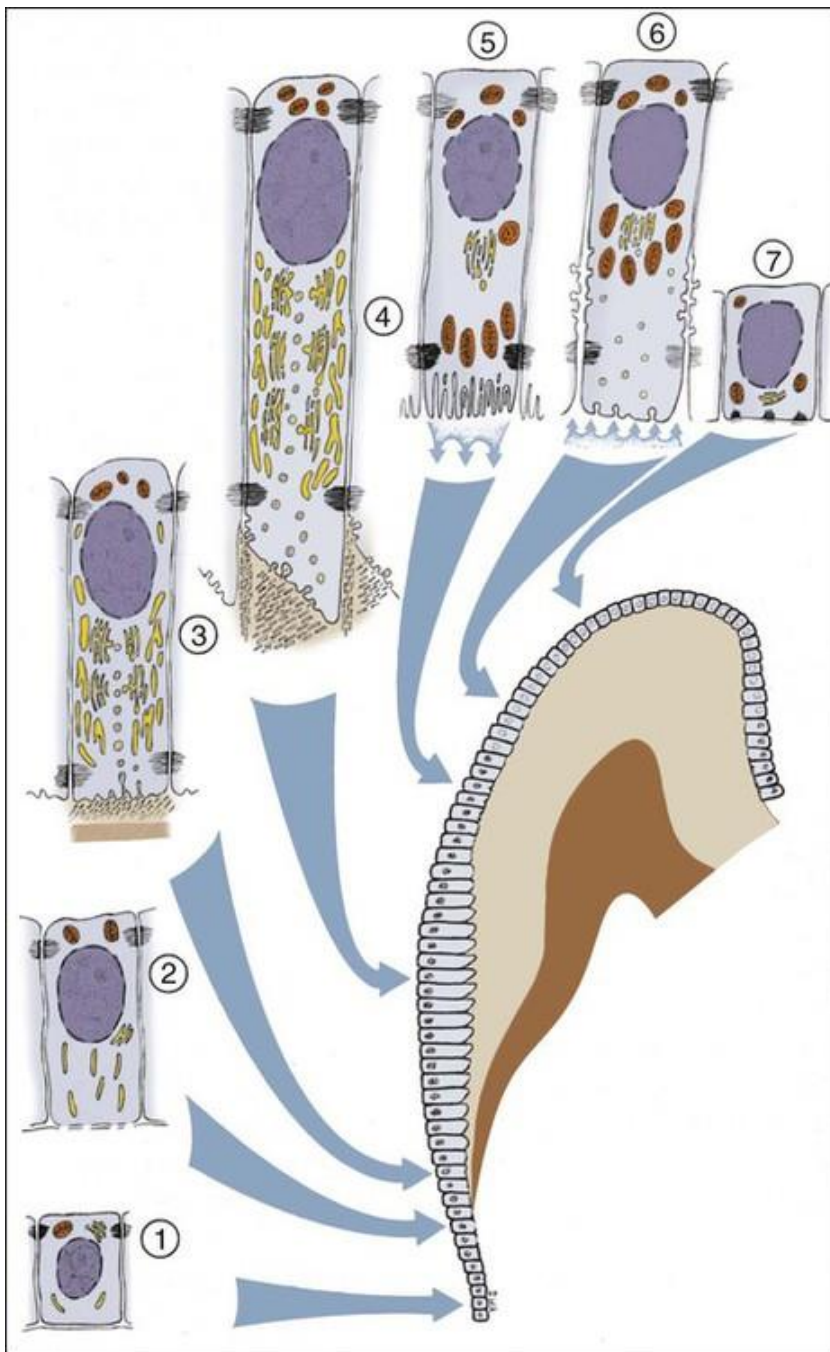
Skrz takto vzniklé otvůrky v zevním sklovinném epitelu penetrují do retikula krevní cévy – zajištění výživy ameloblastů

Redukce až zánik epitelového retikula a intracelulární mukoidní substance

Zůstane pouze
Stratum intermedium + vnitřní ameloblasty



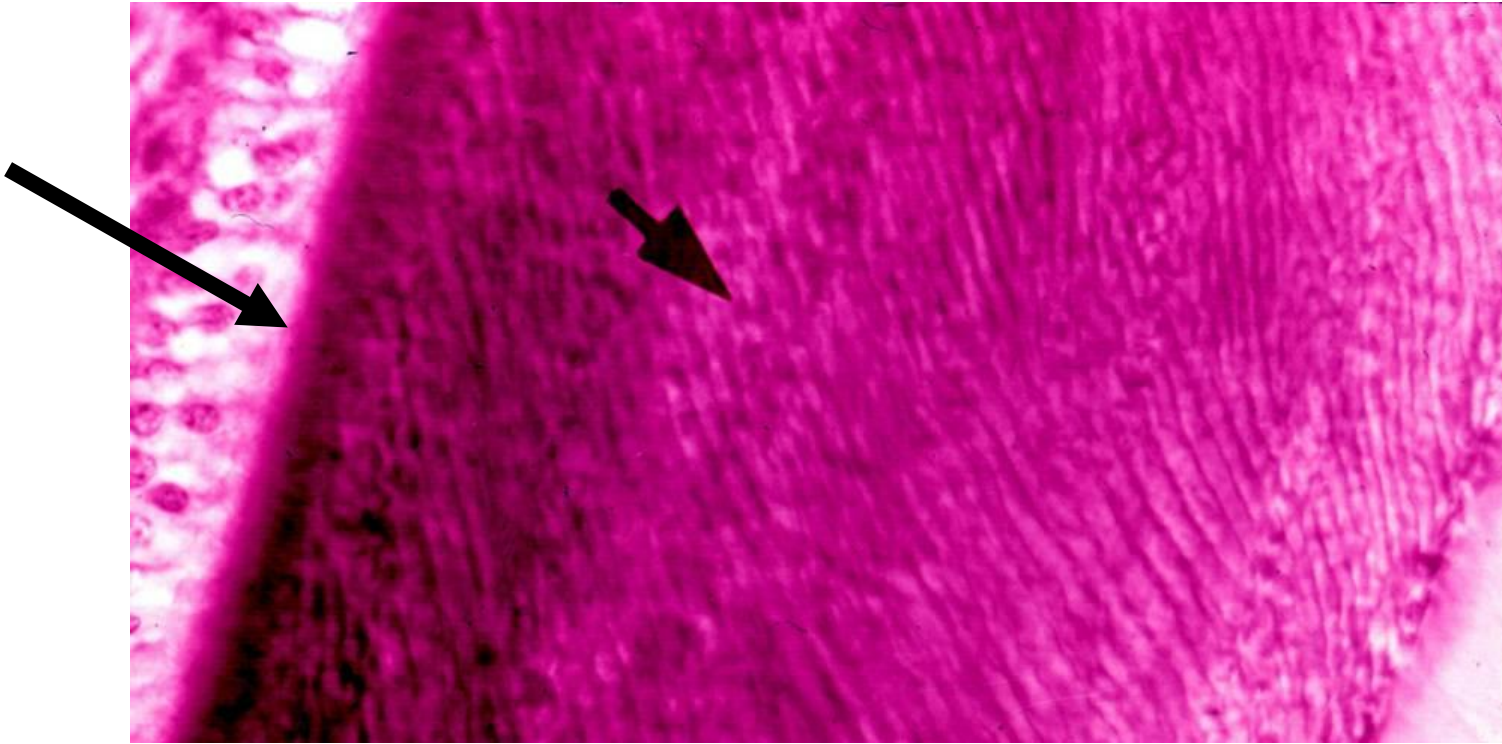




Schematic representation of the various functional stages in the life cycle of ameloblasts as would occur in a human tooth

- 1) Morphogenetic stage
- 2) Histodifferentiation stage
- 3) Initial secretory stage (no Tomes' process)
- 4) Secretory stage (Tomes' process)
- 5) Ruffle-ended ameloblast of the maturative stage
- 6) Smooth-ended ameloblast of the maturative stage
- 7) Protective stage

Před definitivním skončením sekreční činnosti ameloblasty vytvoří na povrchu skloviny tenkou vrstvičku organické substance - **cuticula dentis**

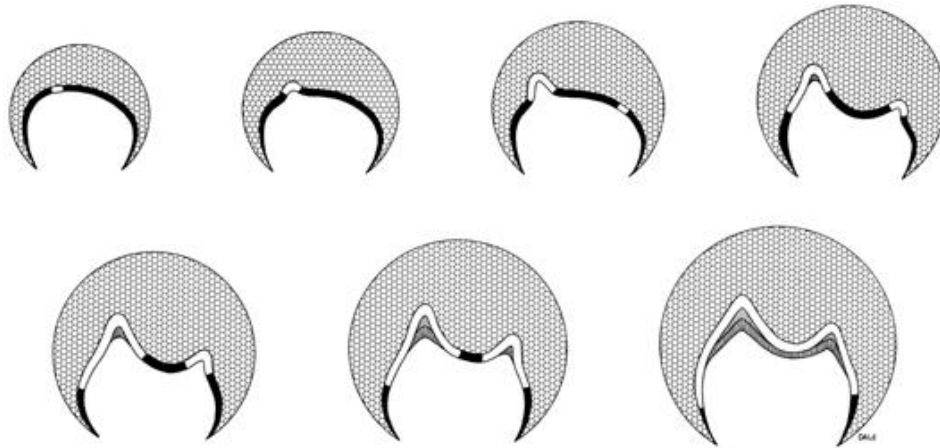


Po ukončení sekrece se ameloblasty zkracují a splynou s buňkami stratum intermedium vznikne tzv. **redukovaný sklovinný epitel** - chrání korunku během jejího prořezávání

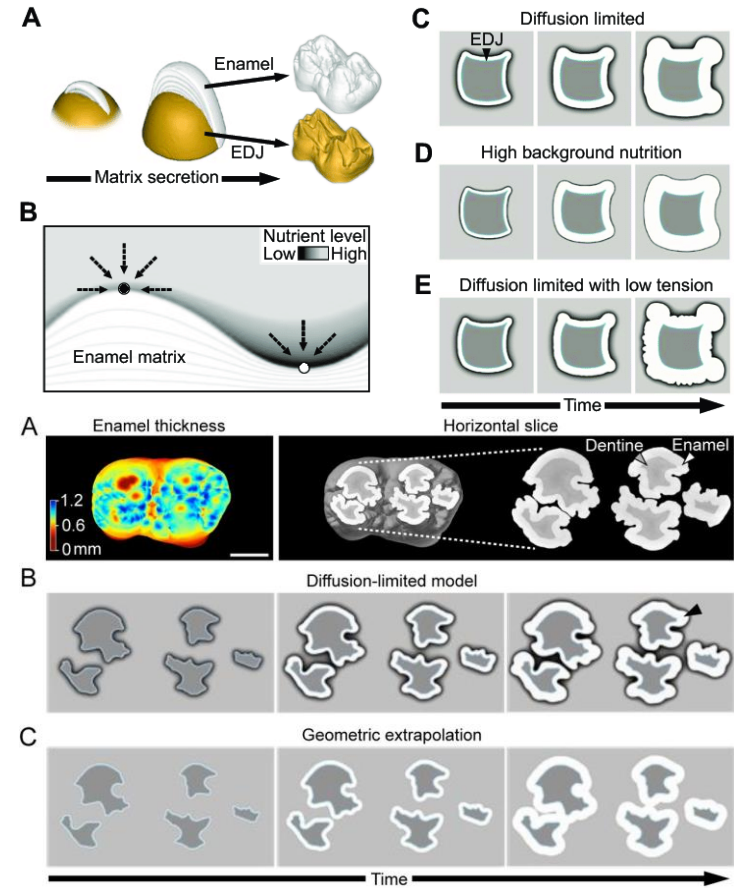
Tvar korunky

Zodpovědné procesy:

1. Primární patterning tvaru zubu – **sklovinné uzly**
2. Počet **růstových center v zubním pohárku** – míst, kde buňky zahájí sekreční činnost, jsou definována během diferenciací ameloblastů mechanismy embryonální indukce **signálními molekulami odontoblastů** (v genomu buněk sklovinného epitelu exprimují geny, které řídí rychlost proliferace)
3. Výživa během samotné produkce skloviny (*Häkkinen et al., 2019 BioRxiv*)



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



Dentinogeneze

Dentinogeneze

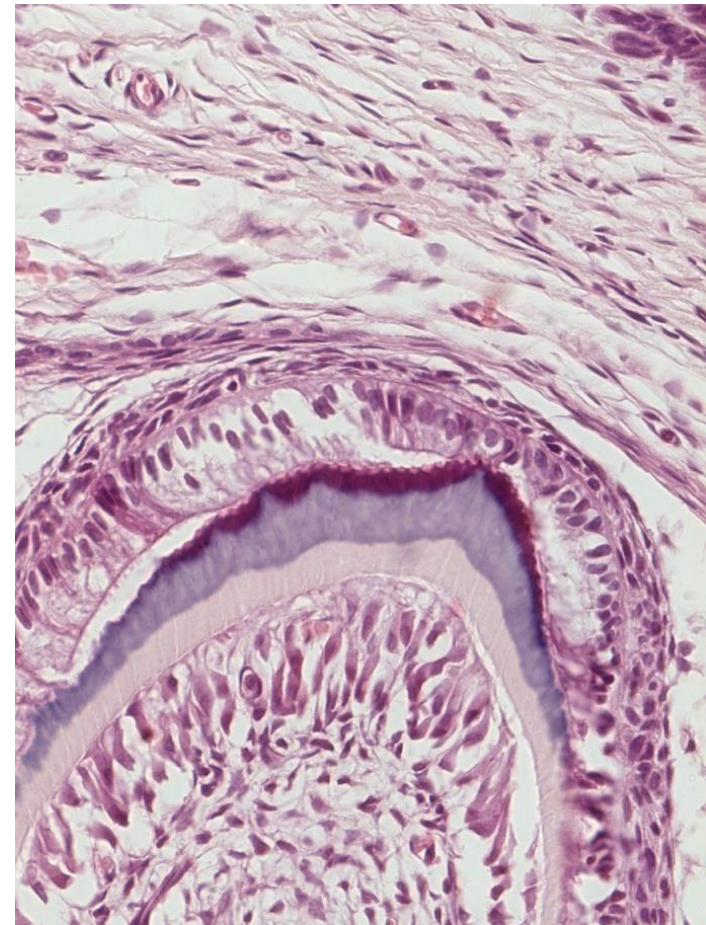
Základní hmotu dentinu secernují odontoblasty, které vznikly z povrchové vrstvy ektomezenchymu zubní papily indukčním působením preameloblastů

Sekreční činnost zahájí první odontoblasty **růstového centra**, tj. na vrcholu zubní papily

Prekurzory dentinové matrix jsou shromažďovány v apexech, které směřují proti apexům ameloblastů

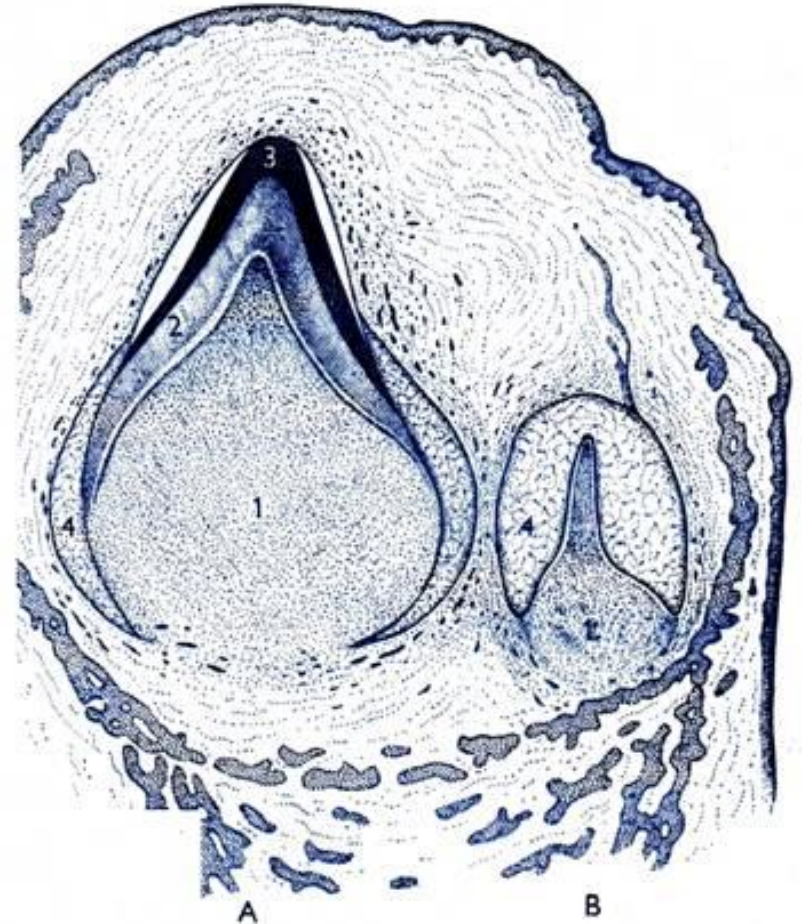
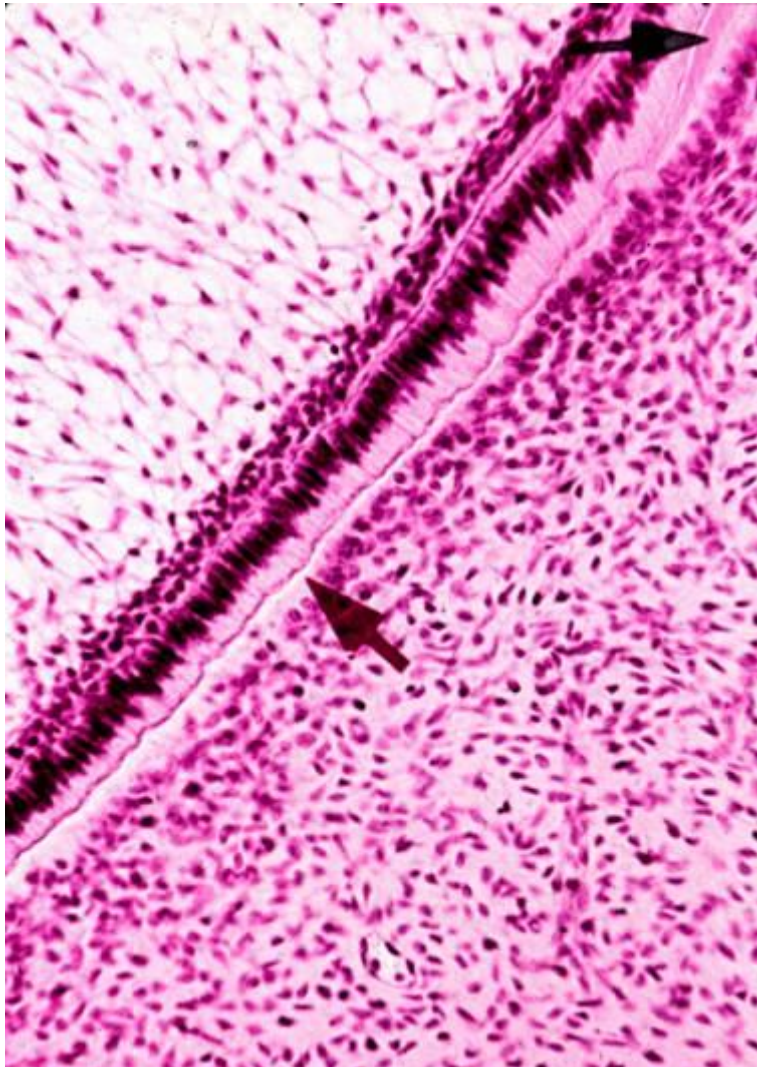
Vyloučená matrix je měkká - **proteiny** rodiny kolagenů kolagen typu I + III a proteoglykany (versican, keratansulfát, decorin, chondroitinsulfát)

Odontoblasty a ameloblasty se během ukládání matrix od sebe vzdalují



Do produkce základní hmoty dentinu jsou zapojovány kromě odontoblastů růstového centra i odontoblasty ostatních oddílů zubní papily

Společnou činností všech odontoblastů se vytvoří dentinový podklad zubní korunky



Obr. 83.
Vývoj zubu. Dělný zub ve stadiu sponice (A), časně stadium vývoje zubu trvalého (B). Zubní papila (1), dentin (2), sklera (3), orgán skloviny (4).

V prvních vrstvách matrix jsou pouze retikulární vlákna

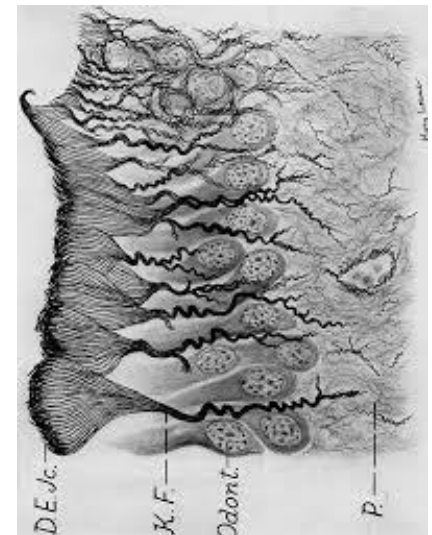
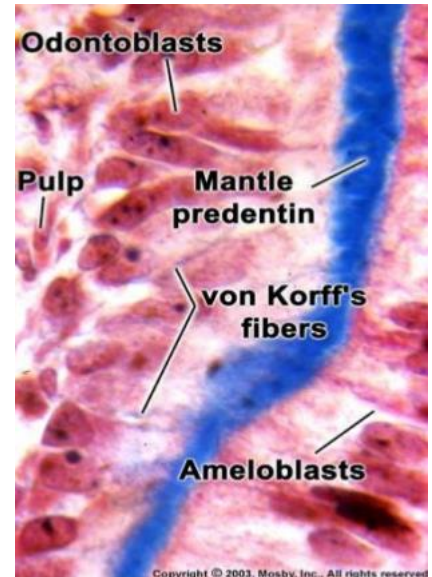
Radiální svazečky - Korffovy svazečky

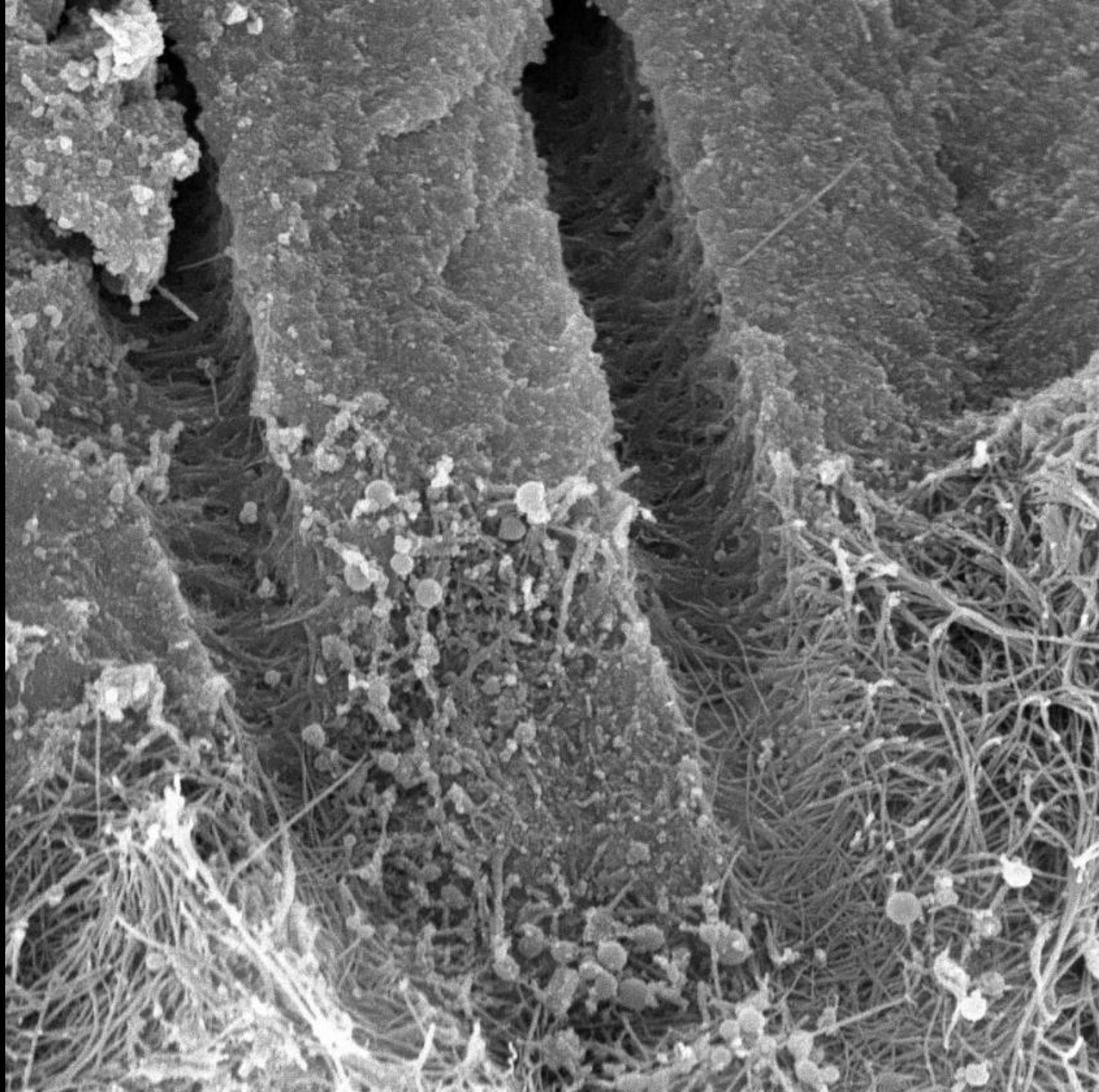
Teprve po uložení Korffových svazečků **začnou buňky ukládat kolagenní vlákna (I)**, která probíhají podélně, kolmo na dentinové kanálky

Vápenatění (kalcifikace) dentinové matrix je komplexní pochod
účast enzymu alkalické fosfatázy její aktivita prokázána jak v tělech,
tak i výběžcích odontoblastů

Společně kalcifikují +/-4 denní přírůstky
(submikr. krystalizační centra – kalcisférity střídané
interglobulárními oblastmi – splývání kalcisféritů)
(síťování kolagenu//fosfoproteiny, glykoproteiny,
osteokalcin/proteoglykany//)

**Matrix v těsné blízkosti odontoblastů je nezápenatělá
= predentin**



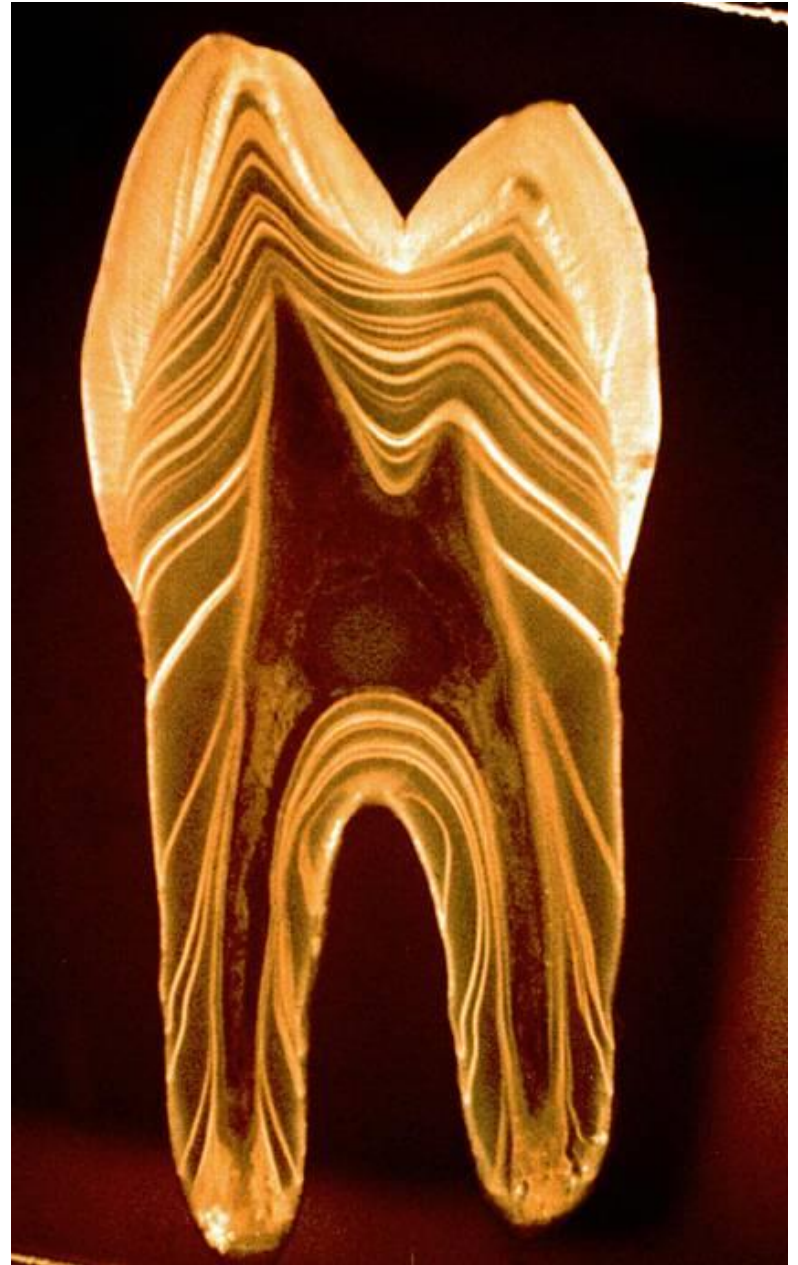


Ukládání matrix periodicky

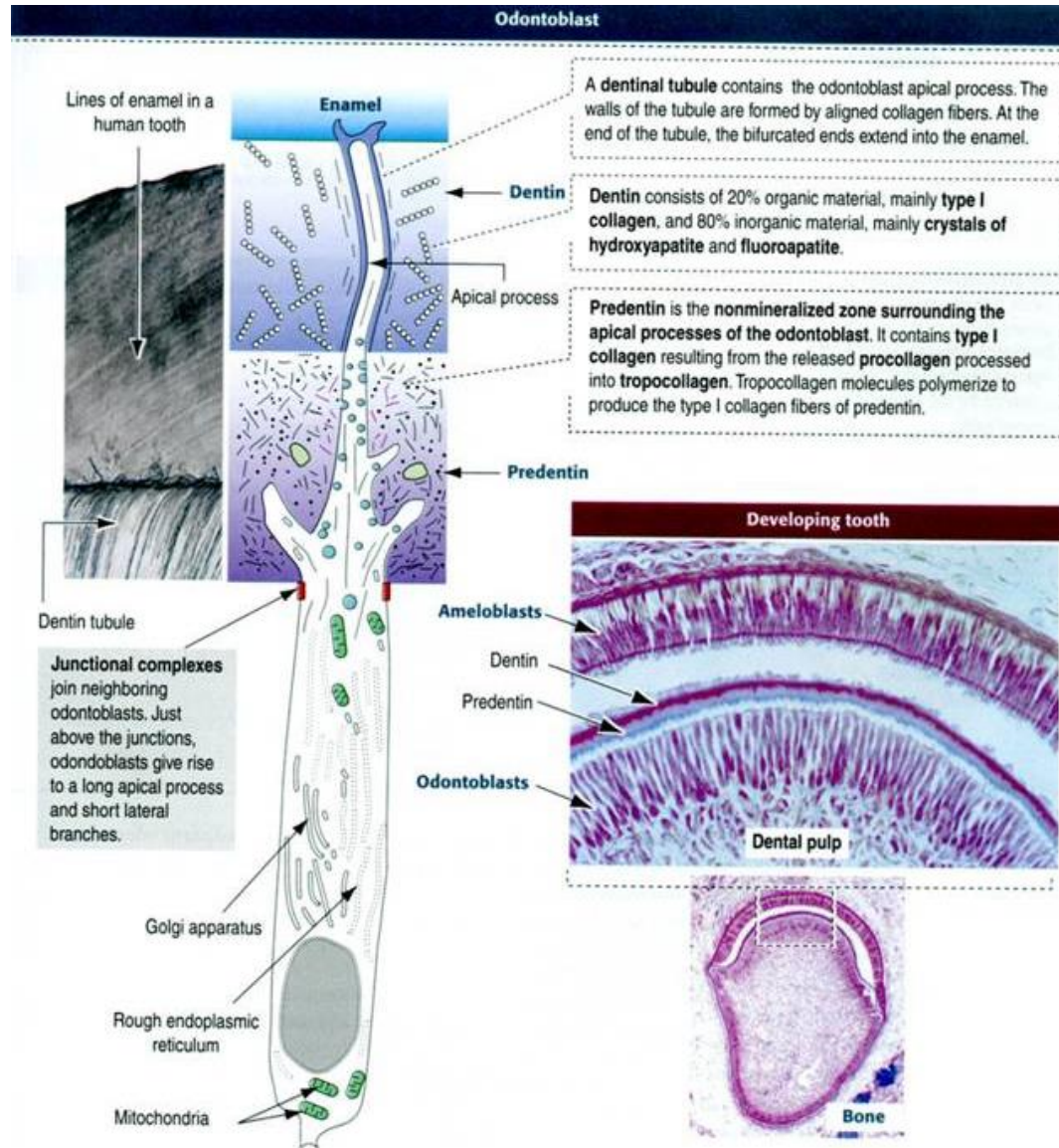
4-8 $\mu\text{m}/\text{den}$

dokladem jsou von Ebnerovy čáry na
odvápňených řezech

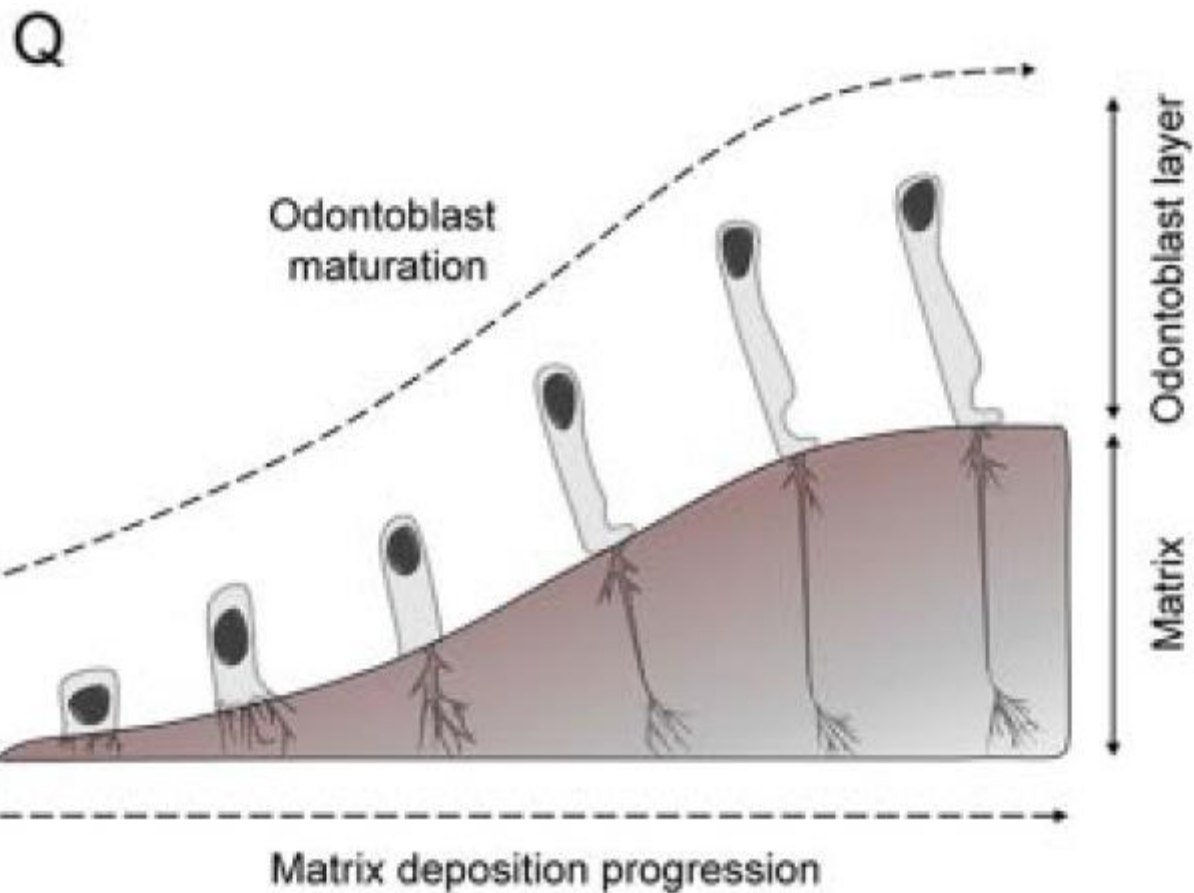
+4 denní přírůstky kalcifikují společně
= Owenovy linie na zubních výbrusech



S tloušťnutím dentinové matrix se apikální části odontoblastů vytahují v tenčí a tenčí výběžky a po zvápenatění matrix jsou v ní natrvalo zality jako Tomesova vlákna v dentinových kanálcích



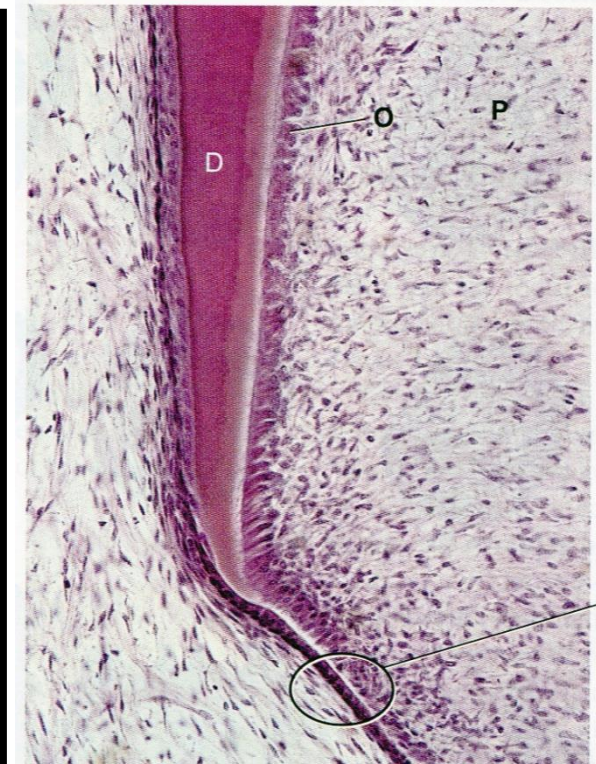
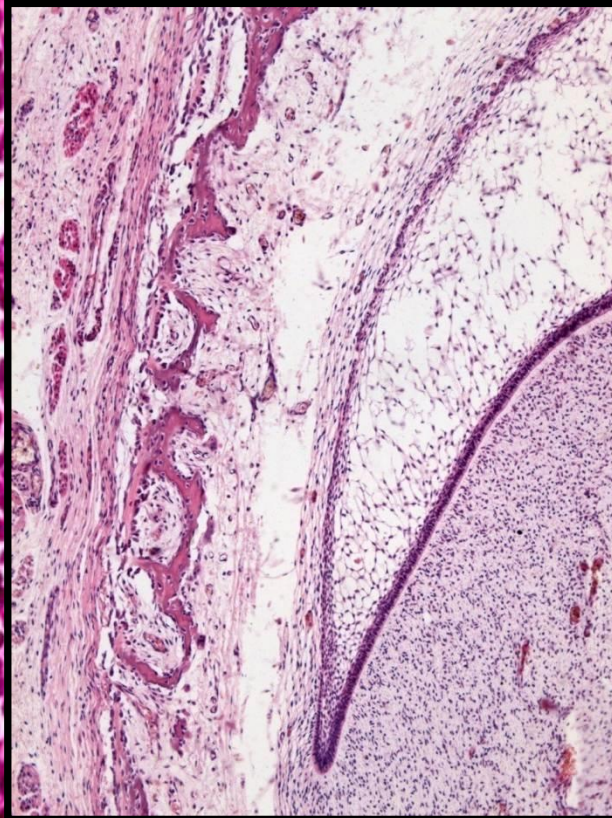
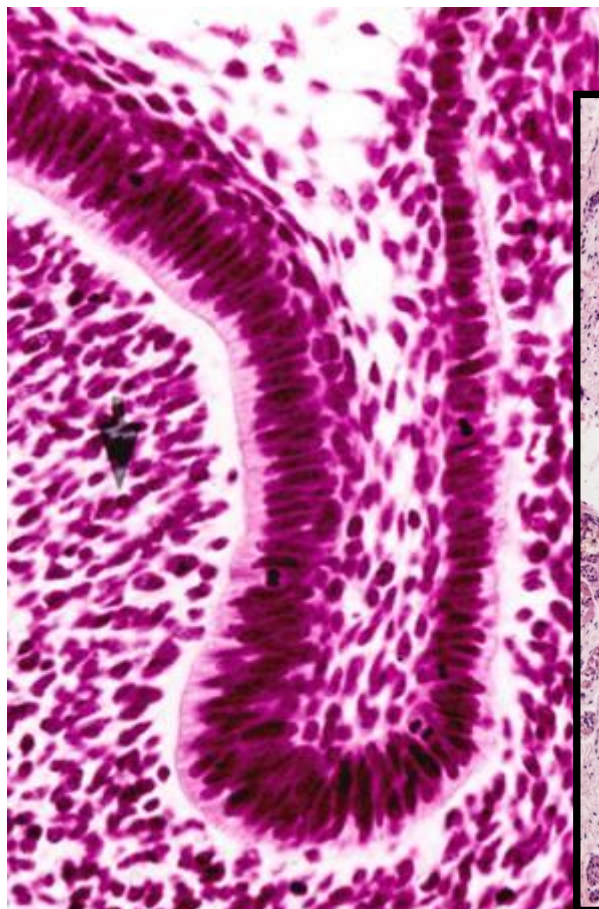
Vývoj odontoblastů



Vývoj zubního kořene

Vývoj zubního kořene

- Dentin zubního kořene se začíná vyvíjet až po uložení dentinového podloží pro zubní korunku
- **Vývoj probíhá pod dohledem sklovinného orgánu**
- Buňky **cervikální kličky** prolifерují směrem k apexu příštího kořene
- Proliferující a prodlužující se část zubního pohárku, tvořená pouze vnitřním a vnějším sklovinným = **Hertwigova epitelová kořenová pochva (HERS)**

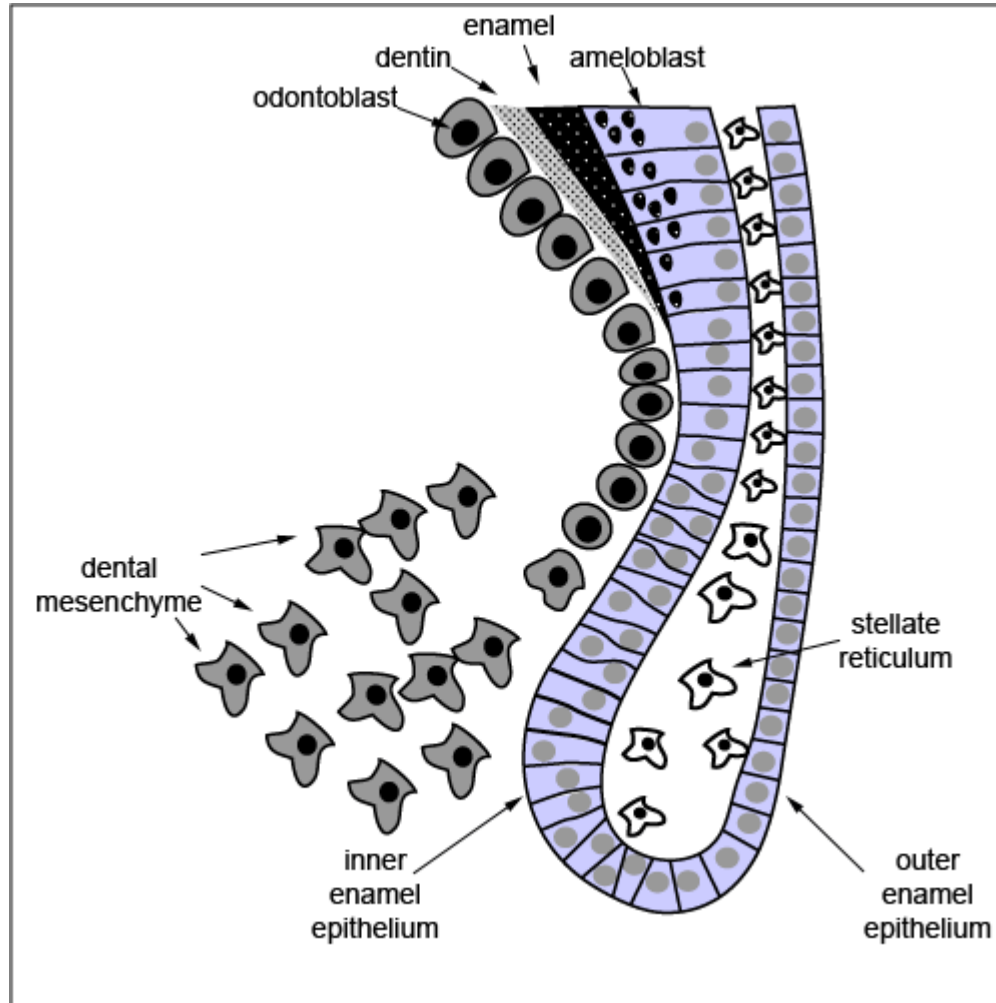


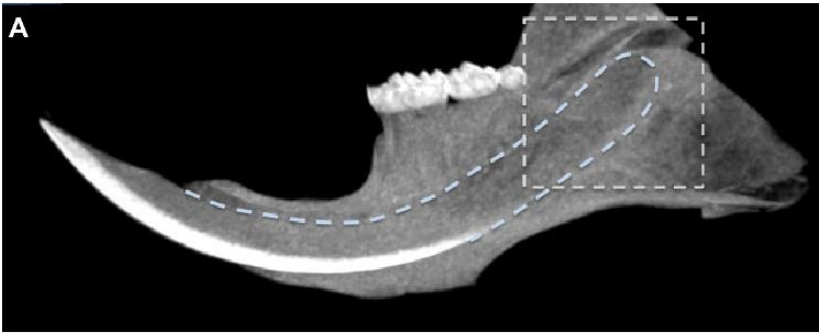
Hertwig's
epithelial
root sheath

Balogh and
Fehrenbach

C

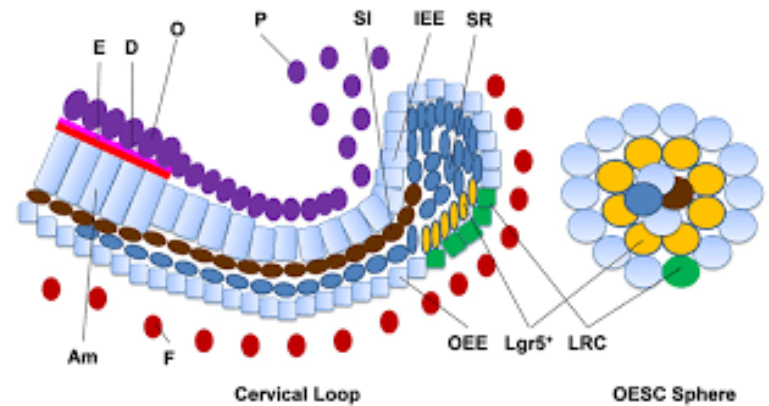
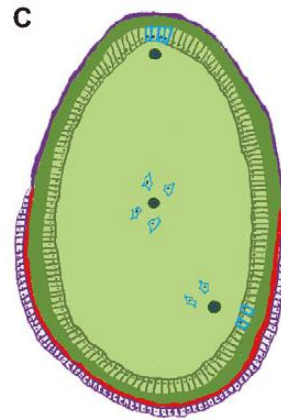
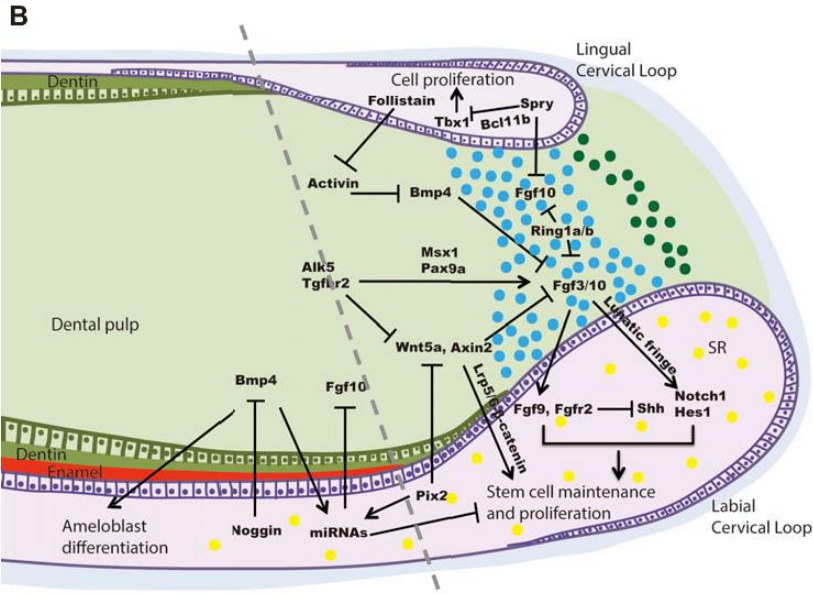
Cervikální smyčka/klička (Cervical loop)





Myši řezáky

- Udržování Stem cell niche
- Bohatá signalizace uvnitř epitelu i do okolí
- Modelový systém pro studium regenerace a reparace tkání



Dentinogeneze

Induktivním účinkem buněk Hertwigovy pochvy se buňky ektomezenchymu zubní papily diferencují v odontoblasty, které zahájí ukládání dentinové matrix kořene

Když dentinový kořen dosáhne patřičné tloušťky, Hertwigova pochva se rozpadne a její místo zaujme ektomezenchym dentálního vaku a pokračuje ukládání zubního cementu

Zbytky Hertwigovy pochvy v periodonciu existují v podobě **epitelových perel** nebo **Malassezových ostrůvků (ERM)**

Tvar zubního kořene: závisí na tvaru apikálního otvoru

Apikální otvor Hertwigovy pochvy

- **kruhovitý - nečleněný** (primární apikální otvor) - jeden kořen

- rozdělený pomocí **horizontálních plotének** - nazývají se **diafragmy (-ata)** na několik sekundárních apikálních otvorů

Počet diafragmat určuje počet kořenů (větví) zubu

(u vícekořenového zubu diafragmata člení papilu na úseky)

Apikální konec Hertwigovy pochvy

Balogh and Fehrenbach 2011

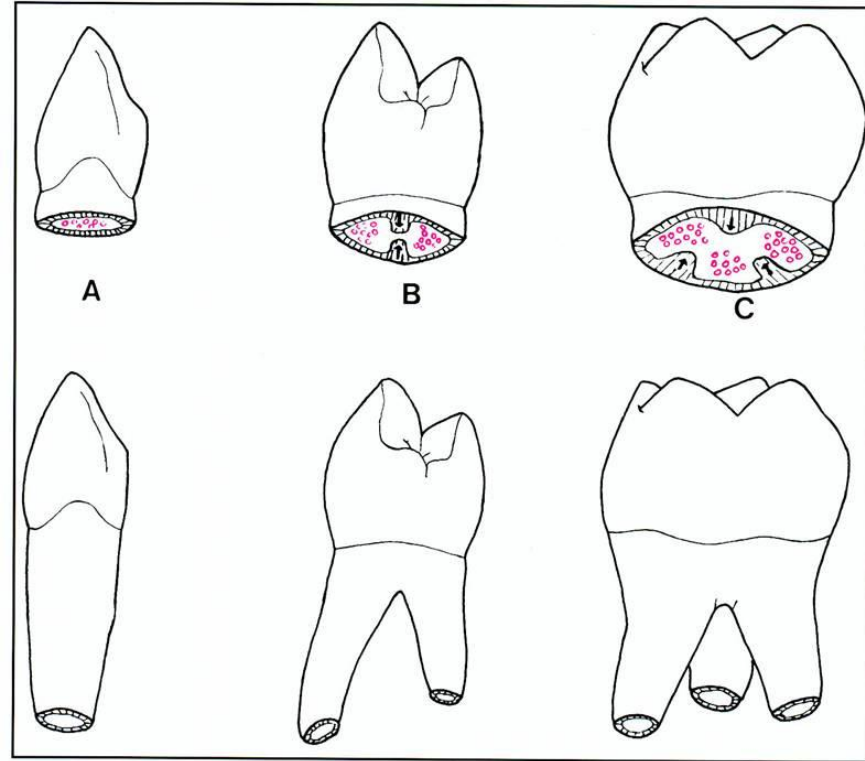
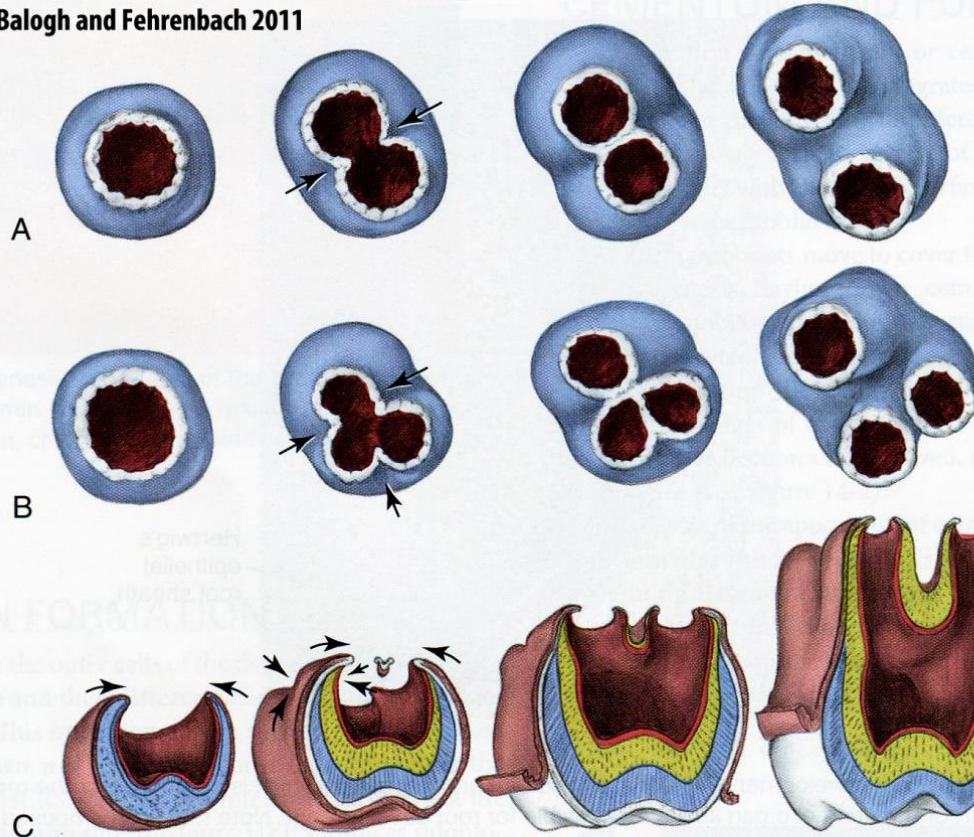
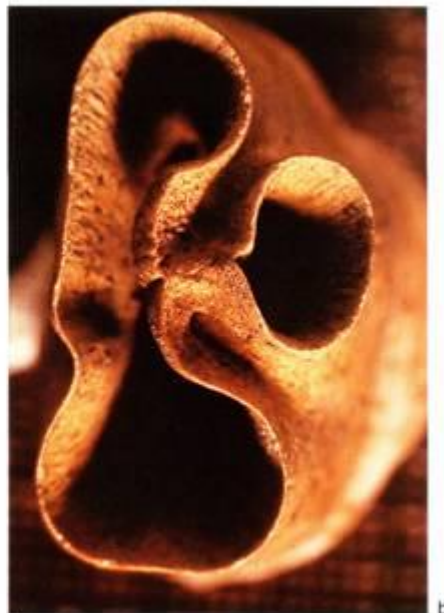
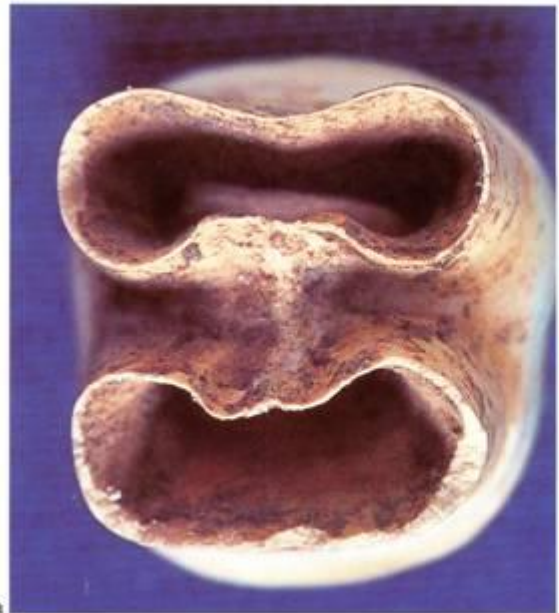
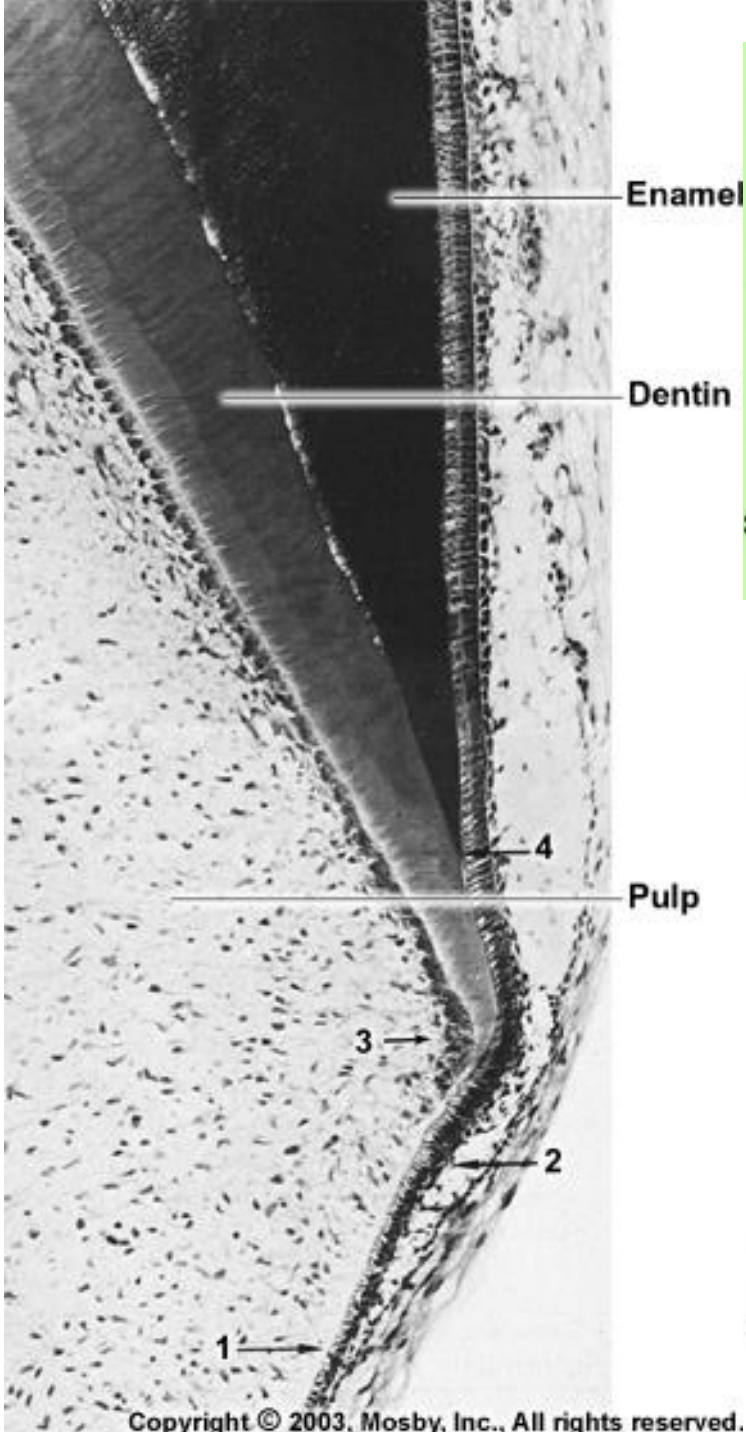


FIGURE 6-21 Apical view of multiroot development from horizontal extensions (*arrows*) of the cervical loop for (A) a two-rooted tooth, and (B) a three-rooted tooth. Cross section that shows the division that produces three roots (C) on a permanent maxillary molar.



25.2 Apices of developing roots. (a) Two-rooted tooth; (b) three-rooted tooth.

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.

Preparáty

- Dospělý zub (zdravý i s kazem)
- Vývoj zubu (preparáty a schémata)