



Embrionalni razvoj zuba

Naziv vježbe:
Embrionalni razvoj zuba

Sadržaj vježbe:

TEORETSKI DIO

- Embrionalni razvoj zuba

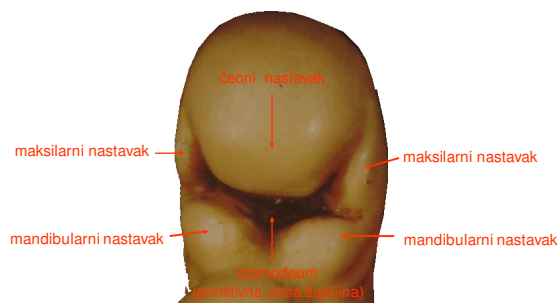
PRAKTIČNI DIO

- Mikroskopiranje i precrtavanje histoloških preparata
 - stadij kape – uzdužni presjek
 - stadij kape – poprečni presjek
 - stadij zvona – jako povećanje
 - stadij zvona – slabo povećanje

- razvoj zuba ili **odontogeneza** se odvija u nekoliko faza koje se kontinuirano, bez jasno izraženih prekida, nastavljaju jedna na drugu
 - **faza incijacije** (stadij pupoljka)
 - **faza proliferacije** (stadij kape)
 - **faza histodiferencijacije i morfodiferencijacije** (stadij zvona)
 - **faza apozicije** (kasni stadij zvona)
 - **faza mineralizacije**
- pojam "embrionalni razvoj zuba" se odnosi na razvoj mliječnih i trajnih zubi. U užem smislu taj razvoj odnosi se na razvoj mliječnih zubi jer se oni počinju razvijati u ranom embrionalnom razdoblju
- proces razvoja i rasta mliječnih i trajnih zuba je identičan i odvija se na isti način samo u različitoj životnoj dobi
- odontogeneza se odvija istodobno s razvojem lubanje, lica i čeljusti

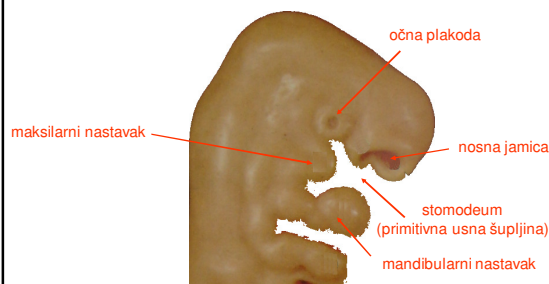
RAZVOJ LICA

- lice embrija u 4. tjednu embrionalnog razvoja (pogled s prijeda)

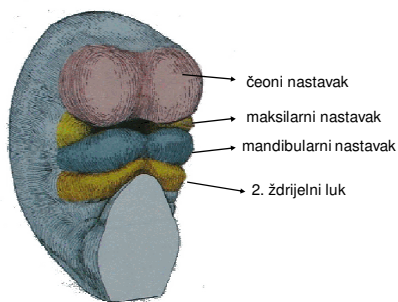


RAZVOJ LICA

- lice embrija u 4. tjednu embrionalnog razvoja (pogled sa strane)

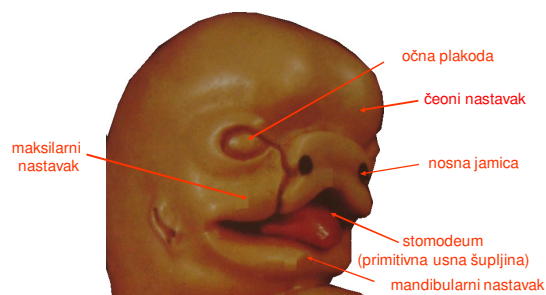


RAZVOJ LICA



RAZVOJ LICA

- lice embrija u 6. tjednu embrionalnog razvoja





Embrionalni razvoj zuba

RAZVOJ ZUBA

- prvi znakovi početka razvoja zuba su vidljivi u 5. – 6. tjednu embrionalnog razvoja kada je embrij dužine oko 13 mm

3 tjedna (3 mm) 4 tjedna (7 mm) 5 tjedana (10 mm) 6 tjedana (13 mm) 7 tjedana (20 mm)

RAZVOJ ZUBA

- zubi se razvijaju od 2 vrste stanica:
 - epitelnih stanica usne šupljine koje stvaraju caklinski organ i
 - mezenhimskih stanica koje stvaraju zubnu papilu i zubnu vrećicu
- važnu ulogu u razvoju i rastu zuba imaju stanice neuralnog grebena koje potječu od ektoderma, odakle migriraju prema budućim osnovama čeljusti i nastaje mezenhim ektodermalnog podrijetla (ektomezehim)
- za početno stvaranje zuba bitna je interakcija između epitelnih i mezenhimskih stanica
- sva tkiva zuba i potporne tvorbe nastaju od **ektoderma** i **ektomezehima**

FAZA INICIJACIJE – stadij pupoljka

(4. – 6. tjedan embrionalnog razvoja)

- Primitivnu usnu šupljinu (**stomodeum**) oblaže pokrovni epitel ektodermalnog podrijetla koji se u tom stadiju razvoja sastoji od embrionalnog mnogoslojnog pločastog epitela.
- Ispod tog epitelnog sloja se nalaze ektomezehimske stanice i započinje njihova kondenzacija.
- Kondenzacija se prvo javlja u prednjem dijelu čeljusti, uz središnju crtu i postepeno se širi prema distalno.
- Istodobno tijekom kondenzacije mezenhimskih stanica nastaje i proliferacija (umnažanje) bazalnih stanica pokrovnog epitela.

FAZA INICIJACIJE – stadij pupoljka

(4. – 6. tjedan embrionalnog razvoja)

- U četvrtom tjednu embrionalnog razvoja proliferacijom epitela nastaju samostalne epitelne ploče (dvije u gornjoj i četiri u donjoj čeljusti). Takve epitelne ploče čine primarnu odontogenu osnovu. Nazivaju se **zubnim grebenom** (dentalnom laminom) ili zubnom pločom.
- U 5. tjednu embrionalnog razvoja dentalne lamine (zubne ploče) se stapaju u kontinuiranu epitelnu osnovu koji se naziva **primarni zubni greben**.

FAZA INICIJACIJE – stadij pupoljka

(4. – 6. tjedan embrionalnog razvoja)

- Primarni zubni greben na poprečnom presjeku ima potkovasti oblik i smješten je u obje čeljusti na mjestima budućeg zubnog niza.
- Od primarnog zubnog grebena odvaja se epitelno ispupčenje koje je bukalno smješteno i naziva se **vestibularna lamina** (za razvoj predvorja usne šupljine).
- Od ostatka primarnog zubnog grebena čije epitelne stanice i dalje proliferiraju prema usnoj šupljini u odnosu na vestibularnu laminu nastaje **definitivni zubni greben (dentalna lamina)** (za razvoj zuba).

FAZA INICIJACIJE – stadij pupoljka

(4. – 6. tjedan embrionalnog razvoja)

- Uzdugu zubnog grebena nastaje lokalizirana i kontinuirana proliferacija epitela te njegovo prodiranje u ektomezehim.
- Okrugle epitelne tvorbe koje nastaju takvom proliferacijom odgovaraju mjestima budućih mliječnih zuba, a nazivamo ih **zubnim pupoljcima** ili zamecima (**stadij pupoljka**).
- U području svake čeljusti nastaje po deset takvih tvorbi, koje su osnova za razvoj deset mliječnih zuba u donjoj, odnosno gornjoj čeljusti.



Embrionalni razvoj zuba

FAZA INICIJACIJE – stadij pupoljka (4. – 6. tjedan embrionalnog razvoja)

obraz
usna
vestibulum
vestibularna lamina
zubni pupoljak

FAZA PROLIFERACIJE – stadij kape (6. – 7. tjedan embrionalnog razvoja)

- Proliferacija stanica zubnog pupoljka se nastavlja, tako da pupoljak više ne raste proporcionalno i ne postaje sve veća kuglasta nakupina, nego se određeni dijelovi pupoljka počinju neravnomjerno razvijati na način da stvaraju tvorbu koja nalikuje na kapu obješenu o definitivni zubni greben.
- Tako nastala epitelna tvorba priliježe uz zgusnuće ektomezenhima i naziva se **caklinski (zubni) organ**.
- Caklinski organ odgovoran je za stvaranje cakline.

caklinski organ
ektomezenhim

FAZA PROLIFERACIJE – stadij kape (6. – 7. tjedan embrionalnog razvoja)

- Promijenjene epitelne stanice u središtu zubnog organa poprimaju oblik vezivnih stanica, međusobno se dodiruju dugačkim citoplazmatskim nastavcima i proizvode amorfnu dio međustanične tvari (proteoglikane) koja ih razmiče. Te stanice u središtu caklinskog organa imaju zvjezdolik izgled te se nazivaju **zvjezdolika mrežica ili reticulum stellatum**.
- Vanjski, konveksni epitelni sloj stanica oko zvjezdolike mrežice se naziva **vanjski caklinski epitel**.
- Unutarnji konkavni epitelni sloj se naziva **unutarnji caklinski epitel**.
- Mjesto gdje vanjski caklinski epitel prelazi u unutrašnji caklinski epitel naziva se **vratna (cervikalna) petlja**, a to je mjesto budućeg vrata zuba.
- Kondenzirani ektomezenhim u konkavitetu caklinskog organa se naziva **zubna papila**. Od nje se kasnije razvije **dentin i zubna pulpa**.
- Oko caklinskog organa nalazi se zgusnuti sloj ektomezenhimskih stanica koji se naziva **dentalni folikul ili zubna vrećica**. Od nje se razvije potporno zubno tkivo (parodontni ligament).
- Caklinski organ, zubna papila i zubna vrećica zajedno tvore **zubni zametak** (osnovu zuba).

FAZA PROLIFERACIJE – stadij kape (6. – 7. tjedan embrionalnog razvoja)

oralni epitel
zubni greben (dentalna lamina)
caklinski organ
zvjezdolika mrežica (reticulum stellatum)
zubna vrećica (dentalni folikul)
zubna papila

FAZA PROLIFERACIJE – stadij kape (6. – 7. tjedan embrionalnog razvoja)

zvjezdolika mrežica
vanjski caklinski epitel
cervikalna petlja
zubna papila
unutarnji caklinski epitel

FAZA MORFODIFERENCIJACIJE I HISTODIFERENCIJACIJE – stadij zvana (7. – 10. tjedan razvoja)

- Intenzivnim dijeljenjem stanica caklinskog organa povećava se njegova veličina i dubina konkaviteta, pa počinje nalikovati na zvono (stadij zvana).
- U stadiju zvana, slojevi epitelnih stanica koje formiraju caklinski organ mijenjaju svoja obilježja (morfološke promjene, genska aktivnost) i počinje proces **histodiferencijacije**.
- Osim toga, čitav caklinski organ mijenja oblik i poprima oblik krune budućeg zuba, što se naziva **morfodiferencijacija**.



Embrionalni razvoj zuba

FAZA MORFODIFERENCIJACIJE I HISTODIFERENCIJACIJE
– stadij zvana –
(7. – 10. tjedan razvoja)

- Između unutarnjeg caklinskog epitela i zvjezdolike mrežice nalazi se 2-3 sloja spljoštenih stanica koje čine **stratum intermedium**.
- Udruženi stratum intermedium i unutarnji caklinski epitel tvore jedinstvenu funkcijsku cjelinu potrebnu za stvaranje cakline, budući da se samo one epitelne stanice koju su povezane sa stratumom intermediumom diferenciraju u ameloblaste.
- Stanice unutarnjeg caklinskog epitela su u početku niske cilindrične. Postupno se izdužuju od jezgre prema periferiji te poprimaju izgled visokih polariziranih cilindričnih stanica s apikalno i bazalno smještenim organelama. Takve visoke cilindrične stanice nazivamo **preameloblastima**.
- Zubnu papilu u stadiju zvana tvore nediferencirane ektomezehimske stanice, koje su od unutarnjeg caklinskog epitela odijeljene bazalnom membranom. Od stanica zubne papile koje su u bliskom kontaktu s bazalnom membranom diferencirat će se **predontoblasti**.

FAZA MORFODIFERENCIJACIJE I HISTODIFERENCIJACIJE
– stadij zvana –
(7. – 10. tjedan razvoja)

FAZA MORFODIFERENCIJACIJE I HISTODIFERENCIJACIJE
– stadij zvana –
(7. – 10. tjedan razvoja)

FAZA APOZICIJE
– kasni stadij zvana –
(18. tjedan razvoja)

FAZA APOZICIJE – kasni stadij zvana
(3. mjesec fetalnog razvoja)

- U kasnom stadiju zvana započinje formiranje tvrdih zubnih dijelova krunice – dentina i cakline (stadij krunice).
- Za nastanak dentina i cakline nužna je interakcija ameloblasta i odontoblasta.
- Proces stvaranja dentina i cakline započinje odlaganjem (apozicijom) organskog matriksa.
- Stanice unutarnjeg caklinskog epitela diferenciraju se u preameloblaste a stanice zubne papile u predontoblaste.
- Kada se sa suprotnih strana bazalne membrane nalaze s jedne strane preameloblasti, a s druge predontoblasti dolazi do epitelno-mezenhimske interakcije te dolazi do konačne diferencijacije stanica.
- Odontoblasti prvi počinju odlagati kolagenski dentinski matriks nakon čega ameloblasti sa suprotne strane na površini novostvorenog dentina odlažu organski matriks cakline.

FAZA MINERALIZACIJE - dentin

- Dentin se mineralizira odlaganjem kristala kalcijeva hidroksiapatita u organski matriks (kolagena vlakna)
- Linearnu mineralizaciju** karakterizira odlaganje kristala uzduž neprekinute linije, što je osnovni oblik mineralizacije dentinskog ogrtača nakon početne faze stapanja mjehurića matriksa.
- Kod **globularne mineralizacije** dolazi do istodobnog odlaganja kristala na nekoliko mjesta u organskom matriksu, pa se povećanjem globularnih centara mineralizacije i njihovim stapanjem stvara jedinstveno mineralizirano područje. Ovaj tip mineralizacije prevladava u dijelu cirkumpulpnog dentina neposredno uz dentinski ogrtač.
- Kombinirani oblik mineralizacije** se odvija u ostalom dijelu cirkumpulpnog dentina.



Embrionalni razvoj zuba

FAZA MINERALIZACIJE - caklina

- Proces mineralizacije cakline započinje odmah nakon odlaganja organskog matriksa.
- Mineralizacija cakline se može podijeliti u tri faze.
 - 1. faza brzog odlaganja dugih i tankih kristala hidroksiapatita
 - 2. faza - širenje i povećavanje kristala hidroksiapatita
 - 3. faza - spori rast kristala hidroksiapatita i povećanje udjela minerala
- Paralelno s mineralizacijom cakline odvija se njezino sazrijevanje te se caklina ona kvalitativno mijenja.
- Sazrijevanjem se kristali cakline povećavaju, a proteini i voda resorbiraju se u ameloblaste koji se preobražavaju i pretvaraju iz sekrecijskih u transportne stanice dopremajući u kristale ione kalcija i fosfora.
- Sazrijevanje cakline traje i nakon nicanja zuba, da bi u konačnici udio anorganskih tvari iznosio oko 96% ukupne mase cakline.



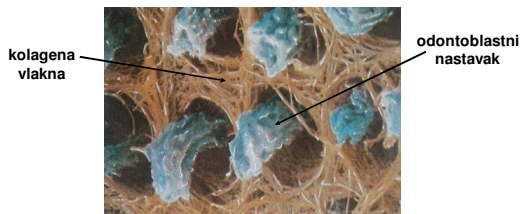
DENTINOGENEZA

- Dentinogeneza je proces stvaranja dentina za kojega su su najzaslužnije ektomezenhinske stanice zubne papile jer su se od njih diferencirali odontoblasti.
- Odlaganje dentina se najprije zapaža u području budućih okluzalnih kvržica i incizalnih bridova. Ako zub ima više kvržica, odlaganje dentina se odvija neovisno u području vrška svake kvržice i širi se da bi u jednom trenutku došlo do stapanja dentinskih dijelova koji tvore krov buduće pulpne komorice.
- Dentinogeneza se sastoji od faze odlaganja organskog matriksa i faza mineralizacije u kojoj se odlaze kristali apatita.



DENTINOGENEZA

- Prilikom odlaganja organskog matriksa u odontoblastima se sintetiziraju molekule tropokolagena koje se glikoziliraju i iz stanica procesom egzocitoze izlaze kao molekule prokolagena. Istovremeno s kolagenom izlučuje se i osnovna tvar, zajedno tvoreći organski matriks dentina.

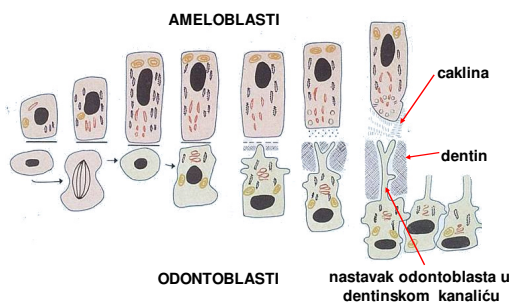


DENTINOGENEZA

- Prvi sloj formiranog dentina se zove **dentinski ogrtač**, a karakteriziraju ga snopovi kolagenih vlakana okomitih na bazalnu membranu, koji se nazivaju **von Korffova vlakna**.
- Odlaganjem organskog matriksa, odontoblasti se "povlače" prema središtu zubne pulpe.
- Putem odontoblastnih nastavaka dopremaju se kristali hidroksi apatita koji naglo rastu.
- **Cirkumpulni dentin** je slijedeći sloj primarnog dentina koji se odlaze nakon dentinskog ogrtača. Ova vrsta dentina izgrađuje najveći dio zuba.
- Između mineraliziranog dentina i odontoblasta se uvijek može pronaći sloj nemineraliziranog matriksa ili tzv. **predentin**.
- U formiranom dentinu dolazi do odlaganja dentina u obliku prstena oko odontoblastnih nastavaka. Taj dentinski omotač je visoko mineraliziran i naziva se **peritubularni dentin** te čini stijenku dentinskih kanalića.



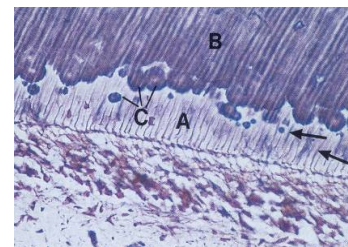
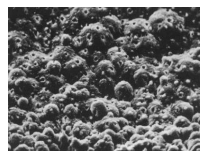
DENTINOGENEZA



DENTINOGENEZA - kalkosferiti

- **kalkosferiti** su mineralizirane nakupine (najčešće kuglaste) koje predstavljaju osnovu oko koje se odvija mineralizacija cirkumpulnog dentina

- A) – predentin
- B) – dentin
- C) – kalkosferiti





Embrionalni razvoj zuba

DENTINOGENEZA - korijen

- **Korijenski dentin** se započinje formirati tek nakon završetka razvoja krune kad se stvara Hertwigova epitelna ovojnica koja inducira diferencijaciju odontoblasta u korijenskom dijelu zuba.
- Temeljni proces dentinogeneze u korijenu ne razlikuje se od onog u kruni zuba.



AMELOGENEZA

- **Amelogeneza** je proces stvaranja cakline.
- U trenutku kad se započne odlagati caklina, preameloblasti postaju ameloblasti, a do toga dolazi ubrzo nakon početka dentinogeneze.
- Odlaganjem početnog sloja cakline, ameloblasti se počinju povlačiti u smjeru suprotnome od površine dentina. Kako se ameloblasti pomiču prema rubu zubne krune za njima ostaju stožasti nastavci nazvani **Tomesovi nastavci**, koji osiguravaju vezu cakline i ameloblasta.
- U procesu formiranja cakline razlikujemo dvije faze:
 - fazu sekrecije organskog matriksa,
 - fazu mineralizacije kroz proces sazrijevanja (maturacije) cakline.



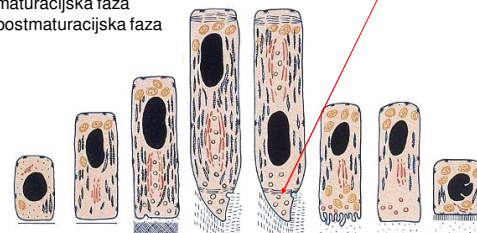
AMELOGENEZA

- U fazi sekrecije organskog matriksa ameloblasti izlučuju organski matriks koji sadrži 65% vode, 20% organske tvari i 15% anorganskog materijala – apatita.
- Organska tvar se sastoji od bjelanjčevina **amelogenina** i **enamelin**.
- Brzina odlaganja cakline iznosi oko 0,023 mm na dan.
- Nakon odlaganja prvog sloja cakline, ameloblasti se povlače periferno i za sobom ostavljaju Tomesove nastavke koji sadrže sekretna zrnca s organskim matriksom.
- Ameloblasti su odgovorni i za formiranje strukture cakline; više ameloblasta sudjeluje u tvorbi jedne caklinske prizme.



AMELOGENEZA

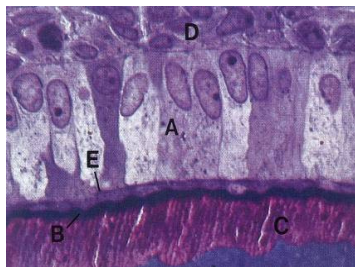
- Životni ciklus ameloblasta:
- presekrecijska faza
 - sekrecijska faza
 - tranzicijska faza
 - maturacijska faza
 - postmaturacijska faza
- Tijekom sekrecije Tomesov nastavak postaje stožast.



AMELOGENEZA

- Tomesovi nastavci ameloblasta -

- A) ameloblast
- B) caklinski matriks
- C) dentin
- D) stratum intermedium



AMELOGENEZA

- mineralizacija tijekom maturacije cakline -

- Točkasta područja na slici predstavljaju početno odlaganje cakline.
- Crna područja predstavljaju potpuno mineraliziranu caklinu nakon maturacije.
- Kada se odloži puna debljina cakline u nekom području, tada započinje njeno zrenje - maturacija.
- Početna i zoriidbena faza amelogeneze se mogu istovremeno odvijati na različitim dijelovima istog zuba.
- Mineralizacija započinje na vršcima kvržica, napreduje prema caklinsko-dentinskom spojištu i nastavlja duž njega, a završava na površinskim područjima.

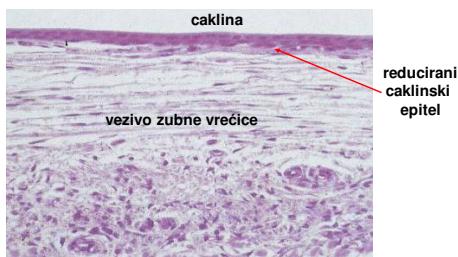




Embrionalni razvoj zuba

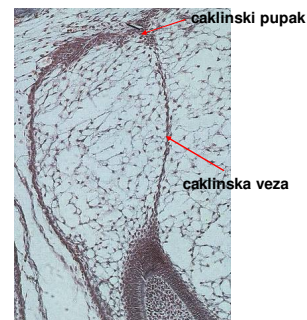
REDUCIRANI CAKLINSKI EPITEL

- Po završetku amelogeneze (sekrecijske i zoriđbene faze) ameloblasti se spljošte tvoreći reducirani caklinski epitel 1µm debljine koji štiti caklinu tijekom nicanja zuba i sudjeluje u stvaranju spojnog epitela.



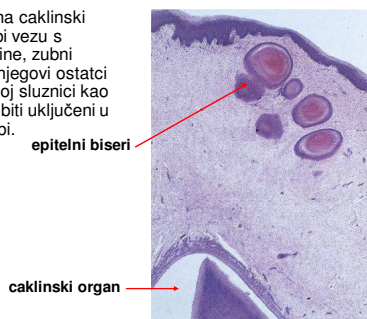
CAKLINSKA VEZA I CAKLINSKI PUPAK

- Caklinska veza** predstavlja pleter stanica u ranom stadiju zvana, koji se prostire od stratum intermedium u zvjezdoliku mrežicu i obično je vezana za tvorbu incizalnoga brida ili vrška kvržice zuba.
- Spojište s vanjskim caklinskim epitelom se naziva **caklinski pupak**.
- Caklinska veza se povezuje s prelaskom iz stadija kape u stadij zvana ili uz tvorbu stanica zvjezdolike mrežice.



EPITELNI BISERI

- U tijeku stadija zvana caklinski organ u razvoju gubi vezu s epitelom usne šupljine, zubni greben propada, a njegovi ostaci mogu se naći u zreloj sluznici kao nakupine keratina i biti uključeni u razvoj cističnih tvorbi.



RAZVOJ KORIJENA ZUBA

- Stvaranje korijena započinje u trenutku kada dentinogeneza i amelogeneza dosegnu razinu cervikalne petlje (spojište unutarnjeg i vanjskog caklinskog epitela), kada je caklinski organ u stadiju zvana.
- Tada se pojačava mitotska aktivnost stanica cervikalne petlje i nastaje **Hertwigova epitelna korijenska ovojnica** izgrađena od dva sloja stanica. Unutarnji sloj je nastavak unutarnjeg caklinskog epitela, a vanjski sloj je produžetak vanjskog caklinskog epitela.
- Hertwigova epitelna ovojnica** proliferira apikalno, obavija zubnu pulpu i ocrtava budući korijen zuba
- krajevi epitelne ovojnice omeđuju **primarni apeksni otvor**



Hertwigova epitelna ovojnica
primarni apeksni otvor



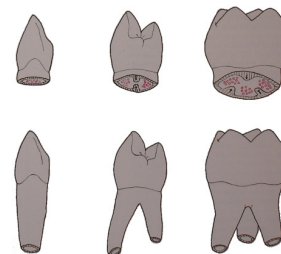
RAZVOJ KORIJENA ZUBA

- Pri završetku rasta korijena u duljinu dolazi do savijanja apikalnog dijela Hertwigove ovojnice pod kutom u odnosu na uzdužnu os zuba, te nastaje **epitelna dijafagma**.
- Ona se učvršćuje na mjestu gdje je formirana, te se više ne pomiče ni prema apikalno, ni prema koronarno i svojim rastom sužava primarni apeksni otvor.
- Dok se formira apeksni dio korijena, zub je u fazi nicanja i pomiče se u koronarnom smjeru, a epitelna dijafagma se steže u promjeru.



RAZVOJ KORIJENA ZUBA

- Kod višekorijenskih zuba trup korijena predstavlja mjesto iz kojeg će se razviti pravi korijeni zuba. Hertwigova epitelna ovojnica daje horizontalne nastavke, nalik na jezičce, čiji se krajevi u jednom trenutku spajaju dijeleći **primarni apeksni otvor** te nastaju **sekundarne apeksni otvori**.



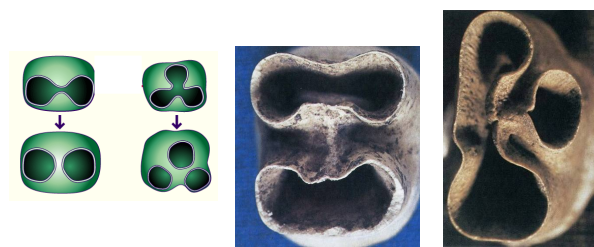
- Broj epitelnih jezičaka odgovara broju sekundarnih apeksnih otvora, a samim tim i broju budućih korjenova.





Embrionalni razvoj zuba

RAZVOJ KORIJENA ZUBA



RAZVOJ KORIJENA ZUBA

- Korijski dentin (E) počinje se stvarati kada se od postraničnih stanica zubne papile (B) u području korijena diferenciraju odontoblasti (F).
- Odlaganje dentina izazvat će dezintegraciju Hertwigove ovojnice (A) te stanice zubne vrećice (D) dolaze u kontakt s dentinom i diferenciraju se u **cementoblaste**.
- C – primarni apikalni otvor



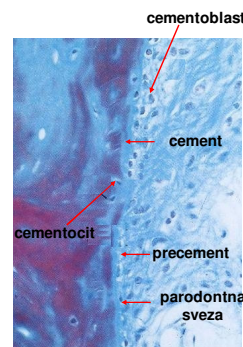
CEMENTOGENEZA

- **Cementoblasti** izlučuju kolagenski matriks tzv. **precement (cementoid)**, koji se sastoji od kolagenih vlakana i amorfne osnovne tvari.
- Ovaj prvi sloj matriksa podliježe inicijalnoj mineralizaciji rastom kristala hidroksiapatita iz susjednog hijalino dentina, dok su za mineralizaciju sljedećih slojeva cementa odgovorni cementoblasti.
- Mineralizacijom cementa za korijen zuba svezuju se snopovi kolagenih vlakana parodontnog ligamenta.



CEMENTOGENEZA

- Prvi slojevi cementa odlažu se polako i sporo mineraliziraju što omogućuje cementoblastima da se povlače prema parodontu stvarajući sloj mineraliziranog tkiva bez stanica, koji se naziva **acelularni cement**.
- Nakon nicanja zuba stvaranje cementa se intenzivira te pojedini cementoblasti ostaju zarobljeni u matriksu i postaju inaktivne stanice - **cementociti (celularni cement)**.
- Cement se odlaže ritmično te između slojeva nalazimo inkrementne hipomineralizirane linije.



RAZVOJ PARODONTNOG LIGAMENTA I ALVEOLNE KOSTI

- Od stanica zubne vrećice diferenciraju se i stanice parodontnog ligamenta, a procesom dezmalnog okoštavanja i mineralizacijom alveolarna kost (osteoblasti, osteociti, koštani matriks).
- Stanice parodontnog ligamenta sintetiziraju međustaničnu tvar (vlaknati dio i osnovnu tvar). Uz brojna kolagena vlakna koja formiraju snopove ima i oksitalanskih vlakana.
- Glavna vlakna parodontnog ligamenta koja se s jedne strane ugrađuju u novostvoreni cement, a s druge strane u alveolnu kost zovemo **Sharpeyeva vlakna**.
- U parodontnom ligamentu odraslih ljudi nalazim ostatke Hertwigove epitelne ovojnice, tzv. **Malassezovi epitelni ostatci**, koji mogu uzrokovati nastanak cisti.



RAZVOJ PULPE

- Stanice zubne papile osim što sudjeluju u stvaranju dentina na način da se od njih diferenciraju odontoblasti, sudjeluju i u stvaranju pulpe.
- Onog trenutka kada odontoblasti izluče prvi sloj dentina, započinje i stvaranje zubne pulpe.
- Ako se pulpa definira kao rahlo vezivno tkivo unutar pulpne komorice zuba, zubna papila postaje zubnom pulpom tek onda kada se zatvori pulpna komorica formiranjem dovoljne količine dentina.
- Od stanica zubne papile nastaju periferno (usmjereni prema unutrašnjem caklinskom epitelu) odontoblasti, dok se u središnjem dijelu pulpe nalaze fibroblasti i ostale stanice pulpe.





Embrionalni razvoj zuba

RAZVOJ PULPE – krvne žile

- Vaskularizacija pulpe započinje u ranom stadiju zvona, angiogenezom iz mezehima zubne papile. Krvne žile granaju se u zubnoj papili do budućih rogova zubne pulpe.
- Ove krvne žile formiraju mrežu venula, arteriola i kapilara koje se pružaju do subodontoblastnog i odontoblastnog sloja.
- U razvijenom zubu krvne žile pružaju među odontoblastima čak do sloja predentina.



RAZVOJ PULPE - živci

- Živčana vlakna prodiru u pulpu tijekom razvoja zajedno s krvnim žilama kontrolirajući protok krvi i tako utječu na razvoj zuba.
- Prvo se razvija osjetna trigeminalna inervacija, a poslije simpatička inervacija koja je ograničena na radikularni dio pulpe.
- Konačni razvoj živčane mreže, uključujući i **subodontoblastni plexus Raschkow** završava s razvojem korijena.
- Završetkom razvoja zubne pulpe smatra se završetak rasta korijena, iako se tijekom cijelog života odlaže dentin kao rezultat različitih podražaja.



subodontoblastni
pleksus Raschkow

sloj odontoblasta

KRAJ