

Eksamen ved

Københavns Universitet i

Tændernes udvikling og struktur

Det Sundhedsvidenskabelige Fakultet

27. juni 2013

Eksamensnummer: 36

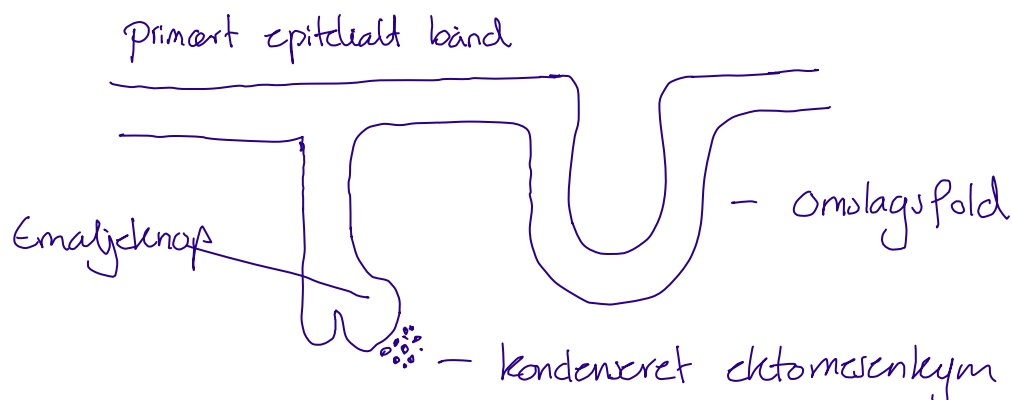
Oral anatomi/embryologi

1. Tidlig tanddannelse

Beskriv de tre tanddannelses-stadier morfologisk og histologisk, gerne med tegning. Det forventes at alle cellelag indtegnes/beskrives og navngives. Derudover angives hvilket embryonalt kimplag de forskellige cellelag stammer fra. Desuden benævnes hvilke cellelag i klokkestadiet, der bliver til odontoblaster, ameloblaster og pulpale fibroblaster.

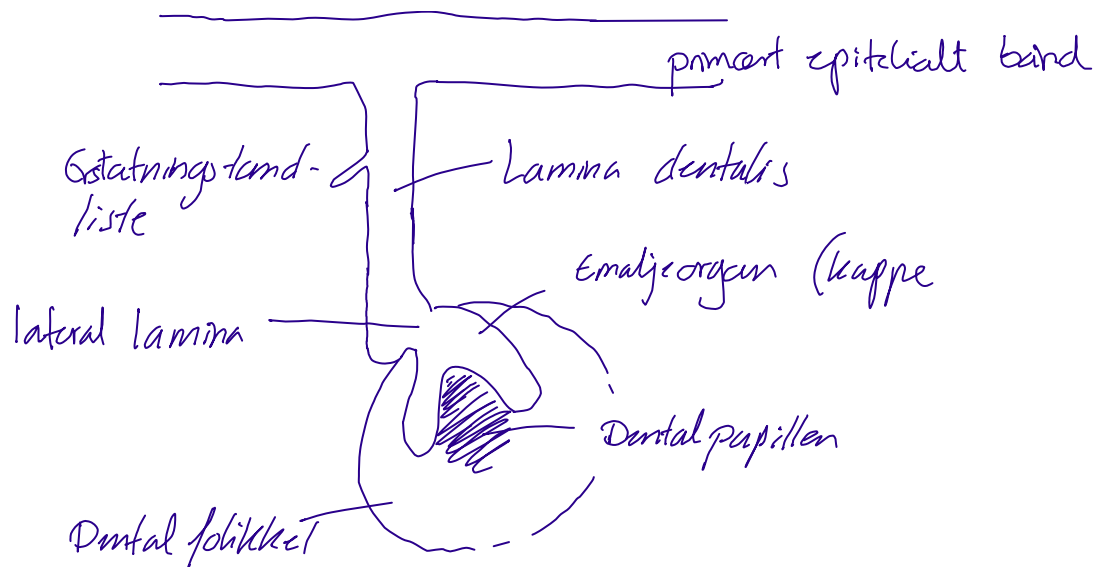
To cellepopulationer indgår i tanddannelsen, hhv. ekodermale celler og ektomesenkymale celler. Tanddannelsen inddeles i 3 stadier, hhv. knop, kappe og klokke stadiet. I tanddannelsen indgår 6 trin, hhv. initiering, proliferering, morfogenese, histo/cyto-differentiering, mønsterdannelse samt mineralisering.

Knop stadiet: Det primære epiteliale bånd er derivet fra kimplaget ektoderm. Fra det primære epiteliale bånd prolifererer og migrerer ekodermale celler ned i det underliggende eksemesenkym (embryonalt bindevæv), hvorved først lamina dentalis og derefter lamina vestibularis (facialt for lamina dentalis) dannes. Lamina dentalis udgør tandkimen for tanddannelsen, mens lamina vestibularis bliver til omslagsfolden mellem tand og kæbe/kind. I knopstadiet kondenserer ektomesenkymale celler lige under knoppen. At cellerne kondenserer betyder, at celler ikke længere danner ECM, altså fortættes cellerne. Se nedenstående tegning:



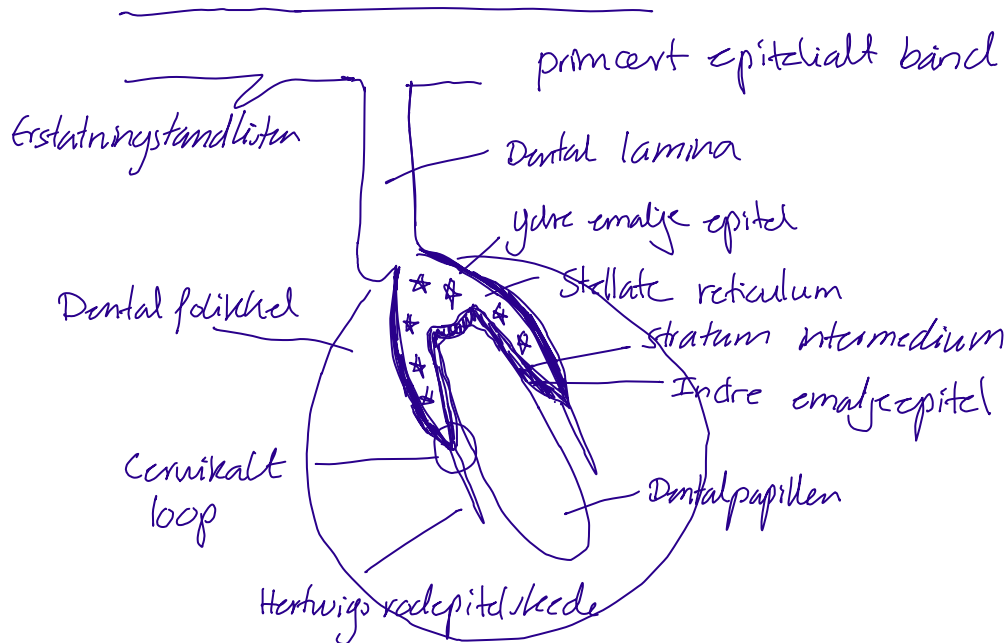
Kappe stadiet: I dette stadie prolifererer de ekodermale celler yderligere, og ved morfogenese dannes en kappe omkring de nu endnu mere kondenserede ektomesenkymale celler som udgør

dentalpapillen. Kappen er forbundet til den dentale lamina via. Den laterale lamina. De ektodermale celler i kappen kaldes for emaljeorganet og de ektomesenkymale celler omkring emaljeorganet kaldes for dental folliklen. Tilsammen udgør dentalfollikel, emaljeorgan samt dentalpapillen tandanlægget, hvor dentalfolliklen bliver til parodontiet (PDL, cement, gingiva og alveolarknogle), dentalpapillen bliver til dentin samt pulpa og emaljeorganet til emaljen. Nedenstående tegning illustrerer kapestadiet. Udover de nævnte karakteristika for kapestadiet, er også tegnet erstatnings tandlisten (danner anlæg for permanente, incisiver, hjørnetænder og præmolarer) som er lokaliseret lingualt for den dentale lamina.



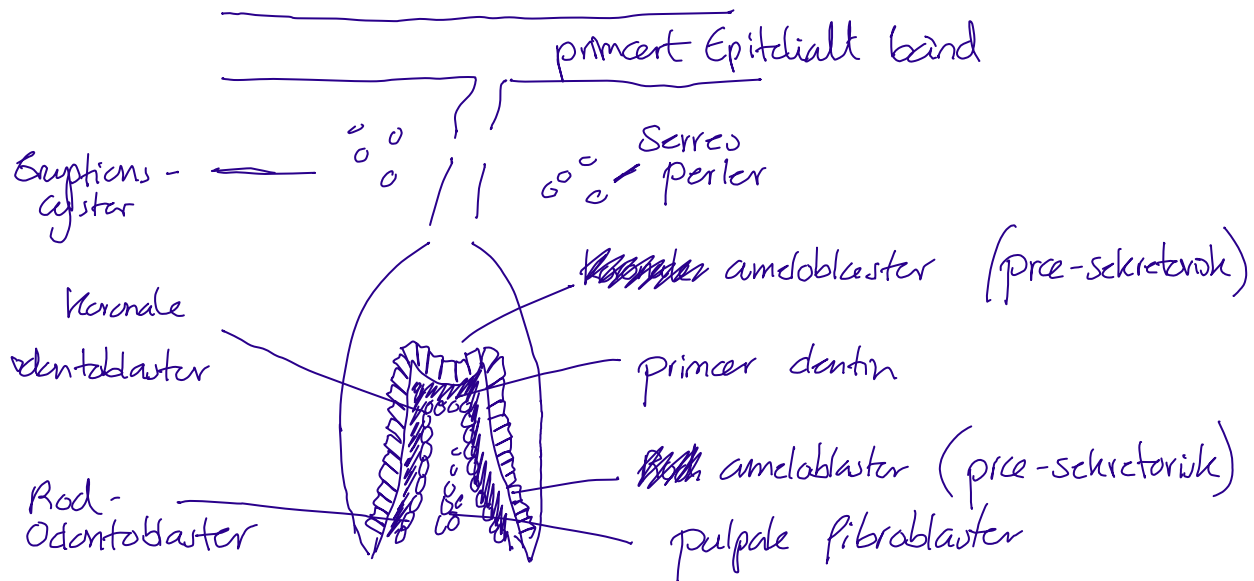
Overgang fra kappe til klokkestadie: Her differentieres (histo/cyto) de ektodermale celler i emaljeorganet til flere forskellige typer celler. Nogle af cellerne differentieres til det ydre emaljeepitel (kubiske celler). Under det ydre emaljeepitel differentieres andre ektodermale celler til det stellate reticulum som består af stjerneformede celler. De stjerneformede celler opstår idet cellerne udskiller GAGs som er hydrofile. Da cellerne i det stellate reticulum er forbundet via desmosomer, vil vandets indtrængen (som skyldes de hydrofile GAGs) forårsage at der trækkes i cellerne så de opnår former som stjerner. Under det stellate reticulum uddifferentieres stratum intermedium også fra ektodermale celler i emaljeorganet. Dette cellelag indeholder enzymet alkalisk phosphatase som spiller en rolle i mineraliseringen af emaljen. Det cervikale loop kommer også til syne i form af de to områder hvor hhv. det indre- og ydre emaljeepitel mødes. Herfra udvikles Hertwigs rodepitelskede i forbindelse med dentinogenesen. Dentinogenesen begynder i overgangen mellem kappe og klokke stadiet, ved at odontoblaster differentieres fra ektomesenkymale celler i dentalpapillen som respons på parakrin signalering fra det indre

emaljeepitel samt fra epitelceller fra Hertwigs rodepitelskede. Tegningen viser alle ovennævnte strukturer:



Klokkestadiet: I klokkestadiet er alle de morfogenetiske træk udviklet, og emallogenese kan nu indtræde idet ameloblaster differentieres fra det indre emaljeepitel som respons på dentinogenesens begyndelse. Sekundære emaljeknuder opstår hvor de fremtidige cusptoppe dannes. Sent i klokkestadiet nedbrydes den dentale lamina hvor hhv. Serres perler og eruptionscyster kan opstå som rester fra nedbrydningen af den dentale lamina. Tandkimen og det orale epitel bibeholder dog kontakten i form af gubernacular kanalen, som er en forudsætning for at tanden kan eruptere.

Nedenstående tegning angiver at odontoblasterne er deriveret fra ektomesenkymal celler fra dentalpapillen, at ameloblaster er deriveret fra det indre emaljeepitel og at de pulpale forbioblaster er deriveret fra ektomesenkymale celler i dentalpapillen. Tegningen illustrerer at dentindannelsen starter før emaljedannelsen, og at dental lamina nedbrydes sent i klokkestadiet:



2. Amelogenese

Et forældrepar kommer til jeres klinik med deres 1-årige barn, som er faldet og har slået overlæben og fortænderne i overkæben.

- A. Hvilke tænder har, som hovedregel, en færdig-mineraliseret krone på et 1-årigt barn?**
 Incisiverne i hhv. over og underkæben mineraliseres fra barnet er 3 ½ - 4 fostermåneder gammelt. 1'eren erupterer når barnet er 7 måneder og 2'eren når barnet er 7 ½ måned gammel. Altså har alle barnets incisiver en færdigmineraliseret krone. For barnets hjørnetænder og molarer gælder at mineraliseringen er påbegyndt, men at den endnu ikke er afsluttet.
- B. Er der risiko for skade på de permanente incisiver i overkæben?**
 Først og fremmest er det vigtigt at spørge forældrene hvordan barnet har slået sine tænder, forfra, nedefra, osv. Hvis barnet har slået tænderne nedefra og op kan barnet være heldigt at der ikke er sket nogen skade på de permanente incisiver, da tandanlæggende for de permanente incisiver ligger lingualt for de temporære incisiver. Hvis barnet derimod har slået tænderne skråt opad, kan det påvirke de permanente incisiver idet disse tænder endnu ikke er færdigmineraliseret på dette tidspunkt. Hvis tænderne havde været færdigmineraliseret havde de været stærkere og været mere modstandsdygtige overfor slaget. Altså er der flere ting der må tages i betragtning.

Spørgsmål til tegning herunder:**C. Celle nr. 1 er en indre emaljeepitelcelle. Hvilken funktion har den i dentindannelsen?**

Den indre emaljeepitel celle har den funktion, at den via parakrin signalering signalerer til ektomesenkymalceller i dentalpapillen at de skal differentieres til koronale odontoblaste. Odontoblaste er den celletype som danner dentinen.

D. Det skraverede område under celle nr. 3 repræsenterer dentin og prikkerne den først dannede emalje. Hvorledes benævnes denne emalje og hvorledes benævnes cellen?

Cellen benævnes en sekretorisk ameloblast idet den indeholder et veludviklet sekretionsapparat som secernerer den aprismatiske emalje, der ses som prikke under cellen.

E. Hvorledes benævnes cellerne 4a og b? Hvorledes benævnes den del af emaljen, der er markeret med en tyk pilespids? Og den del, der er markeret med slank pil? Hvad skal de lodrette og vandrette streger repræsentere? Hvorledes benævnes den koniske proces, hvor X'et er placeret?

Cellerne 4a og b benævnes også som sekretoriske ameloblaste. De har dog til forskel for førnævnte sekretoriske ameloblast udviklet den koniske proces kaldet Tomes proces. Denne proces muliggør dannelsen af den prismatiske emalje, som udgøres af hhv. emalje stave (tyk pil) og interprismatisk substans (tynd pil). Stregerne illustrerer hydroxylapatitkrystallernes organisering i hhv. emaljestavene og i den interprismatiske substans.

F. Hvorledes benævnes cellerne 5a/b?

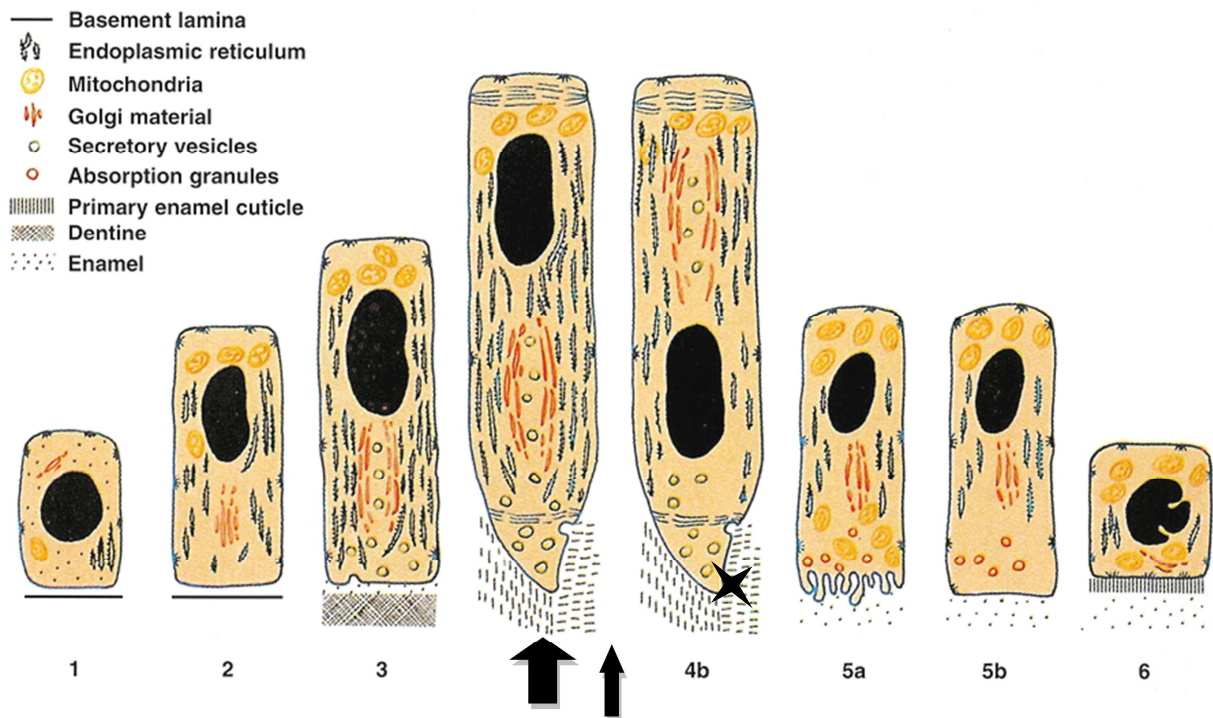
Begge celler er modningsameloblaste, som optræder som hhv. ru- og glat-endede ameloblaste. 80 % af tiden optræder de som ruendede ameloblaste som secernerer calcium og fosfat som dermed er med til at mineralisere emaljen. De glatendede ameloblaste endocyterer emalje matrix proteiner (amelogenin) så der er plads til at krystallerne kan vokse. Modningsameloblasterne er med til at mineralisere emaljen til en mineraliseringsgrad på 96 %.

G. Hvilke proteiner er involveret i emaljedannelsen?

Enzymet alkalisk phosphatase findes i stratum intermedium og spiller en væsentlig rolle i mineraliseringen af emaljen. Amelogenin udgør 90 % af den organiske materiale i emaljen og fungerer som initiator og rettesnor for mineraliseringen. Resten af det organiske materiale udgøres af non-amelogener (bl.a. tuftelin og ameloblastin).

H. Hvorledes benævnes celle nr. 6 og hvad er dens funktion?

Denne celle kaldes for en protektiv ameloblast, idet den har en beskyttende funktion. Ameloblasten differentieres til en sådan celle når emaljedannelsen er færdig. De protektive celler udgør tilsammen det reducerede emaljeepitel som beskytter den nydannede tand ved eruption hvorved det fusionerer med det orale epitel og bliver til kontaktepitel.



3. Dentinogenesis

Helt centralt for dentinogenesisen er odontoblasten.

A. Tegn en skematisk fremstilling af odontoblasten og benævn hvilke organeller, der er særligt prominente i denne celle med hensyn til dens funktion.

Af særligt vigtige organeller i odontoblasten findes Golgi apparatet samt Endoplasmatisk reticulum som til sammen udgør det sekretoriske apparat, som er vigtigt i forbindelse med secernering af kollagen i den allerede eksisterende matrix substans i forbindelse med kappedentin dannelsen, samt vigtig i forbindelse med secerneringen af den organiske matrix i den cirkumpulpa dentin dannelsen.

Odontoblasten har en odontoblastudløber som findes i canaliculi. Mellem odontoblastudløberen og canaliculi, benævnt dentin tubuli findes peritubulær dentin. Mens der omkring hver dentintubuli finder intertubulær dentin. Det er fra odontoblastudløberen at matrixvesikler afsnøres i forbindelse med mineralisering af kappedentinen. Matrixvesiklerne indeholder calcium canaler som udgøres af annexiner, og co-transportere som endocyterer phosphat. Således skabes et favorabelt miljø for krystaldannelsen i matrixvesiklerne.

B. Redegør kort for uddifferentieringen af odontoblasten fra en uddifferentieret stamcelle, samt angiv om odontoblasten er eneste slut-celle i uddifferentieringsprocessen.

De koronale odontoblaster differentieres fra ektomesenkymal celler i dentalpapillen som respons på parakrinsignaler fra det indremaljeepitel. Rododontoblasterne derimod

differentieres som respons på signalering fra epitelcellerne i Hertwigsrodepitelskede. De koronale odontoblaste differentieres først idet dentinogenesen starter oppe fra hvor de fremtidige cusptoppe findes og bevæger sig nedad. Når dentindannelsen er slut kaldes odontoblasten for en terminal odontoblast idet den er en slut-celle i uddifferentieringsprocessen. Odontoblastens soma findes i periferien af pulpa, mens dens odontoblastudløbere findes i dentintubuli i dentinen. At odontoblasten forbliver en odontoblast har den funktion at dentin kan regenereres.

C. Hvad er forskellen på reparativ og reaktiv tertiær dentindannelse, og hvilke celler er impliceret i disse processer?

Tertiær dentin dannes som konsekvens af en irritation, fx caries, hvilket gør at denne type dentin fungerer som forsvarsmekanisme for pulpa. Det er kun de odontoblaste der stimuleres af irritationen der danner tertiær dentin, denne dentindannelse kaldes for reaktiv dentindannelse. Hvorimod den reparative dentindannelse sker ved remodelleing for at vedligeholde den dannede tertiære dentin.

Mineralisering

4. Emalje

A. Beskriv, med særlig henblik på mineralisering, hvordan de forskellige biologiske stoffer indgår i amelogenesisen.

Alkalisk phosphatase spiller en væsentlig rolle i alle hårde tandvævs mineralisering. I emaljen findes dette enzym i stratum intermedium. Det er en forudsætning for at mineralisering kan forekomme. Det er også funktionelt i forbindelse med hvis fx PPI bindes sig til krystallen (et protein som forhindrer krystalvækst), da vil alkalisk phosphatase kløve PPI således at krystalvæksten kan fortsætte.

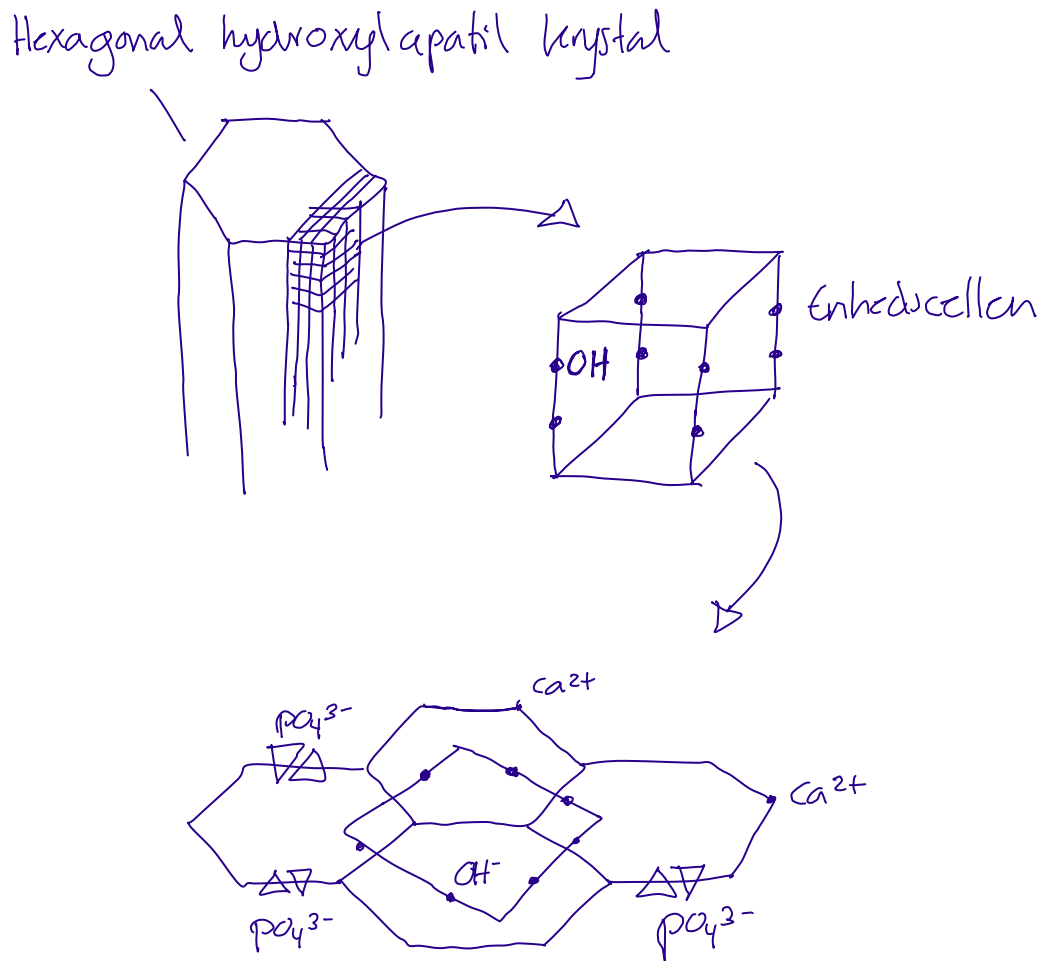
Matrix proteinet amelogenin spiller også en vigtig rolle, idet det initierer mineraliseringen i emaljen, samt fungerer som rettesnor for organisering af krystaller.

Mineraliseringen i emaljen adskiller sig væsentligt fra mineraliseringen i de andre hårde tandvæv idet det hverken indeholder matrix vesikler eller kollagen som skal til for at nukleering kan forekomme. Derudover adskiller det sig ved at være det hårdest mineraliserede tandvæv, udgjort af 96 % mineral og kun 4 % organisk materiale + vand.

B. Beskriv kort opbygningen af emaljens krystaller.

Emaljens krystaller består ligesom alle andre hårde vævs krystaller af hydroxylapatit organiseret i et iongitter. Krystallerne er blot større end i de andre hårde væv. Hver krystal er teoretisk set opbygget af rigtig mange enhedsceller. Enhedscellen er teoretisk set den mindste enhed i en krystal, den består af $(Ca)_{10}(PO_4)_6(OH)_2$. Nedenstående tegning viser den

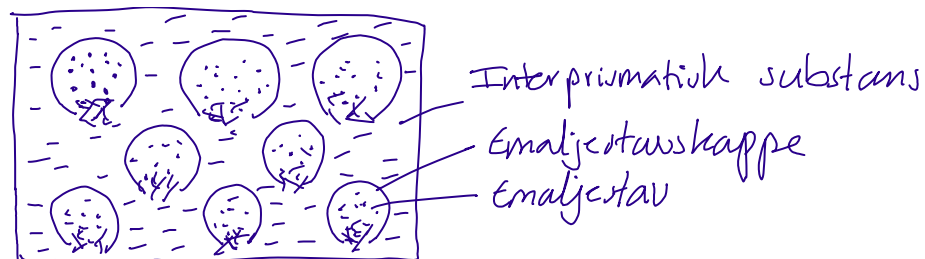
hexagonale krystal med enhedsceller, en enhedscelle samt krystaller hvori det ses at enhedscellerne deler ioner.



Krystallerne i emaljen ligger ikke fuldstændig tæt.

C. Forklar desuden hvordan disse krystaller medvirker til emaljens ultrastrukturelle opbygning.

Emaljen udgøres af aprismatisk emalje, prismatisk emalje (dannet af Tomes proces) og aprismatisk emalje. Den prismatiske emalje er opbygget af emaljestave som strækker sig fra emalje-dentin grænsen til emaljeoverfladen, hvori krystallerne er lejret vertikalt, og interprismatisk substans hvori krystallerne er lejret horisontalt. Mellem emaljestavene og den interprismatiske substans findes emaljestavskappen (udgjort af organisk materiale), som omslutter $\frac{3}{4}$ af emaljestavene. I den sidste $\frac{1}{4}$ ses krystallerne sammenfaldende – uorganiseret. Se nedenstående tegning (prikkerne og stregener illustrerer hhv. de vertikalt og horisontalt lejrede emaljestave):



5. Fysisk-kemiske egenskaber

A. Beskriv hvilke faktorer der skal kendes for at bestemme en given væskes mætningsgrad med hensyn til hydroxylapatit.

Mætningsgraden af hydroxylapatit findes ved at bestemme forholdet mellem ionproduktet og opløselighedsproduktet for hydroxylapatit.

B. Beskriv hvordan mætningsgraden påvirker henholdsvis

- a. nukleering
- b. krystalvækst

Tandmorfologi

6.

Følgende spørgsmål omhandler 1. og 2. præmolar i underkæben (P_1 og P_2 inf)

A. Angiv for både P_1 og P_2 inf det mest hyppige antal lobi og deres lokalisation.

Det hyppigste antal lobi for P_1 i underkæben er 2 lokaliseret faciale og linguale. Det hyppigste antal lobi for P_2 i underkæben er derimod 3 lokaliseret faciale, mesio-linguale og disto-linguale, hvor den mesio-linguale lobus som regel er størst.

B. Benævn og beskriv forløb og lokalisation af interlobalfurer og fossae i en P inf med tre lobi.

I denne type tand findes 2 interlobalfurer, hhv. en lingual og en mesio-distal interlobalfure. Der findes 3 fossae, hhv. en central, mesial og en distal, hvor den centrale er den dybeste.

C. Hvad er en crista transversa, og på hvilken P inf forekommer den hyppigst?

En crista transversa er en sammensmeltning mellem to essentielle crista fra hhv. en faciale og en lingual lobus. Den forekommer oftest på P_1 i underkæben, hvor den adskiller interlobalfuren som er lokaliseret mellem den faciale og linguale lobus.

D. Hvor mange rodsøjler forekommer der hyppigst på en P inf, og hvad er lokaliseringen?

Der forekommer oftest 2 rodsøjler, og de er lokaliseret faciale og mesiale.

E. I hvor mange tilfælde (%) forekommer der to-rodede varianter af henholdsvis P₁ og P₂ inf?

I 5 % af tilfældene for begge to. Altså er det meget sjældent at der forekommer to-rodede varianter af disse to.

Følgende spørgsmål omhandler cingulum-derivater**F. Hvad er et cingulum-derivat?**

Et cingulum derivat er en inkonstant forekommen struktur, som ses i forlængelse af det konstante basale cingulum.

G. Hvilke typer af cingulum-derivater findes der og hvor på tanden er de lokaliseret?

Der findes 4 typer cingulum derivater. Carabellistrukturen som er lokaliseret mesio-lingualt på tanden. Paramolarestrukturen som er lokaliseret mesio-faciale på tanden. Tuberculum molare som er lokaliseret cervicale mesio-faciale på tanden. Tuberculum tunger findes lingualt.

H. På hvilke tandtyper og med hvilken relativ frekvens finder man disse cingulum-derivater?

Carabellistrukturen findes kun på overkæbe molarer, både permanente og tæmporære molarer. Frekvensen for de permanente molarer i overkæben er $M_1 > M_2 > M_3$, hvor tuberculum carabelli kun findes på M_1 sup.

Paramolare strukturen kan findes på alle molarer. Frekvensen for de permanente molarer er $M_3 > M_2 > M_1$. Hvor tuberculum paramolare kun findes på M_3 og M_2 .

Tuberculum molare findes kun m_1 'ere.

Tuberculum tunger findes kun på incisiver og hjørnetænder i overkæben. Som regel ses 2 tuberculum tunger pr. tand.

Følgende spørgsmål omhandler 1. molar i underkæben (M₁ inf)**I. Hvor mange lobi forekommer mest hyppigt på M₁ inf – og hvor er de lokaliseret?**

Der forekommer som regel 5 lobi lokaliseret mesio-faciale, centro-faciale, disto-faciale, mesio-lingualt og disto-lingualt.

J. Beskriv denne tandtypes rodkomponenter med hensyn til lokalisation og antal rodsøjler.

M_1 inf har to rodkomponenter lokaliseret hhv. mesialt og distalt. Den mesiale rodkomponent indeholder 3 rodsøjler, mens den distale indeholder 2 rodsøjler.

K. Beskriv pulpakammer og rodkanalsystem for M_1 inf.

I flerrodede tænder er pulpakammeret lokaliseret i den cerviakle del af kronen samt i rodsoklen, det gælder naturligvis også for M_1 inf. Den mesiale rodkomponent indeholder 2 sekundære hovedkanaler, mens den distale indeholder en primær hovedkanal.

L. Hvilke overtallige radikulære strukturer kan forekomme på M_1 inf?

Af overtallige radikulære strukturer findes radix paramolaris, radix enteromolaris og den furkale birod. Den furkale birod forekommer dog ikke på M_1 inf.

M. Hvornår påbegyndes mineraliseringen af denne tandtype?

Mineraliseringen af M_1 påbegyndes omkring fødslen.