

ABSTRACT

Maternel ernæring har en central betydning for foster- og postnatal udvikling, herunder dannelse og mineralisering af dentale væv. Ubalance i kostindtaget, såsom mangel på calcium, vitamin D og protein eller overeksponering for kolesterol og koffein, kan potentielt hæmme mineraliseringen af dentale væv. I denne gennemgang beskrives resultater fra både eksperimentelle dyrestudier og epidemiologiske studier omkring indflydelsen af maternelt næringsindtag på tanddannelsen.

EMNEORD Maternal nutrition | mineralization disturbances | disruption, dental tissues | enamel hypoplasia

Maternel kost og tanddannelsesforstyrrelser

NUNO VIBE HERMANN, lektor, tandlæge, dr.odont., ph.d., Pædodonti og Klinisk Genetik, Odontologisk Institut, Sundhedsvidenskabeligt Fakultet, Københavns Universitet

Accepteret til publikation den 7. januar 2026

[Online før print]

TANDUDVIKLING OG INTERNALISERINGEN af dentale væv er genetisk bestemt og styret, men er også afhængig af moderens ernæring under graviditet og amning. Ændringer i moderens indtag af vigtige næringsstoffer såsom calcium, fosfor, protein, D-vitamin, zink og kolesterol kan derfor påvirke mineraliseringen af dentale væv. Dyreforsøg viser, at mangel på calcium og protein kan resultere i hypomineraliseret emalje,

reduceret dentinhårdhed og forringet odontoblastmodning, mens normalisering af kosten genopretter emaljemineraliseringen (1,2). Mens højt kolesterolindtag hos moderen kan føre til nedsat mineralisering af emaljen hos afkommet (3). Dyreforsøg har vist, at koffeineksponeering af moderdyret under drægtighed eller amning kan føre til hypomineralisering af emaljen (4).

I kliniske epidemiologiske studier er det vist, at indtaget af mikronæringsstoffer hos moderen – især af D-vitamin, calcium og mejeriprodukter – kan påvirke emaljemineralisering hos barnet (5-8). Samlet set fremhæver disse fund, at en afbalanceret ernæring hos moderen hjælper med at understøtte optimal tanddannelse og mineralisering af dentale væv. Samtidig bør det dog nævnes, at det kliniske billede ofte er uspecifikt, og at den præcise ætiologi bag de kostrelaterede tanddannelsesforstyrrelser typisk ikke kan aflæses af det kliniske billede i klinikken, hvilket også vanskeliggør forskningen indenfor området. Det, som kan aflæses af det kliniske billede, er, hvornår forstyrrelsen er indtrådt. Altså, hvornår/hvilken periode tanddannelsen har været forstyrret. Ved genetisk betingede tanddannelsesforstyrrelser som amelogenesis imperfecta er det karakteristisk, at hele/begge tandsæt afficeres – til forskel fra epigenetisk betingede forstyrrelser. Se eksempel på D-vitaminmangel i tidlig barndom (Fig. 1).

Formålet med denne artikel er således med udgangspunkt i den almindelige tanddannelse at gennemgå betydningen af



Korrespondanceansvarlig forfatter
NUNO VIBE HERMANN
nuno@sund.ku.dk

D-vitaminmangel



Fig. 1. Eksempel på tanddannelseforstyrrelse efter D-vitaminmangel i tidlig barndom.
Fig. 1. Example of dental development disorder due to vitamin D deficiency in early childhood.

de nævnte mikronæringsstoffer og de understøttende studier. Herudover at give overblik over, hvilke typer tanddannelseforstyrrelser som sandsynligvis kan forebygges gennem ændrede eller modificerede kostvaner hos den gravide kvinde eller i barndommen.

TANDDANNELSEN

Første tegn på tanddannelse ses i 7. fosteruge, når de krone-dannende celler (odontoblaste og ameloblaster) uddifferentieres fra slimhinden (ektodermen), grundsubstansen (ektomesenkymet) og neuroektodermen. Tanddannelsen er styret af signalmolekyler BMP, FGF, SHH og WNT og en lang række

transkriptionsfaktorer, herunder Pax-9, Runx2 og Msx-1, som de mest undersøgte (Fig. 2) (9).

Dentindannelsen påbegyndes først, herefter påbegyndes emaljedannelsen, og når kronedannelsen er afsluttet, dannes cement og parodontalmembran. Overordnet dannes tanden fra cuspides og mod rodspids.

Mineraliseringen af de primære tænder starter i 2. trimester (ca. 14.-16. fosteruge), og krone-/roddannelsen afsluttes omkring treårsalderen. Kort tid efter fødslen begynder mineraliseringen af permanente incisiver, hjørnetænder og 1.-molarer, og alle tænder er færdigdannede i 12-14-årsalderen bortset fra 3.-molarer, der afslutter roddannelsen i 18-25-årsalderen (10).

Det er således en uhyre lang årrække, hvor tændernes dannelse kan påvirkes af diverse interne og eksterne stimuli.

Selve emaljedannelsen (amelogenesis) sker overordnet i fire faser/etaper:

- 1) *Sekretionsfasen*; organisk emaljematrix (indeholdende amelogenin 90 % og 10 % ameloblastin, enamelin og tuf-telin samt enzymer og 30 % mineral) secernerer af emaljedannende ameloblaster. Den secernede emaljematrix aflejres i lag, der svarer til den endelige emaljes tykkelse.
- 2) *Mineraliseringsfasen*; ameloblasterne udskiller hydroxylapatit, der erstatter det organiske materiale.
- 3) *Modningsfasen*; emaljeproteinerne fjernes ved hjælp af enzymer, og emaljens hårdhed øges.
- 4) *Hypermineralisering*; emaljens overflade hærdes, tandens form er fastlagt, og emaljen opnår fuld hårdhed som kroppens hårdeste væv. Emaljen kan ikke gendannes senere i livet (11). ▶

Tanddannelsesstadier

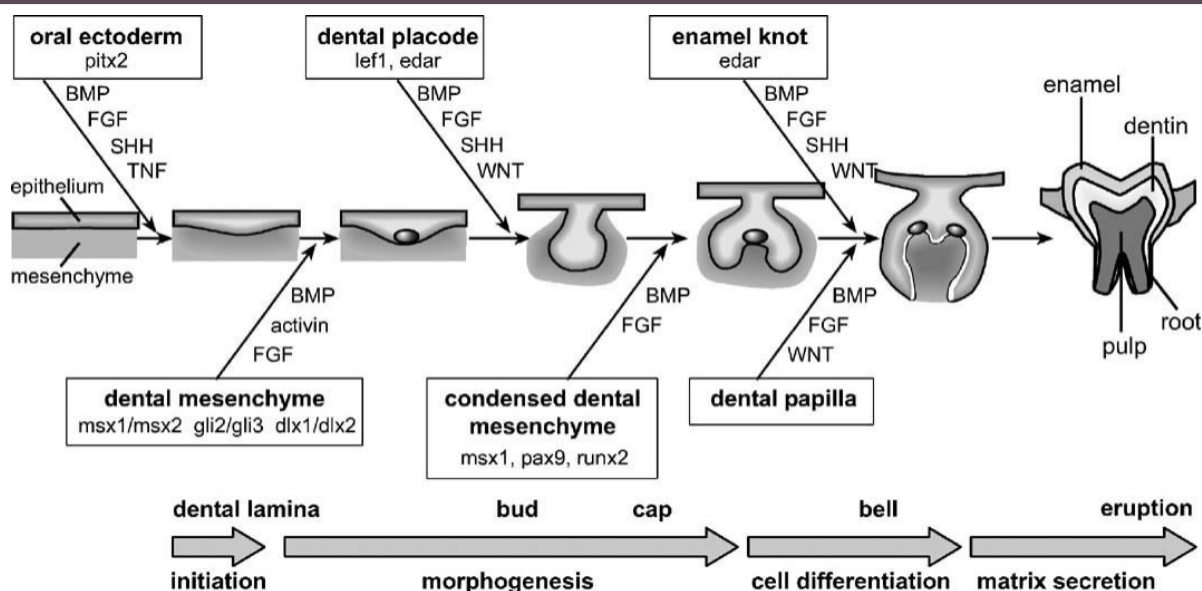


Fig. 2. Tanddannelsens forskellige stadier, og hvordan disse reguleres af forskellige signalveje (modificeret fra (16)).

Fig. 2. Tooth development is regulated by conserved signal pathways (modified from (16)).

Afhængigt af hvilken fase i amelogenesis der bliver forstyrret, vil dette medføre karakteristisk forandring af emaljen i form af mindre tykkelse (*kvantitativ afvigelse*) eller alternativt mindre hårdhed (*kvalitativ afvigelse*).

VIDEN OM EFFEKTEN AF MATERNEL ERNÆRING OG EMALJEUDVIKLING FRA DYREMODELLER

Dyremodeller kan give detaljeret og præcis indsigt i de mekanismer, hvorigennem moderens kost påvirker emaljemeneralisering og tandudvikling på både cellulært og molekylært niveau. Kontrollerede forsøg med gnavere og andre pattedyr muliggør isolering af specifikke ernæringsmæssige variable og giver således værdifuld kontekst for fortolkningen af humane data (se eksempler på dyremodeller i Tabel 1). I det følgende beskrives nogle af de vigtigste fund i detaljer.

Lavt calciumindtag og emaljens mikrohårdhed

Lozupone og Favia (1) analyserede, hvordan maternel og postnatal calciumdeficiens påvirkede emaljens mikrohårdhed hos rotter. Kortvarig maternel mangel havde begrænset effekt, mens langvarig calciumdeprivation efter fravæning resulterede i et fald på 73-74 % i emaljens mikrohårdhed samt reduceret dentintykkelse. Disse observationer bekræfter, at vedvarende calciuminsufficiens kritisk hæmmer emaljens modning og hårdhed under den postnatale vækstfase.

Proteinrestriktion under graviditet og laktation

Calsa et al. (2) undersøgte virkningerne af maternel proteinrestriktion på odontogenese hos rotter. Afkom eksponeret for lavproteindiæter under både drægtighed og laktation udviste forsinket odontoblastdifferentiering, reduceret pulpakarvaskularisering og nedsat mineralisering af det alveolære knoglevæv. Molekylære analyser viste desuden reduceret ekspresion af osteoprotegerin (OPG) og øget RANKL-ekspresion, hvilket indikerer forstærket knogleresorption og dysregulering af odon-

FAKTABOKS

- Forstyrrelser i dannelsen af de dentale væv er uhyre almindelige (eks. MIH har en mulig prævalens op mod 40 % (16))
- Genetiske og epigenetiske faktorer er afgørende for udviklingen af tanddannelsesforstyrrelser
- Maternel ernæring under graviditeten og amning formodes at have indflydelse på udvikling af visse typer hypomineralisering
- Kontroverser i resultaterne fra kliniske studier betyder, at en specifik profylakse-indsats i forhold til mineralisering af dentale væv afledt af maternelt kosthold indtil videre ikke er mulig

togene signalveje. Disse resultater fremhæver proteinafhængige molekulære mekanismers betydning for udviklingen af dentale væv.

Maternel hyperkolesterolæmisk diæt og emaljesammensætning

Yakubova et al. (3) undersøgte effekten af en kolesterolberiget maternel diæt på emaljemeneralisering hos mus. Afkom fra hyperkolesterolæmiske mødre udviste signifikant reduceret calciumindhold og lavere Ca/P-forhold i emaljen (ringere mineralisering).

Maternel koffeineksponering og emaljens opløselighed

Schneider et al. (4) påviste, at maternelt koffeinindtag øgede emaljens syreopløselighed hos rotteafkom. Unger fra koffein-

Dyreeksperimentelle studier

Studie/Reference	Dyremodel	Maternel diæt/eksponering	Resultater	Konklusion
Lozupone & Favia (1)	Rotter	Lavcalciumdiæt før og efter fødslen	↓ Emaljihårdhed (reduktion på 73-74 %), ↓ dentintykkelse	Alvorlig hypomineralisering af emalje og dentin
Hassan et al. (12)	Mus	Maternel calcium ændring	Signifikant	Mineralisering af emalje
Papagerakis et al. (13)	Mus	D-Vitamin-mangel	Minimal	Hypomineralisering af emalje
Yakubova et al. (3)	Mus	Kolesterol-beriget foder før og efter fødslen	Mindre end SCTG	Hypomineralisering af emalje og evt. emaljedefekter
Calsa et al. (2)	Rotter	Lavproteindiæt før og efter fødslen	Sammenlignelig med CAF+SCTG	Hæmmet odontogenese og osteogenese
Schneider et al. (4)	Rotter	Koffein før og efter fødslen	Mindre end SCTG	Øger emaljens syrefølsomhed
Cerklewski (14)	Rotter	Zinkmangel	Mindre end SCTG	Nedsat mineral densitet

Tabel 1. Maternel kost og tandudvikling. Resultater fra dyreeksperimentelle undersøgelser af maternel kosts indflydelse på tandudvikling og mineralisering.

Table 1. Maternal diet and tooth development. Experimental results from animal studies showing of the influence of maternal diet on tooth development and mineralization.

eksponerede mødre udviste større calcium- og magnesiumtab efter syrepåvirkning samt overfladeuregelmæssigheder observeret ved elektronmikroskopi. Disse fund indikerer, at koffein interfererer med modningen af emaljens krystalstruktur, hvilket reducerer modstandskraften mod syredissolution og potentielt øger caries- og erosionsrisikoen.

VIDEN OM EFFEKTEN AF MATERNEL ERNÆRING FRA KLINISKE STUDIER

Epidemiologiske og longitudinelle kliniske kohortestudier har påvist sammenhænge mellem moderens indtag af mikronæringsstoffer under graviditeten og emaljens strukturelle kvalitet hos afkommet (5,6). Særligt D-vitamin er en velkendt og central regulator af calcium- og fosfatmetabolismen i relation til udviklingen af emaljehypomineralisering. På trods af dette viser et nyligt stort review, at selvom et tilstrækkeligt D-vitamin-niveau er vigtigt i forbindelse med tanddannelsen, er resultaterne af diverse undersøgelser modstridende. Nogle studier finder således sammenhæng med højere incidens af mineraliseringsforstyrrelser, og andre gør ikke (5).

En anden nylig systematisk international oversigtsartikel af Alrashdi (6) har fokuseret på alle store nyere kliniske studier, som beskæftiger sig med moderens indtag af vitamin D og tobaksrygning. Konklusionen i denne oversigt er, at begge har en direkte indvirkning på børns tandstatus. Analysen fandt således en betydelig samlet sammenhæng mellem højt maternelt indtag af vitamin D og en reduceret risiko for emaljedefekter, såsom emalje-hypoplasi, hypomineraliserede andenmælkemolarer (HSPM) og molar-incisiv-hypomineralisering (MIH) hos børn. Analysen viste dog også ligesom den tidligere oversigtsartikel (5) betydelig heterogenitet i resultaterne blandt studierne, som var inkluderet i den systematiske oversigt, sandsynligvis på grund af forskelle i studiedesign, populationer og vurderingsmetoder. Studiet viste også en stærk sammenhæng mellem moderens rygning under graviditeten og en øget risiko for tidlig caries hos børn (ECC). De mulige foreslåede mekanismer inkluderede nikotininduceret forstyrrelse af det orale mikrobiom, fremme af cariogene bakterier og interferens med vitamin D-metabolismen.

Calciumindtag er også en nøgelfaktor i mineraliseringsprocessen. Reed et al. (7) og Estivals et al. (8) dokumenterede, at utilstrækkeligt calciumindtag hos moderen var associeret med

klinisk perspektiv

Forstyrrelser i udviklingen af dentale væv er uhyre hyppigt forekommende. En del af disse tilstande er alene genetisk bestemt, mens andre (måske størstedelen) er såkaldt epigenetisk forårsagede. Epigenetisk forårsaget betyder, at gener bliver tændt eller slukket som reaktion på miljøfaktorer som kost, livsstil og stress, og nogle individer vil pga. genetisk prædisposition have lettere ved at blive påvirket af epigenetiske omstændigheder. Der er i disse år generelt fokus på kost og ernæring, og en del mennesker lever efter særlige kostplaner, hvor fødevarergrupper systematisk udelukkes fra den almindelige kostplan. Som behandler er det vigtigt at have viden om, at visse typer tanddannelsesforstyrrelser sandsynligvis kan forebygges gennem ændrede eller modificerede kostvaner hos såvel den gravide som i barndommen, når patienterne spørger en til råds i klinikken.

øget forekomst af emaljehypoplasi samt reduceret emaljetæthed hos børnene. Fundene i de kliniske studier understøttes af resultaterne fra dyreeksperimentelle studier, der viser, at emaljens hårdhed og mineralindhold har høj følsomhed over for variationer i moderens calciumniveau.

Samlet set peger de humane data på, at maternel ernæring påvirker odontogenesen både direkte gennem tilgængeligheden af essentielle næringsstoffer og indirekte ved at modulere systemiske faktorer såsom fosterets vækst, immunologisk udvikling og det orale mikrobiom. Især er D-vitamin og moderens rygning under graviditeten vigtige faktorer.

KONKLUSION

Baseret på den tilgængelige litteratur indenfor såvel dyreeksperimentelle som kliniske undersøgelser er den maternelle ernæring under graviditet og laktation i samspil med genetiske og epigenetiske forhold afgørende for afkommets tanddannelse og mineralisering af dentale væv. På den anden side viser kontroverser i resultaterne fra de kliniske studier, at en specifik profylakseindsats i forhold til mineralisering af dentale væv afledt af maternelt kosthold indtil videre ikke er mulig. ♦ ▶

ABSTRACT (ENGLISH)

Maternal nutrition plays a central role in fetal and postnatal development, including the formation and mineralization of dental tissues. Imbalance in dietary intake – such as deficiencies in calcium, vitamin D, and protein, or overexposure to cholesterol and caffeine – can potentially disrupt enamel

formation, inhibit mineralization, and increase the risk of mineralization disorders. This review presents findings from both experimental animal studies and epidemiological studies on the influence of maternal nutrient intake on tooth development.

LITTERATUR

1. Lozupone E, Favia A. Effects of a low calcium maternal and weaning diet on the thickness and microhardness of rat incisor enamel and dentine. *Arch Oral Biol* 1989;34:491-8.
2. Calsa B, Bortolança TJ, Masiero BC et al. Maxillary and dental development in the offspring of protein-restricted female rats. *Eur J Oral Sci* 2022;130:e12895.
3. Yakubova II, Dosenko V, Ostrianko V et al. Influence of maternal cholesterol-enriched diet on chemical composition of teeth enamel in offspring of mice. *Wiad Lek* 2024;77:299-304.
4. Schneider PE, Alonzo G, Nakamoto T et al. Effects of caffeine intake during gestation and lactation on the acid solubility of enamel in weanling rats. *Caries Res* 1995;29:285-90.
5. Tapalaga G, Bumbu BA, Reddy SR. The impact of prenatal vitamin D on enamel defects and tooth erosion: a systematic review. *Nutrients* 2023;15:3863.
6. Alrashdi, M. Influences of maternal nutrition and lifestyle factors on early childhood oral health: a systematic review of mechanisms and intervention strategies. *Children* 2024;11:1107.
7. Reed SG, Miller CS, Wagner CL et al. Toward preventing enamel hypoplasia: modeling maternal and neonatal biomarkers of human calcium homeostasis. *Caries Res* 2020;54:55-67.
8. Estivals J, Garot E, Lamare M et al. Insight into perinatal health by investigating the neonatal line: A systematic review. *Arch Oral Biol* 2025;177:106335.
9. Thesleff I. The genetic of tooth development and dental defects. *Am J Med Genet Part A* 2006;140:2530-5.
10. Kock G, Kreiborg S, Andreasen JO. Eruption and Shedding of Teeth. In: Kock G, Poulsen S, eds. *Pediatric dentistry. A clinical approach*. 3rd ed. United Kingdom: Wiley-Blackwell, 2017;40-53.
11. Nancy A. Enamel: composition, formation and structure. In: Ten Cate's Oral histology: development, structure and function. 9th ed. A. St. Louis, Missouri, USA: Elsevier, 2018;339-49.
12. Hassan MG, Hassan R, Hassan DG et al. Altering maternal calcium and phosphorus dietary intake induces persistent sex-specific changes in the dentition of the offspring. *Orthod Craniofac Res* 2024;27:403-12.
13. Papagerakis P, MacDougall M, Hotton D et al. Expression of amelogenin in odontoblasts. *Bone* 2003;32:228-40.
14. Cerklewski FL. Effect of suboptimal zinc nutrition during gestation and lactation on rat molar tooth composition and dental caries. *J Nutr* 1981;111:1780-3.
15. Watted A, Watted N, Abu-Hussein M. Multidisciplinary treatment in cleft lip and palate patients. *Int J Dent Res Oral Health* 2020;2:1-11.
16. Wogelius P, Haubek D, Poulsen S. Prevalence and distribution of demarcated opacities in permanent 1st molars and incisors in 6 to 8-year-old Danish children. *Acta Odontol Scand* 2008;66:58-64.