

Proefschriften 25 jaar na dato 27. Molaarcrypten in de onderkaak

Over de vroege ruimtelijke ontwikkeling van blijvende molaren was een aantal decennia geleden relatief weinig bekend. Het materiaal dat voor dit proefschrift werd bestudeerd betrof een verzameling van 114 gemacereerde onderkaken van jonge kinderen en adolescenten. Van de crypten waarin de tandkiemen zich ante mortem bevonden werden röntgenopnamen gemaakt, en het ruimtelijk ontwikkelingspatroon werd vervolgens macro- en micromorfologisch onderzocht. Uit de resultaten bleek een consistent ruimtelijk ontwikkelingspatroon, waarbij de wijze van expansie van de crypten van de tweede en derde molaar voorafgaand aan de krooncalcificatie sterke gelijkenis vertoonde. De verplaatsingen zoals die werden gesuggereerd door de metingen op de röntgenopnamen werden bevestigd door het macro- en micromorfologisch onderzoek van de botoppervlakken. De mesiodistale relatie van de kiemen bleek al vroeg in de ontwikkeling te worden beïnvloed door de morfologie van de onderkaak. Nieuwe inzichten zijn tot op heden niet ontstaan omdat weinig vervolgonderzoek naar de ruimtelijke ontwikkeling van de crypten is verricht.

Jongsma AC. Proefschriften 25 jaar na dato 27. Molaarcrypten in de onderkaak. *Ned Tijdschr Tandheelkd* 2011; 118: 387-391
doi: 10.5177/ntvt.2011.07/08.10259

Inleiding

Tijdens de pre-eruptieve fase ontwikkelen de crypten die een tandkiem bevatten zich in nauwe relatie met deze kiem als een benige afspiegeling, waarbij de rangschikking van de kiemen is aangepast aan de ruimte binnen de zich ontwikkelende kaak. De ruimtelijke expansie tijdens de opeenvolgende ontwikkeling van de blijvende molaren in de onderkaak vertoont daarbij sterke gelijkenis. Discrepantie tussen de voorachterwaartse ontwikkeling van de tandboog en de groei van de kaak kan leiden tot ruimtegebrek of impactie van de distale molaren.

Onderzoek naar de ruimtelijke ontwikkeling van blijvende molaren was – en is nog steeds – zeer beperkt verricht, vooral bij kinderen in de leeftijdscategorie van 0 tot 7 jaar, de periode waarin een belangrijk deel van de pre-eruptieve ontwikkeling plaatsvindt. Morfologische beschrijvingen van de ontwikkeling van de tandkiemen in hun crypten, vooral voor het begin van de krooncalcificatie, zijn vrij schaars (Nolla, 1960; Oöe 1981; Van der Linden en Duterloo, 1976; Ricketts et al, 1976; Richardson, 1978; Ten Cate, 1980). Diverse onderzoeken bevestigden dat positieveranderingen van de kiemen samenhangen met ontwikkelingen in het retromolaargebied door onder andere relocatie van de ramus ascendens mandibulae (Sicher en Tandler, 1928; Björk, 1955; Baer et al, 1983).

Oöe (1981) beschreef een reconstructie van de gekan-

Wat weten we?

Tijdens de pre-eruptieve fase ontwikkelen de crypten die een tandkiem bevatten zich in nauwe relatie met deze kiem als een benige afspiegeling, waarbij de rangschikking van de kiemen is aangepast aan de ruimte binnen de zich ontwikkelende kaak.

Wat is nieuw?

Er is meer inzicht gekomen in de postnatale ruimtelijke ontwikkeling van de crypten die de kiemen van de blijvende molaren in de onderkaak bevatten en de relatie tussen onderlinge cryptenposities en de morfologie van de onderkaak. Het ruimtelijk ontwikkelingspatroon blijkt consistent, waarbij de wijze van expansie van de crypten van de tweede en derde molaar voorafgaand aan de krooncalcificatie sterke gelijkenis laat zien.

Praktijktoepassing

Geen.

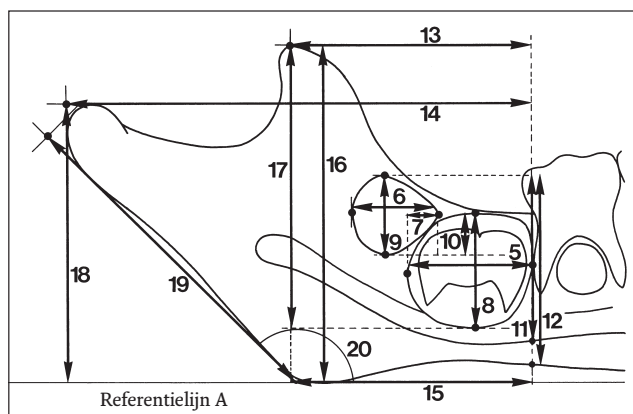
telde en overlappende posities van groeiende tijdelijke molaren in de relatief kleine foetale onderkaak. Baume en Becks (1953) onderzochten het complexe migratieproces van de derde molaar in de onderkaak van de aap *Macaca Rhesus*, waarbij vergelijkbare positieveranderingen röntgenologisch en histologisch werden bevestigd. Als mogelijk sturend mechanisme werd genoemd de verschuiving van het periosteum met het daaraan verbonden gubernaculum, met bijbehorende distaalwaartse oriëntatie van vasculaire kanaaltjes in de cortex van de onderkaak (Dempster en Enlow, 1959; Scott, 1967).

Het proefschrift

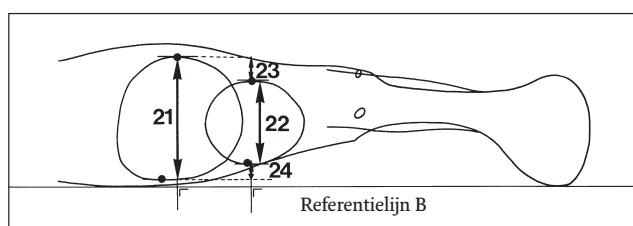
De toenmalige kliniek voor Orthodontie van de Rijksuniversiteit Groningen beschikte 25 jaar geleden over een unieke collectie humaan schedelmateriaal, waaronder 114 onderkaken van jonge kinderen en adolescenten, het onderzoeksmateriaal van dit proefschrift. In een pilotonderzoek bleek de vroege ontwikkeling van de molaren in de onderkaak fraai zichtbaar, zowel macro- en micromorfologisch als röntgenologisch.

Het doel van het promotieonderzoek was het beschrijven van:

- de postnatale ruimtelijke ontwikkeling van de crypten van de blijvende molaren in de onderkaak;
- de onderlinge (relatieve) posities van de eerste en tweede, respectievelijke tweede en derde molaarcrypten tijdens de ontwikkeling;
- de topografische positie van beide cryptenstelsels ten



Afb. 1. Meetvariabelen 5 t/m 20 (laterale röntgenopname).



Afb. 2. Meetvariabelen 21 t/m 24 (occlusale röntgenopname).

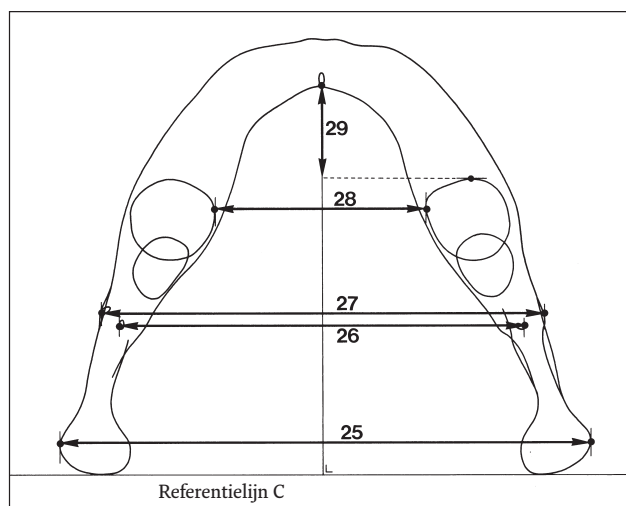
opzichte van diverse onderkaakstructuren en de invloed daarvan op de onderlinge cryptenposities;

- de relatie tussen onderlinge cryptenpositie en morfologie van de onderkaak;
- botontwikkelingsprocessen in het gebied van de zich ontwikkelende crypten (Jongsma, 1985).

Materiaal en methode

Het materiaal bestond uit 114 gemacereerde menselijke onderkaken; de herkomst was waarschijnlijk India. Gegevens over leeftijd, geslacht, ziektegeschiedenis en doodsoorzaak waren onbekend. Daarnaast vormden mogelijke post mortem veranderingen en de noodzakelijkerwijze cross-sectionele benadering een beperking voor de interpretatie van de resultaten. Waarschijnlijk was de gebitschronologie van de vermoedelijke populatie vergelijkbaar met die van Kaukasische steekproeven. De gebruikte methoden werden verdeeld in metingen op röntgenopnamen en macro- en micromorfologisch onderzoek van een representatieve steekproef uit het materiaal.

Van elke onderkaak werden panoramische, laterale en occlusale röntgenopnamen gemaakt. Identificatienummer, ontwikkelingsstadium van de tweede molaar en de derde molaar en een schatting van de gebitsleeftijd vormden de eerste 4 meetvariabelen (Prahl en Van der Linden, 1972; Demirjian, 1973). Bij de metingen op de röntgenopnamen werden 2 verzamelingen van meetpunten en bijbehorende angulaire en lineaire variabelen gedefinieerd: crypte 47 ten opzichte van crypte 46 (DATA 6/7) en crypte 48 ten opzichte van crypte 47 (DATA 7/8). De variabelen 5-20 werden gemeten op de laterale röntgenopname (afb. 1). De variabelen 21-29 werden gemeten op de occlusale röntgenopnamen (afb. 2 en 3). De meetpunten werden gedi-

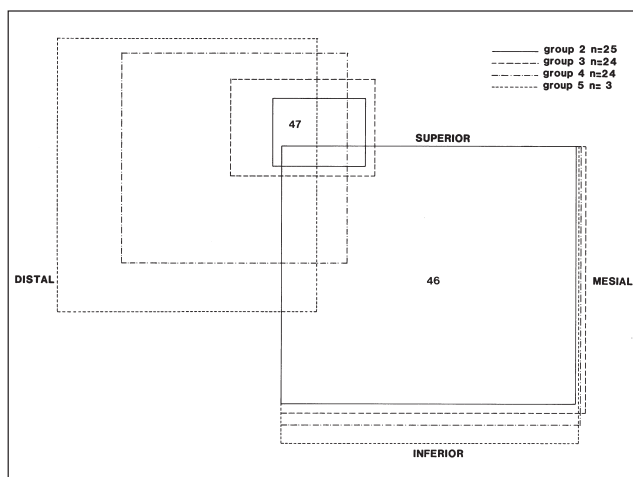


Afb. 3. Meetvariabelen 25 t/m 29 (occlusale röntgenopname).

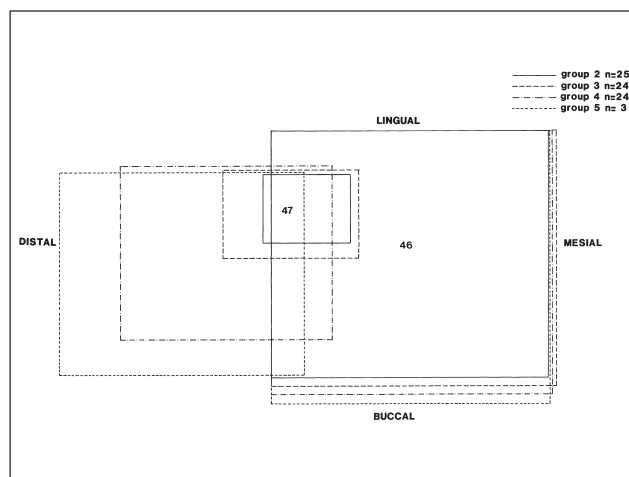
taliseerd met een plotter. Cryptendimensies werden gemeten in de rechter kaakhelft als de projecties van de omtrek in 3 onderling loodrechte richtingen: mesiodistale lengte, verticale hoogte en buccolinguale breedte. De onderlinge positie van elk paar werd uitgedrukt in de mate van lineaire overlap in de 3 richtingen. Andere variabelen werden gemeten als parameters voor de referentiepositie van de mesiale crypte, en grootte en vorm van de onderkaak. De nauwkeurigheid en reproduceerbaarheid van de methode bleek acceptabel, evenals de bepaling van de ontwikkelingsstadia. Dat gold echter niet voor de schatting van de gebitsleeftijd die in dit onderzoek slechts incidenteel ter verduidelijking werd vermeld. Beide datagroepen werden gescheiden geanalyseerd. De onderkaken werden per dataverzameling verdeeld in 6 groepen, gebaseerd op de grootte van de distale crypten.

De groepen werden in de statistische analyse beschouwd als afkomstig uit verschillende hypothetische populaties, teneinde groepsverschillen tussen de variabelen te onderzoeken (variantie-analyse, F-toets, chikwadraattoets, Student's t-test). In een multipel lineair regressiemodel werden metingen die waren gebonden aan de positie van de crypten als afhankelijke variabelen getoetst aan de diverse omgevingsdimensies.

Voor het macromorfologisch onderzoek werden 21 onderkaken geselecteerd, refererend aan de groepsgemiddelden van het röntgenologisch onderzoek. Met behulp van een stereomicroscop werden karakteristieken van de botoppervlakken van de endostale en periostale cortex, de interne en externe oppervlakken van de crypten en de canalis mandibularis onderzocht en schematisch in kaart gebracht. Onderscheiden werden fijnmazige of trabeculaire botvorming, langzame depositie van compact bot dan wel rustig oppervlak, en resorptie (Enlow en Harris, 1964; Duterloo en Hoppenbrouwers, 1973). Ter verificatie van de macromorfologische waarnemingen werden 6 geselecteerde specimen onderzocht met gedemineraliseerde histologische coupes en scanningelektronenmicroscopie. Buccolinguale coupes en mesiodistale coupes van de corresponderende



Afb. 4. Compositiediagram verticale en mesiodistale cryptendimensies DATA 6/7.



Afb. 5. Compositiediagram mesiodistale en buccolinguale cryptendimensies DATA 6/7.

zone in de linker kaakhelft werden gemaakt van 1 kaak uit elke groep. Van het resterende materiaal werden 26 botfragmenten verzameld voor onderzoek met scanningelektroonmicroscopie, verdeeld over de verschillende macromorfologische karakteristieken en locaties.

Resultaten

Röntgenologisch onderzoek: de ruimtelijke ordening

Uit de metingen op de röntgenopnamen bleek dat het grootste deel van de expansie van de crypten van de eerste molaar en de tweede molaar plaatsvond vóór de aanwezigheid van een gemineraliseerd compleet kroonoppervlak. Daarna hingen geringe dimensionele veranderingen samen met de lengteontwikkeling van de enigszins naar linguaal neigende tandkiem en dientengevolge geringe verticale en buccolinguale expansie. De gegevens wezen op eenzelfde patroon voor de derde molaar.

In de meeste onderkaken waarin de ontwikkeling van de tweede molaar was gevorderd tot de aanwezigheid van een occlusaal kroonoppervlak, of nog verder, was de eerste molaar niet langer omgeven door een min of meer gesloten crypte in verband met eruptie door de alveolaire cortex. Deze specimina zijn uitgezonderd van de berekeningen met betrekking tot de relatieve cryptepositie van de tweede molaar.

Statistische analyse van het overige materiaal liet een duidelijk ontwikkelingspatroon zien. De crypte van de tweede molaar ontwikkelde zich vanuit een positie boven het distolinguaal van het coronaire deel van de crypte van de eerste molaar. De expansie vond excentrisch plaats in distale en buccale richting met afname van de mesiodistale crypteoverlap. De buccolinguale relatie tussen beide linguale cryptencontouren bleef echter vrijwel onveranderd. Ten opzichte van de eerste molaar vond de verticale expansie meer concentrisch plaats. Tijdens de expansie van de crypte van de tweede molaar, vóór de aanwezigheid van een compleet occlusaal kroonoppervlak, bevond de eerste molaar zich in diverse stadia van kroonontwikkeling. De grootte en positie van de crypte van de eerste

molaar was tijdens deze periode vrij stabiel. De geringe verticale toename hing samen met verplaatsing van de coronaire begrenzing. De crypte van de eerste molaar bleek bruikbaar als referentiestructuur.

De uitkomsten werden verduidelijkt in enkele diagrammen, zoals afbeeldingen 4 en 5. In tegenstelling tot verticaal en buccolinguaal was de overlap in mesiodistale richting niet of nauwelijks significant gecorreleerd met de overige afmetingen van crypten. In het regressiemodel werden de invloeden van cryptegrootte en de omgeving op de 3 variabelen voor cryptenoverlap onderzocht.

De mesiodistale overlap had een multifactorieel karakter, waarbij de ruimtelijke relatie met de ramus mandibularis een centrale rol speelde. De mesiodistale relatie met de processus coronoideus en in mindere mate de mesiodistale afmeting van de crypte van de eerste molaar waren als determinanten van de ruimte in het retromolaargebied de meest significante factoren, vooral in de latere ontwikkelingsstadia van de crypte van de tweede molaar.

Het aantal waarnemingen voor de derde molaar was relatief gering; de overeenkomst met de waarnemingen voor de tweede molaar was groot. Voor het merendeel betrof het vroege ontwikkelingsstadia (tot 8 mm mesiodistale lengte).

Macromorfologisch onderzoek

De crypte van de tweede molaar ontwikkelde zich als een V-vormige instulping distobuccaal in het coronaire periorostale oppervlak van de crypte van de eerste molaar. Dergelijke beginstadia zijn niet of nauwelijks röntgenologisch zichtbaar. De gubernaculumgroeve is duidelijk herkenbaar, vanaf de cervix van de tweede molaar naar distaal en na de perforatie in het 'dak' van de crypte van de eerste molaar, verder verlopend als de aanleg van de eerste molaar. In latere stadia vond verdere expansie naar distaal, buccaal en caudaal plaats. Beide crypten hadden voortdurend een gemeenschappelijke scheidingswand, meestal zeer dun en soms met een centrale perforatie.

De eerste molaar bevond zich in diverse stadia van kroonformatie. De bodem van de crypte van de eerste mo-

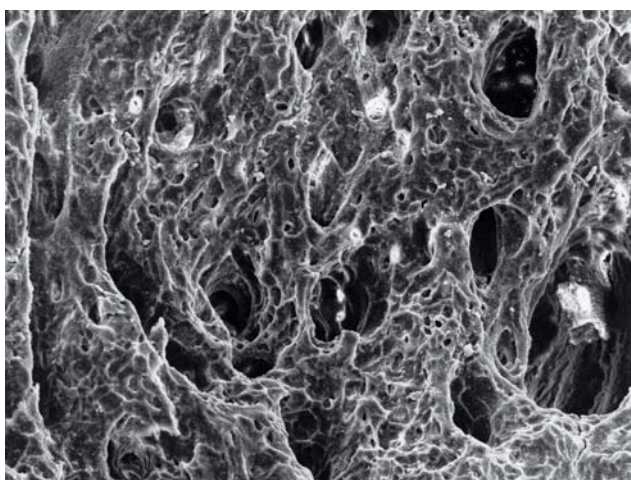


Afb. 6. Macro- en micromorfologisch beeld van interne distale cryptewand 47 van specimen 28 (oorspronkelijke vergroting 10 x). Resorptief oppervlak. De gedeeltelijk geresorbeerde bottrabekels zijn zichtbaar in de fijnmazige botafzetting aan de endostale zijde. Geschatte leeftijd: 2 jaar en 9 maanden.

laar had aan de endostale zijde een zeer nauwe relatie met de canalis mandibularis. De buccale en linguale wanden bepaalden het grootste deel van de verticale dimensie van het corpus mandibulae, hetgeen de zeer nauwe samenhang tussen de ontwikkeling van de kiem en de lokale kaakgroei illustreerde. De ruimtelijke oriëntatie van de crypte van de tweede molaar hing sterk samen met de inclinatie van het periostale botoppervlak aan de linguale zijde van de ramus mandibulae. Behalve het mesiale contact met de aangrenzende crypte en de cortex aan de occlusale zijde grensde het grootste deel van de cryptewand aan het endostale trabeculaire bot. De tijdens de expansie geresorbeerde trabeculae waren in de binnenzijde duidelijk waarneembaar als compacte elementen in een structuur van fijnmazige trabeculae. De crypteontwikkeling van de derde molaar vertoonde een vergelijkbaar beeld.

Micromorfologisch onderzoek

De verdeling van de botoppervlakken naar de 4 categorieën van oppervlakteactiviteit (snelle depositie, langzame depositie, rustend, resorptie) bleken in overeenstemming met de



Afb. 7. Opname met scanningelektronenmicroscopie van een deel van het oppervlak in afb. 6. Sterk resorptief oppervlak met Howshipse lacunae (oorspronkelijke vergroting 225 x).

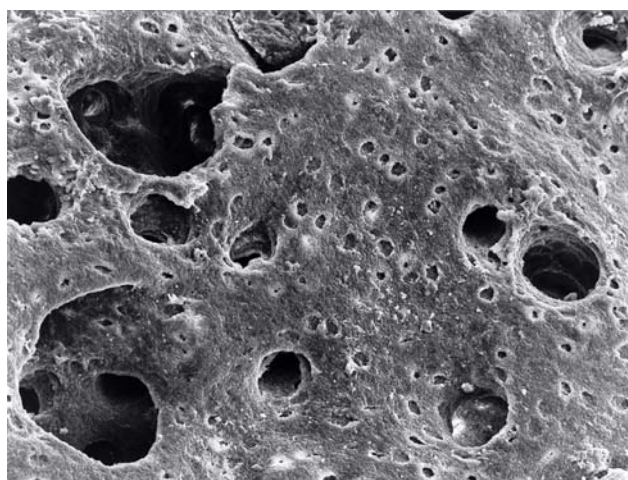
voorgaande bevindingen. De validiteit van de gebruikte observatiemethode werd bevestigd door gedetailleerde beschrijving van histologische coupes en onderzoek van de specimina met scanningelektronenmicroscopie. Remodelering en interne structuur van corticaal bot kwamen overeen met beschrijvingen in de literatuur. De niet-corticale cryptewanden vertoonden qua interne structuur karakteristieke varianten die samenhangen met de ontwikkeling van de kiem. Er zijn geen aanwijzingen van mesiale expansie waargenomen. Integendeel, het materiaal wees op excentrische expansie van de crypte van de tweede en de derde molaar in distale richting (afb. 6, 7 en 8). De periostale vaatopeningen van de mandibulaire cortex vertoonden een karakteristieke oriëntatie naar distaal, evenwijdig aan de curve van het corpus mandibulae als mogelijke aanwijzing voor verschuiving van het periosteum tijdens de groei.

Conclusies

De belangrijkste conclusies uit het onderzoek waren:

- Het grootste deel van de expansie van crypten van blijvende molaren in de onderkaak vond plaats vóór het ontstaan van een compleet occlusaal kroonoppervlak.
- Expansie van de crypte van de tweede blijvende molaar vond excentrisch plaats ten opzichte van de crypte van de eerste blijvende molaar, en wel in een distale en buccale richting vanuit een aanvankelijk overlappende positie. Ten opzichte van de crypte van de tweede blijvende molaar ontwikkelde de crypte van de derde molaar zich volgens een sterk gelijkend patroon.
- Tijdens de expansie van de crypte van de tweede blijvende molaar bevond de eerste molaar zich in verschillende stadia van krooncalcificatie die gepaard ging met slechts geringe veranderingen van de afmetingen en de positie in de onderkaak, waardoor de crypte van de eerste molaar bruikbaar was als referentiestructuur.
- In de molaarcrypten waren geen verschijnselen waargenomen die wezen op mesiale expansie.

De onderlinge buccolinguale en verticale cryptenposities



Afb. 8. Opname met scanningelektronenmicroscopie van de cryptewand in afb. 6, endostale zijde. Fijnmazige depositie met osteoblastenlacunae (oorspronkelijke vergroting 225 x).

hingen nauw samen met de ontwikkeling van de kiemen. De mesiodistale overlap werd echter door meerdere factoren beïnvloed. De ruimtelijke relatie met de ramus mandibularis was daarbij een dominante factor.

Slotbeschouwing

Vijfentwintig jaar na de totstandkoming van het proefschrift zijn de uitkomsten nog steeds onweersproken. Sinds 1985 zijn aanvullende publicaties zeer schaars. Het meest relevant is het onderzoek van Chávez (1987) naar de cryptenontwikkeling van blijvende molaren in de bovenkaak, in navolging van het hier beschreven proefschrift. Van de 93 onderzochte bovenkaken bleken de distale crypten zich naar occlusaal en naar mesiaal te ontwikkelen. Snelheid, richting en timing van de groei van de bovenkaak vormden een ingewikkeld samenspel met de pre-eruptieve ontwikkeling van de molaarkiemen. In vergelijking met de onderkaak zou de begrensde ruimte binnen het tuber maxillare een nog dominantere invloed hebben op de onderlinge cryptenposities.

Maertens (1990) beschreef de positie van de derde molaar in 1.000 gedroogde menselijke onderkaken en onderschreef de suggestie dat de impactie van de derde molaar een multifactorieel verschijnsel is.

Driedimensionaal onderzoek biedt inmiddels nieuwe mogelijkheden. Krarup et al (2005) verzamelden series computertomografiescans van 49 kinderen met het Apert-syndroom. De relatief stabiele positie van de tandkiemen tot het begin van de wortelvorming werd door hen bevestigd.

Na de tijdelijke sluiting van de kliniek voor Orthodontie van de Rijksuniversiteit Groningen in de jaren '90 van de vorige eeuw is de collectie schedelmateriaal via de Universiteit van Marburg uiteindelijk weer teruggekeerd in Groningen. Met de nu beschikbare technieken zou een uitgebreider onderzoek kunnen worden uitgevoerd, bijvoorbeeld scanning van cryptecontouren en volumetrie. Verder zou met moleculair onderzoek wellicht meer informatie over het gebruikte materiaal kunnen worden verkregen.

Ten slotte zijn er inmiddels betere mogelijkheden beschikbaar om met de tijd als vierde dimensie de ruimtelijke ontwikkeling als animatiefilm te visualiseren (Van der Linden, 2010).

Literatuur

- * Baer MJ et al. The postnatal development of the rat skull. Ann Arbor: The University of Michigan Press, 1983.
- * Baume LJ, Becks H. The topogenesis of the mandibular permanent molars. A roentgenographic and histologic study in Rhesus macaque. Oral Surg 1953; 6: 850-868.
- * Björk A. Facial growth in man, studied with the aid of metallic implants. Acta Odontol Scand 1955; 13: 9-34.
- * Cate AR ten. Oral histology. Development, structure and function. St. Louis: Mosby, 1980.
- * Chávez Lomelí ME. Permanent maxillary molar crypts in man. A study on postnatal development. Groningen: Rijksuniversiteit Groningen, 1987. Academisch proefschrift.
- * Dempster WT, Enlow DH. Patterns of vascular channels in the cortex of the human mandible. Anat Rec 1959; 135: 189-205.

Onderzoek en wetenschap

- * Demirjian A, Goldstein H, Tanner JM. A new system of dental age assessment. Hum Biol 1973; 45: 211-227.
- * Enlow DH, Harris DB. A study of the postnatal growth of the human mandible. Am J Orthod 1964; 50: 25-50.
- * Jongsma AC. Permanent molar crypts in the human mandible. A cross-sectional study on postnatal development. Groningen: Rijksuniversiteit Groningen, 1985. Academisch proefschrift
- * Krarup S, Darvann TA, Larsen P, Marsh JL, Kreiborg S. Three-dimensional analysis of mandibular growth and tooth eruption. J Anat. 2005; 207: 669-682.
- * Linden FPGM van der, Duterloo HS. Development of the human dentition. An atlas. Hagerstown: Harper and Row, 1976.
- * Linden, FPGM van der. Gebitsontwikkeling bij de mens. Houten: Bohn Stafleu van Loghum, 2010.
- * Maertens JKM. Derde molaren in de onderkaak. Nijmegen: Katholieke Universiteit Nijmegen, 1990. Academisch proefschrift.
- * Nolla CM. The development of permanent teeth. J Dent Child 1960; 27: 254-260.
- * Oõe T. Human tooth and dental arch development. Tokyo: Ishiyaku publishers, 1981.
- * Prahl-Andersen B, Linden FPGM van der. The estimation of dental age. Trans Eur Orth Soc 1972: 535-541.
- * Richardson ME. Pre-eruptive movements of the mandibular third molar. Angle Orthod 1978; 48: 187-193
- * Ricketts RM, Turley P, Chaconas S, Schulhof RJ. Third molar enucleation: diagnosis and technique. J Calif Dent Ass 1976; 4: 52-57.
- * Sicher H, Tandler J. Anatomie für Zahnärzte. Wien: Springer, 1928.

Summary

Dissertations 25 years after date 27. Permanent molar crypts in the human mandible

A few decades ago, relatively little was known concerning the pre-eruptive spatial development of permanent molars. The material that formed the basis for this study consisted of 114 dry human mandibles of young children and adolescents. Measurements were made on radiographs of the bony crypts in which the tooth germs had existed ante mortem and the pattern of spatial development was studied macroscopically and histologically. The findings revealed a consistent developmental pattern, in which the means of expansion of the crypts of the second and third molars, prior to crown-calcification, displayed strong similarities. The displacements as they were indicated by the measurements on the radiographs were confirmed by the macro- and micro-morphological study of the bone surfaces. The mesio-distal relationship of adjacent crypts appeared to be influenced by morphological characteristics of the mandible early on in their development. New insights have not been achieved subsequently, up to the present day, because little follow-up research into the spatial development of the bony crypts has been undertaken.

Bron

A.C. Jongsma
 Uit de afdeling Orthodontie van het Universitair Medisch Centrum Groningen
 Datum van acceptatie: 4 april 2011
 Adres: dr. A.C. Jongsma, UMC Groningen, postbus 30.001,
 9700 RB Groningen
 a.c.jongsma@dmo.umcg.nl

