Utrecht University Library
Partner in Science
Universiteit Utrecht

De histogenese van het glazuur en tandbeen bij het kalf

https://hdl.handle.net/1874/281458

Qu. 142, 1925

DE HISTOGENESE VAN HET GLAZUUR EN TANDBEEN BIJ HET KALF

J. J. DE VRIES

DE HISTOGENESE VAN HET GLAZUUR EN TANDBEEN BIJ HET KALF

RIJKSUNIVERSITEIT TE UTRECHT
2450 139 1

Diss. Utrecht 1923

DE HISTOGENESE VAN HET GLAZUUR EN TANDBEEN BIJ HET KALF

PROEFSCHRIFT TER VERKRIJGING VAN DEN GRAAD VAN DOCTOR IN DE GENEESKUNDE AAN DE RIJKSUNIVERSITEIT TE UTRECHT, OP GEZAG VAN DEN RECTOR MAGNIFICUS Mr. J. C. NABER, HOOGLEERAAR IN DE FACULTEIT DER RECHTSGELEERDHEID, TEGEN DE BEDENKINGEN DER FACULTEIT VAN GENEESKUNDE IN HET OPENBAAR TE VERDEDIGEN OP DINSDAG 3 JULI 1923, DES NAMIDDAGS TE 5 UUR

DOOR

JACOB JOUKE DE VRIES
GEBOREN TE FINSTERWOLDE

GEBROEDERS HOITSEMA — 1923 — GRONINGEN

UNIVERSITEITSBIBLIOTHEEK UTRECHT

AAN MIJNE VROUW

Bij het beëindigen van dit proefschrift maak ik dankbaar van de gelegenheid gebruik U, Hoogleeraren van de Medische en Philosophische Faculteit der Groningsche Universiteit, een woord van dank te brengen voor het van U genoten onderwijs.

In het bijzonder betuig ik U, Hooggeleerde Boeke, Hooggeachte Promotor, mijn welgemeenden dank voor de welwillendheid, hulp en leiding, welke ik van U heb mogen ontvangen.

Het zij mij vergund U, Hooggeleerde Hamburger, hartelijk dank te zeggen voor Uwe bereidwilligheid, mij in staat te hebben gesteld in Uw laboratorium mijne in Utrecht onderbroken proeven voort te zetten.

Ook U, Zeergeleerde Heringa, is het mij een behoefte mijn oprechten dank te betuigen voor Uwe voorlichting en daadwerkelijke hulp, waarmee U mij ten allen tijde ter zijde hebt gestaan.

Aan U, Heeren Gebr. Hoitsema, drukkers en uitgevers, kan ik niet nalaten hulde te brengen voor de wijze, waarop de teekeningen gereproduceerd zijn. U hebt geen moeite en tijd hiervoor gespaard.

Tenslotte een woord van dank aan allen, die mij hunne behulpzame hand hebben geboden bij de bewerking van dit proefschrift.

INHOUD.

Blz.

INLEIDING 1

HOOFDSTUK I.

De ontwikkeling van het tandstelsel der zoogdieren 3

HOOFDSTUK II.

Het émailorgaan 20

HOOFDSTUK III.

T o m e s sche uitsteeksels 44

HOOFDSTUK IV.

Wat verstaat men onder Mitochondrien 52

HOOFDSTUK V.

Hoe zijn de mitochondriale structuren in de ameloblasten gedurende hunne werkzaamheid en is er eenig verband te zien tusschen deze en de glazuurformaties? 64

HOOFDSTUK VI.

De tandpapil 83

HOOFDSTUK VII.

Email-Dentinegrens 109

HOOFDSTUK VIII.

De Mitochondrale Structuren in de odontoblasten 113

Naschrift 119

Litteratuuropgave 121

INLEIDING.

De litteratuur, die handelt over de tandontwikkeling bewijst wel, dat hierover reeds zeer vele onderzoekingen zijn gedaan, doch de resultaten hiervan hebben er nog niet toe geleid, dat een uniforme voorstelling hieromtrent en speciaal, wat betreft de histogenese van de tandweefsels — glazuur en tandbeen — is verkregen.

De verschillende histologische beelden, welke den auteurs onder oogen kwamen, werden door den een anders geïnterpreteerd dan door den andere, wat tot groot meeningsverschil aanleiding gaf en nog geeft.

Dit was voor mij wel een reden, coupes van tanden te maken en de verworven beelden te toetsen aan die van verschillende onderzoekers.

Niet alleen loopen de meeningen uiteen omtrent de manier, waarop de glazuurcellen, de ameloblasten hunne functie verrichten, maar ook omtrent de bouw van het volwassen émailweefsel.

Als het onderwerp van de structuur van het volgroeide glazuur in onze beschouwingen werd opgenomen, zou dit mij veel te ver van mijn doel voeren. Ik heb er mij dan ook alleen op toegelegd de histogenese van het glazuur na te gaan.

De tallooze tegenstrijdigheden, welke in de litteratuur hierover worden aangetroffen, mogen een hernieuwd onderzoek over deze onderwerpen wel rechtvaardigen, te meer daar op aanraden van Z.H.G. Prof. Boeke de mitochondrienkleuring

op de weefsels, afkomstig van kalfsembryo's, is toegepast, en daardoor het probleem van een andere zijde kon worden bestudeerd.

Ofschoon aanvankelijk in mijn bedoeling lag alleen de histogenese van het glazuur te bestudeeren, werd gedurende dit onderzoek mijn belangstelling gewekt ook die van het tandbeen na te gaan.

In aansluiting aan de studie over 't émail laat ik dan ook die van de dentine volgen.

HOOFDSTUK I.

DE ONTWIKKELING VAN HET TANDSTELSEL DER ZOOGDIEREN.

Alvorens over te gaan tot de beschrijving van eigen materiaal is het misschien niet ongewenscht in 't kort de ontwikkelingsgang van een tand te beschrijven.

Bij den mensch begint de tandontwikkeling naar onderzoekingen van Keibel en Carl Röse tusschen den 30ste en 40ste dag, naar Magitôt tusschen den 40ste en 50ste, naar Kollmann tusschen den 61ste en 70ste.

Over 't algemeen wordt nu wel aangenomen, in de tweede maand van het embryonale leven, (Hertwig, v. Ebner).

Deze onderzoekers zagen van het epitheel van de mondholte een reeks cellen, welke de z.g. tandlijst vormen, binnendringen, naar beneden groeien in het celrijke, embryonale mesodermweefsel.

Deze tandlijst is in 't begin overal gelijkmatig en dun en heeft een gladde oppervlakte.

Al gauw beginnen zich aan de naar buiten gekeerde zijde van deze lijst verdikkingen, de latere „émailorganen" te vertoonen.

Door woekering van deze mondepitheelcellen nu ontstaan deze organen en wel juist telkens daar, waar later een tand zal verschijnen.

Deze verdikkingen ondergaan gedurende hunne verdere ontwikkelingsgang verschillende gedaanteveranderingen.

In 't begin knopvormig, worden ze later in hunne verdere groei kolfvormig en zijn nog met de tandlijst door een dun strengeltje epitheelcellen verbonden, de z.g. hals van de tand, verbindingsbrug genoemd. (Waldeyer, Röse.)

Is het ontwikkelingsstadium zoover gevorderd als in figuur 1 wordt aangegeven, dan zijn de mesodermcellen aan de basis van de knopvormige tandkiem in woekering geraakt.

Dit is de eerste aanleg van de tandpapil.

Röse zag voor het eerst deze vermeerdering der mesenchymcellen bij tien weken oude menschenembryo's.

Door de groei van deze cellen wordt het émailorgaan zóódanig ingedrukt, dat dit bij een verder stadium van ontwikkeling als een schaal over de tandpapil komt te liggen.

Het klokvormige stadium is bereikt (zie fig. 2 en 3).

De papillen nu stulpen zich niet aan het diepst gelegen punt van de verdikte tandlijst in, maar meer zijdelings, in de bovenkaak van boven achter naar beneden voor, in de onderkaak van onder achter naar boven voor.

Op deze wijze is het mogelijk, dat bij het nu volgend afsnoeringsproces (zie fig. 2 en 3) der melktanden van de tandlijst, deze laatste ongehinderd in de diepte kan groeien om daar het émailorgaan voor de blijvende tand of kies, op dezelfde wijze als zoopas beschreven voor de melktand gebeurde, te vormen.

Naast deze korte beschrijving van het ontstaan eener tandkiem naar Röse, moet ook vermeld worden de wijze, waarop Bolk zich denkt, dat dit orgaan zich vormt en hoe dit is samengesteld. Bolk stelt zich dan niet, zooals Röse e. a. voor, dat 't orgaan voortkomt uit één zich van het mondslijmvlies afscheidende tandlijst en enkelvoudig is aangelegd, maar meent, dat het orgaan tweeledig is samengesteld. Op deze zijne opvatting steunt zijne dimeertheorie. Als bewijzen voor deze

tweeledigheid haalt Bolk aan, zijne door hem aan primatentanden aangetoonde twee émaillijsten, de dubbele vormingscentra van pulpacellen in het émailorgaan en verder het septum, 't welk de pulpa in twee helften verdeelt. Een juist inzicht omtrent deze theorie van Bolk, welke rust op de aanname van de „Doppelnatur" van het émailorgaan en ook op het geloof, dat dit orgaan volstrekt actief is, waaruit het émailweefsel wordt opgebouwd, kan men alleen krijgen door zijne oorspronkelijke stukken door te werken (Odontologische Studien 1. 1913, II, 1916). Door deze studie heeft Bolk de meening ingang doen vinden, dat dit émailorgaan, volgens hem de tandkiem, een heel andere rol speelt bij de ontogenie van de tand. Volgens hem treedt dit orgaan alleen met actieve eigenschappen voor den dag. Anderen daarentegen weerspreken dit en meenen, dat het orgaan slechts een passief aandeel neemt in de ontwikkeling van de tand, behalve dan de laag der ameloblasten.

Hierop kom ik later nog wat uitvoeriger terug.

Daar het bij het eerste onderzoek de bedoeling is na te gaan, hoe het glazuur gevormd wordt, worden die organen besproken, welke hiermee in verband staan.

Tot den bouw van een tand dragen dan twee organen bij en wel:

A. Het émailorgaan, van ectodermalen oorsprong en

B. De tandpapil, van mesodermalen oorsprong.

A. *Emailorgaan.*

Indien wij de evolutie van het émailorgaan nagaan, dan zien wij als eerste spoor van tandontwikkeling, dat op de plaats waar later een tand zal komen, het plaveiselepitheel der mondholte zich sterk verdikt.

Gelijktijdig nu groeit het cylinderrepitheel der basale laag in

het daaronderliggende mesodermale weefsel en sleept talrijke plaveiselepitheelcellen mee naar binnen.

Is het klokvormige stadium, vgl. de schematische teekening fig. 3, bereikt, dan hebben er al belangrijke veranderingen plaats gehad.

De massa epitheelcellen, welke Röse, Hertwig e.a. zagen groeien in het mesodermweefsel, zijn van dit weefsel door een éénlagige rij cylinderrepitheelcellen afgescheiden.

Deze hebben bij de instulping van de tandpapillen zulke veranderingen ondergaan, dat de cellen, welke de convexiteit van het op een ingedeukte kaatsbal gelijkend émailorgaan bekleeden (de z.g. buitenste epitheellaag van Koelliker) meer afgeplat cubisch zijn geworden, terwijl die, welke de concaviteit van het orgaan bedekken (de z.g. binnenste epitheellaag van Koelliker), dus direct aan de tandpapil grenzend, uitgroeien tot een hoogcylindrischen vorm.

Tusschen deze beide cellagen van Koelliker, waarvan de binnenste het latere stratum adamantinum (Raschkow) is, ondergaan de overige centrale epitheelcellen een eigenaardige metamorphose.

Zij veranderen in stervormige cellen, waarvan de kernen tegen de peripherie zijn gedrukt en die met elkaar door protoplasmatische uitloopers tot een fijn net zijn verbonden.

Zij vormen een reticulair weefsel — het reticulum stellate — waarvan de elementen wel eenige overeenkomst vertoonen met die stervormige cellen, waaruit de geleiweefsels zijn opgebouwd.

Het reticulum stellate of émailpulpa gaat niet direct over in de binnenste epitheellaag, doch wordt hiervan afgescheiden door twee tot vijf dicht op elkaar gelegen cellagen, waarvan de elementen nagenoeg hunne oorspronkelijke ronde vorm hebben behouden.

Dit is het stratum intermedium.

Zoo zien we dus, dat het émailorgaan, gaande van buiten naar binnen bestaat uit:

1. een buitenste epitheellaag (Koelliker).
2. Het reticulum stellate of émailpulpa.
3. Het stratum intermedium.
4. Een binnenste epitheellaag (Koelliker).

No. 1. *De buitenste epitheellaag.*

Deze laag, welke als de minst belangrijke laag bij de tandontwikkeling wordt beschouwd, komt het meest in de litteratuur op den voorgrond, als er sprake is van de z.g. Nasmythsche membraan.

Deze membraan, welke Nasmyth (1842) ontdekte, vormt een dun tegen zuren resistent laagje over de reeds geheel en al gevormde tand.

Volgens enkele auteurs zou dit laagje bestaan uit samengekleefde laatste resten van de ameloblasten, stratum intermedium en de buitenste epitheellaag.

Andere beweren daarentegen, dat deze membraan alleen bestaat uit het laatste laagje émail, dat door de ameloblasten geleverd wordt, welke meening door de meeste onderzoekers wel wordt gedeeld.

No. 2. *Het reticulum stellate of émailpulpa.*

Dit weefsel is opgebouwd uit stervormige cellen, welke met elkaar samenhangen door vleugelvormige uitloopers, terwijl in de mazen tusschen de cellen, in de intercellulaire ruimten, zich een vloeistof bevindt van dunne geleiachtige consistentie. (Tomes).

Zooals verschillende auteurs, Koelliker, von Ebner e. a. aangeven, bevat deze vloeistof bouwstoffen, welke door de kernen der cellen van de binnenste epitheellaag, de

ameloblasten, worden geassimileerd om te dienen voor den opbouw van de émailprisma's.

Zoo gaat de vordering van de afzetting van het glazuurweefsel hand in hand met de afname van de dikte van de émailpulpa, zoodat het stratum intermedium vlak tegen de buitenste epitheellaag komt te liggen.

Tomes begrijpt niet goed de functie van dit geleiachtig weefsel met zijn stervormige cellen, want bij de reptilien en visschen heeft hij waargenomen, dat émail, ook zonder dat er een émailpulpa aanwezig is, gevormd wordt en hij zegt verder op pag. 150 van zijn boek „Dental Anatomy":

„It has been supported to have no more important function than to fill up the space subsequently taken up by the growing tooth."

Von Brunn en Röse laten zich in denzelfden zin uit.

Bij een menschenfoetus van 11,5 cM. zag Röse, dat zich in het binnenste van de celhoop, welke tot nu toe bestond uit een massa ronde epitheelcellen, omzoomd door een laag cylindercellen, zich de eerste stervormige cellen vertoonden, welke later aangroeien tot de émailpulpa, welk orgaan volgens hem dient als plaatsvormer voor het zich ontwikkelend glazuur.

De émailpulpa zou het grootst zijn op het tijdstip, dat de émailvorming moest beginnen.

Volgens hem heeft het émailorgaan allereerst ten doel den vorm te leveren voor de groeiende tand.

Ook Waldeyer sluit zich hierbij aan en zegt, dat de émailpulpa transitorisch is en dient als opvullingsmateriaal, terwijl ze bij het begin van de émailvorming gaat atrophieeren.

Zeer merkwaardig is ook de waarneming van Ballowitz, die bij de Edentaten, welke dieren geen émail op hun tanden hebben, een echt émailorgaan heeft aangetroffen.

Hij constateerde (1892) bij embryo's van Tatusia peba en

Dasypus setosus, dat het epitheelovertreksel van de tandkiemen een echt émailorgaan is, welke alle karakteristieke eigenschappen heeft, welke dit orgaan van de émaildragende worteltanden van de overige zoogdieren kenmerkt, slechts met dit onderscheid, dat dit orgaan geen émail produceert.

Ook Lêche en Röse bevestigen het voorkomen van een émailorgaan bij Edentaten.

Op mijn verzoek aan Prof. Bolk, uit zijn prachtige collectie preparaten over de tandontwikkeling van de meest verschillende klassen van dieren, die van de Edentaten te mogen zien, was Z.H.G. zoo vriendelijk mij dit toe te staan, waarvoor ik hem dan hier nogmaals mijn welgemeenden dank wil betuigen.

Evenals Ballowitz heb ik er mij van kunnen overtuigen dat de Edentaten, speciaal Dasypus novemcinctus, Bradypus tridactylus en Myrmecophaga tetradactyla, werkelyk een émailorgaan bezitten, doch geen glazuur vormen.

„Man kann, meent Ballowitz, daher die Schmelzpulpa und das Stratum intermedium, wie wohl geschehen, nicht in näheren Beziehungen zur Schmelzbildung bringen."

Het émailorgaan wordt gevoed door de bloedvaten van het omgevende tandzakje, daar de émailpulpa zelve geen bloedvaten bezit. (Cohn.) Ook uit de vele waarnemingen van Tomes blijkt wel, dat hij nooit eenig bloedvat in de émailpulpa van een of ander émailvormend dier heeft bemerkt.

Alleen Prof. Bolk heeft een geval van vascularisatie van het émailorgaan beschreven, welke hij vond bij Phascolarctos cinereus, een buideldier.

Terwijl het émailorgaan ten volle ontwikkeld is, ziet Bolk er reeds bloedvaten intreden. De vaten gaan zich vertakken in het émailorgaan, in de pulpamassa en vormen in de diepte van dit orgaan een dicht net, dat op de ameloblastenlaag ligt. Het émailorgaan is intact; het buitenste epitheel is nog een

doorloopende membraan. Het doel van het binnendringen van deze is natuurlijk niet de toevoer van voedingstoffen voor het pulpaweefsel, want dit wordt op de gewone wijze geresorbeerd. De omstandigheid, dat de vaten loopen tot het stratum adamantinum en hierboven een laag van capillairen vormen, toont wel genoegzaam aan, dat deze bijzonderheid een nutritieve beteekenis heeft, vooral voor deze cellaag.

Bolk meent dan ook, dat het pulpaweefsel niet toereikend is voor de levering van de grondstoffen voor het émail. De vaten nemen de functie over van het pulpaweefsel.

Zoo zien we dus over de beteekenis van dit orgaan nog de meest uiteenloopende opvattingen.

3. *Het stratum intermedium.*

Dit weefsel wordt gevormd door twee tot vijf lagen cellen, welke hun oorspronkelijke vorm grootendeels hebben behouden. Hunne mooie, groote ronde kernen liggen nog in het midden van het cytoplasma van de cel.

Dit laatste heeft zich uitgerekt tot plasmodesmen, welke op hun beurt eenerzijds in contact staan met protoplasmatische uitloopers van de reticulaire cellen van de émailpulpa, anderzijds in verbinding staan met de ameloblasten.

Welke rol dit weefsel speelt bij de tandontwikkeling, hierover laten de auteurs zich niet uit, behalve Williams. Deze kent dit weefsel een belangrijke rol toe bij de glazuurformatie.

4. *De binnenste epitheellaag van Koelliker.*

Dit is wel het voornaamste, belangrijkste deel van het émailorgaan, want deze laag bestaat uit cellen (glazuurcellen, ameloblasten, adamantoblasten), welke beschouwd worden als de vormers van het glazuur van de tand (membrana adamantina van Raschkow).

De korte, cylindrische basaalcellen van het mondepitheel, die later de ameloblasten zijn, worden gedurende hunne binnenwaartsche groei in het onderliggende mesenchymweefsel tot hooge, lange cylindrische cellen, 26 μ lang en 4,5 μ breed. (Koelliker).

Hunne cellichamen zijn fijnkorrelig; ze bezitten ovale kernen, welke zich aan het periphere einde der cellen bevinden, hetgeen Robin en Magitôt reeds vroeger hadden vastgesteld.

Wanneer de ontwikkeling van de tand het stadium heeft bereikt, dat de tandpapil omgrepen wordt door het émailorgaan, doch het nog niet gekomen is tot eenige afzetting van glazuur of tandbeen m. a. w. de gietvorm gereed is, dan liggen de ameloblasten als een laag cellen over de tandpapil heen, terwijl ze bijna grenzen aan de periphere cellen der tandpulpa, de latere odontoblasten, die de dentine leveren.

Tusschen deze beide cellagen nu wordt glazuur en tandbeen aangelegd, en wel zoodanig, dat het émail aan den buitenkant, de dentine tegen den binnenkant van de oorspronkelijke grenslijn wordt afgezet.

De tand, tot dit stadium van evolutie gevorderd, bezit één laag ameloblasten, welke den vorm hebben van hoogcylindrische cellen met in het oog springende kernen van 10—12 μ lengte, die zich in die cellen, welke op het punt staan glazuur te vormen, altijd bevinden in het buitenste gedeelte. In de cellen, die meer naar de omslagsrand van de buitenste, en de binnenste epitheellaag gelegen zijn en nog niet zoo'n langgerekte, hoogcylindrische vorm hebben als de meer naar de top van de tandpapil gelegene, doch een meer cubische vorm bezitten, bevinden de kernen zich op verschillende hoogte in het protoplasma. De ameloblasten, op het punt glazuur te vormen, zijn afgedekt aan hun beide einden door een membraan „the inner and outer ameloblastic membrane" van Leon Williams.

De afzonderlijke membranen van iedere cel vormen een continue verbinding met die van de andere ameloblasten, zoodat de palissaden van glazuurcellen naar den kant van de tandpapil op een grenslaag, de basaalmembraan, rusten, naar de émail-pulpa afgedekt zijn met een cuticula, welke de grens vormt tusschen de ameloblasten en de cellen van het stratum intermedium. Het is onmogelijk op het oogenblik definitief te zeggen, hoe deze membranen ontstaan, wat hunne juiste structuur is en welke hunne functie, zegt Williams.

Het lijkt hem overigens toe, dat de cuticula samengesteld is uit meer dan een laag, dat het kan zijn, dat hij een belangrijke rol speelt bij de glazuurvorming, doch welke die rol is, hierover laat de schrijver zich niet uit.

In de meest vooraanstaande boeken over tandheelkunde wordt geschreven, dat het een en dezelfde cellen zijn, die het glazuur produceeren.

Walkhoff laat zich in zijn „Die normale Histologie menschliche Zähne" op pag. 43 als volgt uit: „Die soeben gegebene Darstellung zeigt, dasz nur das innere Epithel des Schmelzorganes, nur eine einzige Lage von Schmelzzellen fur den Aufbau ihres Produktes nötig ist."

Andrews is een andere meening toegedaan, blijkend uit zijne uitlatingen op de vergadering van de American medical Association, waarvan het verslag is opgenomen in de Dental Cosmos Vol. 38, pg. 502, waar hij zeide, dat naar zijne waarnemingen de ameloblasten door de cellen van het stratum intermedium werden vervangen, wat duidelijk aan zijne preparaten was te zien, waarin de glazuurcellen in direct contact met deze elementen stonden. „Some of them seemed to be actually passing down into the enamel cells, as though they were to be some ameloblasts and there is no appearance of any tissue between them."

Schwann en Hertz hadden zich al eerder over deze kwestie uitgesproken in denzelfden zin als Andrews later deed, doch, gezien de mooie cuticulaire zoom, welke de heele, als een palissade opgestelde rij ameloblasten peripheerwaarts afsluit, is dit niet wel aan te nemen, zegt Walkhoff (zie fig. 121. Tafel 9 in het werk van deze schrijver „Mikrophotographischer Atlas der normalen Histologie menschlicher Zähne. 1894).

Weinige onderzoekers van latere tijd hebben zich voor de opvatting van Andrews verklaart.

Over de wijze, waarop het glazuur gevormd wordt, loopen de meeningen dus wel uit elkaar.

Terwijl de eerste onderzoekers als Hunter, Raschkow, Purkinje e.a. meenden, dat de ameloblasten waren op te vatten als klieren, welke de émailprisma's secerneerden, kwam Schwann hiertegen op en nam aan, dat de émailcellen over hunne geheele dikte verkalkten en aan de opbouw van één prisma een heele rij achter elkaar gelegen ameloblasten deelnamen, ieder op hun beurt overgaande tot verkalking, welke meening ook Morgenstern is toegedaan. (Scheff'sch Handbuch der Zahnheilkunde).

Latere onderzoekers als Koelliker, Waldeyer en Lent komt de eer toe, dat ze hebben aangetoond, dat het émail het product is van één rij ameloblasten.

Koelliker en Lent nu gelooven, dat de cellen zelve onveranderd blijven en dat de émailprisma's als secretieproduct door de ameloblasten worden afgescheiden, welk secreet in vloeibare toestand de Membrana praeformativa of Basaalmembraan der glazuurcellen doordringt om daarna te verharden tot glazuur.

Graf Spee, die zich ook bezig heeft gehouden met de histogenese van het émail, heeft voor het eerst melding gemaakt

van globulaire massa's in het protoplasma der ameloblasten en heeft zijne bevindingen in de Anatom. Anzeiger 1887 weergegeven. De ameloblasten zagen er dikwijls grofkorrelig uit. Deze korreltjes werden door osmiumzuur zwart gekleurd, en waren volgens hem identiek met de lichtbrekende globuli, die Annel in het protoplasma der cellen had gezien. Hieruit trok Graf. Spee de conclusie, dat deze korrels émailsubstantie waren, te meer, daar ze dezelfde reactie vertoonden als jong émail. De émaildruppeltjes werden door hem aan de naar de pulpa gekeerde zijde van het cellichaam gezien en aan de basis.

Hunne grootte was wisselend, doch altijd waren ze kogelvormig. Aan de basale zijde der cellen vloeiden de globuli samen om, na uitgescheiden te zijn, het glazuur op te bouwen.

Toch merkte Graf. Spee in zijne preparaten enkele merkwaardigheden op, welke niet precies beantwoorden aan zijne voorstelling van secretie van émaildruppeltjes. Hij kon zich n.m. niet begrijpen, hoe het kwam, dat zich tusschen de boven beschreven cellen met hunne korrelingen in het protoplasma andere ameloblasten bevonden, welke een geheel andere structuur vertoonden.

Door de osmiumzuurbehandeling waren deze geheel bruin tot zwart geworden en waren van gestalte veranderd. Naarmate deze verandering sterker was, des te intensiever hadden ze gereageerd op osmiumzuur. Verschillende graden van verandering vond hij naast elkaar. Hij geloofde dan, dat hij zich niet vergiste, wanneer hij voor de vroege stadia der verandering die vormen aanzag, welke de geringste afwijkingen vertoonden van de typische ameloblasten. Zoo gaat hij verder met zijn betoog en zegt: „Wenn ich nach diesem Gesichtspunkt die von mir „beobachteten Bilder in eine Entwicklungsreihe ordne, so gestaltet „sich die Aufeinanderfolge der Veränderungen so: „Zuerst werden „die Kanten, in denen die Seiten einer Zelle zusammenstoszen,

„dadurch schärfer, dasz die letzteren sich nach den inneren der „Zelle verwölben. Also von auszen betrachtet concav erscheinen.

„Schlieszlich wird der Kontour der Zellen auf den Querschnitt „dadurch sternförmig, die Kanten sind in feinen Spitzen aus- „gezogen, welche zwischen den Kontouren der Nachbarzellen „verlaufen. Die Möglichkeit, dasz diese Zellen sich allmählich „stark mit Schmelzsubstanz anfüllen und dadurch zuletzt zu „Schmelzsäulchen werden, scheint erwägenswert."

Terwijl hij dus in het begin van zijne beschrijving zich uitspreekt voor secretie, neigt hij toch later in deze mededeeling over tot de verkalking van het cellichaam.

Ook Andrews zag druppelvorming in het protoplasma der cellen. Deze druppels zouden bestaan uit calcoglobuline.

Aan hun basale zijde zouden dan de ameloblasten deze stof uitscheiden om de prisma's op te bouwen.

In zijne teekeningen zijn groote, ronde balletjes calcoglobuline te zien, welke soms de geheele breedte der cel innemen.

Dergelijke waarnemingen deed ook Leon Williams en sloot zich volkomen bij Andrews aan met de woorden: „His view is undoubtedly correct."

Xavier Sudduth denkt, dat de ameloblasten het émail uitscheiden als zoodanig. De calcium-zouten zullen volgens hem in de mazen van het reticulum stellate opgestapeld zijn, welke materiaal leveren voor het eerste laagje glazuur. Het émailorgaan is n.m. na de afzetting van dit eerste laagje émail verdwenen. Is dit laagje geproduceerd, dan zal een verdere aanvoer van kalkzouten plaats hebben door een rijke plexus van capillairen, welke in directe communicatie met de ameloblasten werden aangetroffen. Leon Williams denkt er ongeveer evenzoo over, doch kent een belangrijke rol aan het stratum intermedium toe.

Dit weefsel absorbeert naar zijne meening van de capillairen

eene albumenachtige substantie, welke in de ameloblasten opgenomen, door deze in émailkorreltjes wordt omgezet.

Deze émailkorreltjes worden uitgescheiden, waardoor de prisma's gevormd worden.

Terwijl Xavier Sudduth en Leon Williams een directe rol aan de bloedvaten willen toeschrijven voor de voeding van de ameloblasten, denken de meeste onderzoekers er anders over en geven als hunne meening te kennen, dat de voeding gedurende de vorming van het glazuur gebeurd door osmotische processen, omdat immers de émailpulpa ten allen tijde geen bloedvaten bezit.

Door de onderzoekingen en publicatie's van John Tomes is nu de secretie-theorie bijna geheel en al op zij gezet voor zijne nu wel klassiek geworden opvatting.

Hij meent, dat de cellen zelve verkalken en wel zóó, dat de periphere zijdelingsche deelen der prisma's, waarop de calcificatie van het centrale deel der cellen langzamerhand volgt.

Hij beschrijft dan ook het proces in zijn boek: „Ein System der Zahnheilkunde" als volgt (pag. 251):

„Ich glaube vielmehr, dasz die Preparate meiner Sammlung „die folgende Schlüsze bezüglich der Entwicklung des Schmelzes „durchaus rechtfertigen werde: „Die Säulen des Schmelzorganes „sind bei der Entwicklung der Fasern betheiligt und ihre Ver-„wandlung in dieselben geht in folgenden Weise vor sich.

„Das innere Ende der Säule (Tomes'sche Fortsätze) ver-„kalkt nicht gleichmäszig durch seine ganze Dicke, sondern die „äussere Fläche oder die Hülle nimmt die Kalksalze zuerst auf „und gleichzeitig verbinden sich die Säulen seitlich. An dieser „Stelle, n.m. an dem äusseren Rand der Kalkablagerung tren-„nen sich die Säulen leicht von den Fasern, und lassen dan „eine Fläche zurück, welche, wenn man grade auf sie sieht, das „Aussehen einer Membran hat, deren netzförmigen Charakter

„von der Herausziehen des centralen Theiles der verkalkende „Säule herrührt.

„Diese centrale Portion ist der Forsatz, welche als ein Theil „der losgelassenen Säule beschrieben ist.

„Die Verkalkung dieser centralen Portion geht nach und nach „vor sich."

Dit is nu wel de klassieke opvatting geworden.

Om nu te bewijzen dat T o m e s, W a l d e y e r, e. a. gelijk hadden, toonde de laatste preparaten van geïsoleerde émail-cellen met hun z.g. T o m e s sche uitsteeksel. Zie figuur No. 4.

Het verkalkende uiteinde der cellen vertoont geen regelmatige contouren.

Verwijdert men het aanzittende stukje, dan is er geen afsluiting door een membraan, maar vertoont de cel eene opening, waaruit het protoplasma uitsteekt, als een klein conisch stukje. Deze T o m e s sche uitsteeksels nu zien er uit als onverkalkte protoplasmatische substantie, welke bij het technische bewerkingsproces uit de émailprisma's zijn gescheurd.

Ook W a l d e y e r neemt dus aan, dat het verkalkingsproces van buiten naar binnen in de ameloblasten voortschrijdt.

Tegen deze wijze van verkalking komt v o n E b n e r op en is er van overtuigd, dat de verkalking van binnen naar buiten verloopt.

Volgens hem gaat het basale einde der cellen over in een homogene substantie, die zich eerst als een cuticulaire zoom voordoet, doch al gauw met de homogene, door de naburige cellen gevormde massa samenvloeit.

Gelijktijdig met dit proces scheidt zich in de onmiddellijke voortzetting van het protoplasmalichaam eene vezelige substantie af, welke op die wijze verkalkt, dat onder het optreden van korrels, welke daar gedeponeerd worden, de vorming van een jong émailprisma tot stand komt. Tusschen de prisma's echter

bevindt zich nog een groote hoeveelheid homogene, onverkalkte kitsubstantie, die langzamerhand geringer wordt, wanneer de glazuurprisma's, die in het begin relatief dun zijn, zich gaan verdikken.

Von Ebner gelooft dan ook, dat het Tomes sche uitsteeksel de eerste aanleg is van een émailprisma en dat deze dikker wordt ten koste van de kitsubstantie.

Den voortgang van de émailvorming moet men zich aldus voorstellen, dat de ameloblasten tot het ophouden van het vormingsproces aan hun periphere einde, welke de groote kern bevat, voortdurend voedingstoffen assimileeren uit de émailpulpa door het stratum intermedium heen.

Naarmate de émailafzetting grooter omvang aanneemt, wordt de émailpulpa kleiner en kleiner, zoodat tenslotte alleen nog maar het stratum intermedium tusschen de ameloblastenlaag en het buitenste epitheel ligt, dat van zijn kant in directe voeling staat met de rijkelijk voorhanden zijnde bloedcapillairen van het tandzakje.

De émailvorming houdt daarmee op, dat de cuticulaire zoom van de glazuurcellen tot een homogeen, hoornachtig huidje wordt, terwijl de cel tegen het laatst geen Tomes sche uitsteeksel meer produceert, zoodat de buitenvlakte gelijkmatig cuticulariseert.

Dit laatste buitenste laagje is de membraan van Nasmyth (von Ebner).

Walkhoff schaart zich aan de zijde van Waldeyer en denkt von Ebner's meening te hebben weerlegd door zijne waarnemingen aan osmiumpreparaten, waarin hij zag, dat het centrale deel van de émailcel bij beginnende glazuurvorming en eveneens het Tomes sche uitsteeksel, dat direct uit dit centrale deel ontstaat, zich intensief kleurde, zoodat volgens hem ook de verkalking van de peripherie naar het centrum

plaats heeft. Hij beschouwt het Tomes sche uitsteeksel als de geleidende gang voor de verdere kalktoevoer, welke noodig is om het geheele émailprisma te verharden. Uit bovenstaande is nu wel duidelijk dat er nog geen overeenstemming omtrent het ontstaan en de vorming van het émail is verkregen.

Hopewell Smith heeft dan ook wel gelijk als hij zegt: „It is a difficult question and it may be repeated here, that the absolute truth of the matter is unknown; but the balance of favour rests with the conversiontheory.

Vatten we dan alles nog eens samen, dan kunnen we de talrijke meeningen en inzichten tot twee theoriën terugbrengen:

1. De émailprisma's worden gevormd door „Transformatio in situ" van de ameloblasten.
   (John Tomes, Waldeyer, V. v. Ebner, Walkhoff e. a.).
2. De émailprisma's ontstaan door een secretieproces der glazuurcellen.
   (Hunter, Raschkow, Purkinje, Andrews, Leon Williams).

HOOFDSTUK II.

EIGEN ONDERZOEKINGEN.

HET EMAILORGAAN.

Als materiaal voor onderzoek zijn genomen onderkaakjes van runderembryo's.

Juist de tandkiemen van kalfsembryo's zijn zeer geschikt voor de bestudeering van de histogenese van het glazuur, omdat bij ongeboren kalveren het émailorgaan nogal groot is. (L i n d e r e r.)

Direct na de dood van het moederdier wordt het kaakje van het nog warme foetus met een bistouri of zaagje, al naar gelang de verbeening van het weefsel dit eischt, onder de tong afgesneden en na in zoo klein mogelijke stukjes verdeeld te zijn, waarbij er op gelet moet worden, dat de tandkiemen niet gelaedeerd worden, ondergedompeld in de fixatievloeistof.

Op deze eerste bewerking van het materiaal komt het ten zeerste aan, daar bij ietwat ruwe manipulatie's de zich in ontwikkeling bevindende tandjes als pareltjes uit hunne losse omgeving rollen. Deze zijn dan niet voor onderzoek geschikt, omdat het weefsel uit het verband wordt gescheurd. Alleen die tanden kunnen de juiste verhouding weergeven, welke volkomen intact met hunne beenige omgeving worden bemachtigd.

Na de fixatie met de vloeistof van F l e m m i n g heb ik me bediend van de kleuring naar B e n d a; na die met de R e g a u d' sche vloeistof heb ik me alleen bepaald tot de kleuring met ijzerhaematoxylin.

Benda, die de eerste was, (1896), die het woord mitochondrien (χονδρος = korrel en μιτος = draad) in de litteratuur heeft ingevoerd, bedoelde hiermee de door zijne kleur- en fixatiemethode te voorschijn gebrachte differentiatie's, granulatie's in het cytoplasma van verschillende cellen.

Ofschoon het nu wel zeer verleidelijk is eens na te gaan, wat of dit voor granulatie's zijn en wat er onder verstaan wordt, wil ik eerst nog enkele vragen trachten te beantwoorden, welke nu wel niet direct iets te maken hebben met cytologische differentiatie's in de ameloblasten, maar dan toch wel met de tandontwikkeling als zoodanig. Op de mitochondrien kom ik dan later uitvoerig terug.

De eerste vraag, welke ik me gesteld heb, is na te gaan, wat 't lot is van 't émailorgaan en welke rol dit eigenaardige, ten tijde van zijne volle ontwikkeling uit reticulaire cellen bestaande weefsel speelt bij de glazuurformatie.

Naar Bolk is dit orgaan volkomen actief, blijkend uit het feit, dat hij hierop zijn dimeertheorie heeft gebouwd. Anderen daarentegen kennen het een volledige passieve rol toe.

De Bolk sche dimeertheorie berust op de tweeledigheid van het émailorgaan.

Bolk, wiens schitterende onderzoekingen een groote ommekeer hebben gebracht in de gedachtengang, hoe de opbouw van het émailorgaan van de primatentand en ook in 't algemeen die der zoogdieren moet opgevat worden en hoe de vorm van de eenmaal afgewerkte tand moet verklaard worden, is tot de conclusie gekomen, dat het émailorgaan der zoogdieren een tweeledig orgaan is. Als bewijzen voert Bolk dan aan de in zijne histologische preparaten gevonden z.g. émaillijsten (laterale en mediale), het optreden van twee vormingscentra in de émailpulpa en verder dat van het septum.

Zooals ook reeds boven is gezegd, moet men, om een juist

inzicht in de Bolksche theorie te krijgen, een studie maken van zijne oorspronkelijke werken hieromtrent.

Hij stelt zich dan de samenstelling van een tandkiem van de primaten (en dit meent hij ook wel te mogen aannemen voor de zoogdieren in 't algemeen) dan als volgt voor:

De tandkiem, volgens Bolk het émailorgaan, is samengesmolten uit twee primaire reptilientanden. In zijne vergelijkende studie tusschen het primatengebit en dat der reptilien is hij tot de slotsom gekomen, dat het eerste van dat van het tweede is af te leiden, wat wel zeer duidelijk blijkt uit zijne teekening Fig. 61, pag. 81 van zijne Odontologische Studiën I.

Het meer buccaal gelegen émailorgaan links is in deze figuur van een oudere generatie dan de andere, het linguale. De eerste, de oudste vorm, noemt hij de „protomeer", de andere de „deute romeer", vandaar zijn naam „dimeertheorie".

Het hoofdmotief, waarop zijn theorie rust, is zijn gedachtengang dat hij het nog jonge, doch volledig ontwikkelde émailorgaan als een actief orgaan aanziet, een orgaan, dat de potentia in zich bergt een zoo ingewikkelde vorm als b.v. een molaar van een zoogdier heeft, te leveren.

Het kan ook wel niet anders of Bolk is van meening, dat hett glazuurweefsel, waarin toch het relief is gedrukt, waardoor de vorm van de tand of de kies voor den dag treedt, door dit émailorgaan wordt geleverd.

In 't volgende hoop ik aan te toonen, dat het glazuurorgaan geen *actieve,* doch een *passieve* rol speelt bij de ontogenese van een tand: dat het glazuur niet door het émailorgaan, althans niet door het émailpulpaweefsel voor zoover betreft de levering van de bouwstoffen, zooals dit door de oudere histologen (Tomes, von Ebner) werd aangegeven, wordt gevormd, maar dat het ontstaan en de fabricage van dit interressante

weefsel, dat zijn analogon niet vindt in de histologie, gebeurt op een geheel andere wijze.

Eerst wil ik overgaan tot de bewijsvoering van de passiviteit van het orgaan, toegelicht door teekeningen, terwijl ik er tusschendoor zal vlechten datgene, wat ik omtrent het septum en de vormingscentra heb gevonden.

Ofschoon het onderzoek, dat ik me voorgesteld heb zoo op 't eerste gezicht wel niet in direct verband staat met het septum van Bolk, een scheidsmuur, welke genoemde onderzoeker aangetroffen heeft in het émailorgaan van het primatengebit en in welks voorkomen hij een der teekens ziet om bij te dragen tot de aanname van de tweevoudige opbouw van het émailorgaan dezer dieren (en ook van de zoogdieren in 't algemeen), zal toch later blijken, dat 't zoeken hiernaar tot verrassende uitkomsten heeft geleid.

Uit fig. 61, pag. 81 van Bolk's Odontologische Studiën I, is af te leiden, wat Bolk ook zeer duidelijk beschrijft, dat het septum ontstaat door de samenkleving, de samengroeiing, van de naar elkaar toe gekeerde buitenste epitheelcellenlagen.

In mijne seriecoupes van tanden, waarin al een laagje tandbeen is afgezet en welke sagittale doorsneden zijn, is 't mij niet mogen gelukken eenige aanwijzing of eenig spoor van deze scheidswand te bespeuren.

Dit behoeft ons ook niet te verwonderen, omdat het ontwikkelingsstadium al te ver gevorderd is, want Bolk zegt op pag. 50 van zijn boven reeds aangegeven studie: „Und bei den ältern Stadien gelingt es dan auch nicht immer, die Anwesenheit fest zu stellen."

De sagittale doorsneden zijn evenwel de geschikste preparaten om het septum te vinden. Immers Bolk laat zich uit: „Dagegen „bildet eine sagittale Serie durch diese Zahnanlage (n.m. de

„incisivi) alles Wünschenswerte und läszt an Deutlichkeit nichts „zu wünschen übrig."

Daar mijne aandacht vanaf het begin van dit onderzoek gevestigd is geweest op het glazuurweefsel, heb ik 't meest die tandkiemen uitgezocht en gesneden, welke in een stadium verkeeren, waarop het begin van glazuurvorming te verwachten is. Deze vertegenwoordigen dan de reeds meer gevorderde stadia.

Toch vind ik onder de door mij gesneden preparaten eenige jonge stadia, die ik dan gebruikt heb voor het zoeken naar het septum, een van Bolk's steunpunten voor zijne theorie.

Bij de vergelijking en opeenvolging der verschillende preparaten is als maatstaf van ouderdom aangenomen de ontwikkelingsstadia der tanden afzonderlijk. Het materiaal is, zooals gezegd, afkomstig van de snijtanden van het ongeboren kalf. Het jongste stadium, dat ik onder mijne ruim 500 gemaakte doorsneden aantref, is het peervormige.

Met de beschrijving van dit nog niet tot rijpheid gekomene émailorgaan beginnende, tracht ik een goed inzicht te krijgen in de evolutie van dit nog jonge orgaan tot de volrijpheid door opeenvolgende stadia van ontwikkeling weer te geven door teekeningen, waaruit dan moge blijken, hoe dit proces van gedijen zich voltrekt en welke het lot van dit orgaan is en wat zijn aandeel in de tandontwikkeling bedraagt.

Op het eerste stadium, het kolfvormige, dat ik wil beschrijven, is het émailorgaan al van de tandlijst los geraakt. De hals is nog best als een gekrulde streng epitheelcellen in het mesoderm te onderscheiden. Het orgaan zelve is vrij groot. De geheele buitenwand ervan is afgezet met een rand cylindervormige cellen, de veranderde basale cellen van het mondslijmvlies.

Even scherp als ze zijn afgescheiden van het mesodermale weefsel aan den eenen kant, doen ze dit ook van de pulpacellen

aan den anderen kant. De pulpacellen zijn over 't algemeen nog niet tot eenige differentiatie overgegaan, maar toch doet zich ontegenzeggelijk in 't midden van het orgaan een heldere plek, het eerste teeken van interne differentieering, voor. Hier ter plaatse zijn de cellen gezwollen en van elkaar gedrongen, bezitten ze minder protoplasma en zijn de kernen meer gerekt Een omvorming tot het karakteristieke reticulaire weefsel is begonnen en wel midden in 't orgaan, zooals ook door R ö s e e. a. is aangegeven. Van een septum is hier nog niets te zien.

Aan de basis van het glazuurorgaan zijn de bindweefselcellen in woekering geraakt. Duidelijk is het in de teekening te zien, dat de cellen, 't meest in 't oog springend door hunne kernen, zich in grooten getale rondom de basis van de tandkiem scharen. (Zie fig. 5.)

Dit is het eerste teeken van het optreden van de tandpapil. Bij verdere ontwikkeling is op te merken, dat het orgaan meer en meer groeit, in 't midden helderder wordt, wat als een zeker teeken van vervloeiing en verdere rijpheid van het orgaan mag gelden. Overigens is er weinig verandering; ook het septum doet zich in dit stadium niet voor. De tandpapil is nog niet zoo ver gevorderd, dat ze het glazuurorgaan binnendringt, waardoor dit de vorm van een klok aanneemt.

Figuur No. 6 geeft een zeer fraai beeld van dit ontwikkelingsstadium. De tandpapil is als een kegelspits in de geleiachtige massa van het émailpulpaweefsel ingestulpt.

Deze wordt volkomen door het émailorgaan omsloten. De cellen van de binnenste epitheellaag — de ameloblasten — zijn regelmatig met hunne lengteassen loodrecht op de buitenste afscheidingsgrens van de tandpapil gericht. Op deze rij volgt naar buiten het stratum intermedium, dat als een donkere gestreepte band zich voordoet bij een niet al te groote vergrooting.

Aan den top van de kegel maakt 't den indruk, dat de cellen hiervan nog meer opeengedrongen liggen.

Boven de top van de tandpapil valt een eigenaardige samenstelling van het émailpulpaweefsel in 't oog. Schenkt men eenige aandacht aan deze histologische formatie, dan is deze duidelijk te vervolgen als een streng, die zich uitstrekt vanaf de top van de tandpapil tot die van het émailorgaan.

In toto bezien, komt deze precies overeen met het door B o l k aangegeven septum. Dit zou dan volgens B o l k ontstaan zijn door de ineensmelting van de beide naar elkaar toegekeerde buitenste epitheelcellagen. Evenmin als B o l k heb ook ik maar iets kunnen onderscheiden van een of ander teeken, dat hierop zou wijzen.

Een nadere beschrijving van deze histologische differentieering is wel de moeite waard.

Het meest in 't oog springend is wel de opeenhooping van cellen boven de top van de tandpapil. Hier liggen de kernen dicht op elkaar; ze gelijken wel op een zwerm bijen, welke naar de peripherie toe zich al meer en meer versmalt.

Het basale gedeelte, 't welk vrij breed is, is dicht bezaaid met kernelementen. Zooveel te verder peripheerwaarts we komen des te meer ruimte treedt er tusschen de cellen op en komt het wijdmazige weefsel overeen met het omliggende rijpe, reticulaire weefsel, waaruit de overige émailpulpa bestaat.

In dit periphere gedeelte dezer laag liggen de cellen ver uit elkaar en is het microscopisch veld minder met kernen bezaaid. Ook deze histologische formatie stelt voor een in mesio-distale richting verloopende scheidswand. De overeenkomst met het septum van B o l k is zóó treffend, dat het aan geen twijfel onderhevig is, of we hebben dit septum voor ons. (Anat. Anzeiger. Bd. 48).

De cellen, welke het septum uitmaken, zijn altijd aangezien

voor niet gedifferentieerde émailpulpacellen, doch het schijnt mij toe, dat uit teekening No. 2 wel kan blijken, dat deze wel degelijk volrijpe glazuurpulpacellen zijn. 't Weefsel komt hier ter plaatse precies met de overige reticulaire bouw van het émailorgaan overeen, alleen liggen de cellen iets meer gedrongen op elkaar.

De intercellulaire bruggetjes der oorspronkelijke epitheelcellen, welke ze dan ook eigenlijk zijn, zijn tot lange, vleugelvormige uitloopers geworden, evenals dit ook 't geval is met de andere émailpulpacellen. 't Weefsel verschilt in niets van het volrijpe, reticulaire pulpaweefsel.

Bij nauwkeurig toezien is er nu verder iets zeer merkwaardigs en belangrijks aan deze cellenlaag op te merken. Het septum bestaat niet uit *ongedifferentieerde* pulpacellen, zooals meestal beschreven en aangenomen wordt, maar is samengesteld uit cellen, die de *volledige reticulaire* bouw bezitten.

De kernen onderscheiden zich in niets van die, welke in het overige rijpe gedeelte van het orgaan zijn gelegen. De cellen bevatten niets meer protoplasma dan de overige. De intercellulaire ruimten zijn duidelijk als mazen te onderkennen. (Zie fig. 7.)

Evenwel maken dicht op elkaar gedrongen elementen, en masse, den indruk, dat er meer protoplasmatische substantie voorhanden is. Hieruit blijkt dus, dat de scheidswand, het septum, samengesteld is uit op elkaar gedrongen cellen, welke in geen enkel opzicht afwijken van de vol ontwikkelde glazuurpulpacellen.

Aan de overgang van de linguale en de buccale helft van de ameloblasten is ook geen bijzonders op te merken. Er is geen histologische grens te zien.

Op grond hiervan vraagt men zich af, of deze eigenaardige rangschikking van de centrale elementen van de émailpulpa (het

septum van Bolk) niet het gevolg is van den druk, door de ingroeiende tandpulpa op het émailorgaan uitgeoefend.

Ik kan mij niet anders voorstellen als dat deze druk moet leiden tot een opeendringen van weefselelementen van dit orgaan. Ruw is dit proces wel eenigszins na te bootsen, wanneer een vinger gedrongen wordt in een vochtige spons van dezelfde vorm als het émailorgaan bezit.

Indien dit zoo is, zou dan het émailseptum niet als een scheidswand per primam moeten worden opgevat, doch als een secondaire vorming in de reeds volrijpe émailpulpa, ontstaan door de druk van de zich in dit weefsel instulpende tandpapil?

Deze gedachtengang wordt gesteund door het feit, dat het septum dan ook niet samengesteld is uit ongedifferentieerde cellen, maar uit zulke, die al de stervorm hebben aangenomen.

Om nog meerdere bewijzen voor het aanwezig zijn van deze drukkracht te kunnen aanvoeren, heb ik mijn aandacht gewijd aan de andere componenten, waaruit het émailorgaan bestaat. Deze teekenen van druk meen ik ook gevonden te hebben in de eigenaardige ligging der cellen van het stratum intermedium.

De eerste blik op de laag in zijn geheel verschaft ons den indruk, dat een kracht op deze cellagen werkt, welke hen tegen elkaar dringt.

Het is net, alsof de cellen in dit stratum intermedium zich dicht tegen elkaar geschaard, hunne gelederen gesloten hebben om de meeste weerstand te kunnen bieden aan een bepaalde op hen inwerkende drukkracht.

Nu doet zich als van zelf de vraag voor: „Waar komt die kracht vandaan?" Hiernaar behoeft, dunkt me, niet lang gezocht te worden. De oorsprong hiervan is wel gelegen in de gedijende, groeiende tandpapil.

Door deze kracht hebben de protoplasmatische lichamen van de cellen van het stratum interm. zich gerekt, parallel aan de

oppervlakte van de tandpapil, blijkend uit het strepige aanzien, dat deze laag, bij goed toezien verwekt. (fig. 6.)

Dit is natuurlijk geen actief proces dezer cellen, doch ze worden passief in deze positie gedrongen.

Een ander verschijnsel, dat mij verder in mijne opvatting gesterkt heeft, is het feit, dat de binnenste cellen van de eigenlijke émailpulpa ook iets dichter bij elkaar zijn gelegen als de periphere.

In een ouder stadium als fig. 6 vertegenwoordigt, en afgebeeld is in fig. 8, zien we, dat de émailpulpacellen over 't geheele émailorgaan meer opeengedrongen liggen, blijkend uit de dichtere bezaaiing van kernen in 't gezichtsveld en de meer in 't oog springende afteekening van het zoo weinige protoplasma, 't welk deze cellen bezitten.

In de meer ontwikkelde stadia wordt deze druk ook overgedragen op het omgevende mesodermale weefsel, 't geen zich uit het verloop der bindweefselstrengen, welke paralel is aan de tandkiemoppervlakte, laat afleiden. Deze vondsten schijnen er wel op te wijzen, dat het septum opgevat moet worden als een secondair ontstane histologische differentiatie.

Trouwens ook B o l k zelf kan geen enkel structureel bewijs aanvoeren, dat dit septum ontstaan is door de samengroeiing der twee buitenste epitheelbladen, zooals dit voor zijne dimeertheorie noodig is. Geen enkel histologisch verschijnsel wijst in deze richting, ook niet wat alleen het linguale en buccale gedeelte van de ameloblastenlaag betreft. Alleen wordt door B o l k aangehaald, dat uit 'n functioneel oogpunt wel een scheiding mag verondersteld worden. Dit zou dan berusten op het feit, dat het protomere deel eerder begint émail af te zetten dan het deuteromere. Doch dit behoeft naar mijne meening nog geen bewijs te zijn, dat een scheiding moet aangenomen worden tusschen de ameloblastenlaag van buccale en linguale zijde.

Hierop kom ik straks nader terug bij de beschrijving der bloedvaten en de rol, welke deze spelen bij de glazuurvorming.

Aangenomen, dat het septum ontstaat door druk, dan mag het ook niet in een vroeger stadium, waarop van druk door de zich instulpende tandpapil geen sprake kan zijn, aangetroffen worden. Dit is nu ook zoo. Evenwel aan mijne eigen preparaten heb ik dit niet kunnen aantoonen, omdat ik zulke jonge stadia niet in seriecoupes bezit.

Doch uit de teekeningen van B o l k zelve is 't wel te lezen. Bekijken we de jonge stadia van Ovis aries fig. 3 op pag. 29, Anat. Anzeiger Bd. 48 in zijne studie omtrent het ontstaan van het émailseptum, dan is hier reeds die druk te verwachten.

En juist die doorsnede, waarin B o l k met alle zekerheid het eerste optreden van dit septum ziet, heeft een indeuking aan zijne basis. Deze indeuking is bewerkstelligd door de voortdringende tandpapil. In die doorsneden, waarin deze indeuking niet aanwezig is, doet het septum zich ook niet voor.

Is door deze druk van de indringende tandpulpa de rangschikking der émailpulpacellen tot de centrale strengvormige massa ontstaan, dan is het begrijpelijk, dat schijnbaar aan beide zijden van deze streng (het septum) een vormingscentrum van pulpacellen zich vertoont.

Doch dan kunnen deze centra ook niet vroeger gevonden worden, alvorens het septum duidelijk aantoonbaar is.

Dit is ook het geval bij het goed bekijken van de figuren, door B o l k in zijne werken weergegeven. Zeer sprekend zijn wel de serie doorsneden op pag. 40 Anat. Anzeiger Bd. 48, voorstellende 34 coupes door de tandkiem van een mediale incisief van een embryo van Ovis aries. De beide centra zijn 't duidelijkst te zien, waar ook het septum zich als een scherp afgeteekend strengetje voordoet en niet eerder. B o l k zelf geeft snede 10 als de eerste aan, waarop duidelijk de beide

vormingscentra te onderscheiden zijn. En nu blijkt, dat het juist ook deze coupe is, waarin het septum zich begint af te teekenen. In de daarop volgende teekeningen vallen ze al meer en meer op, waarmee het septum in duidelijkheid gelijken tred houdt.

Dit komt dus overeen met mijn gedachtengaang omtrent de interpretatie van deze beide verschijnselen.

Hieruit zou dan moeten worden afgeleid, dat de tandpapil, het orgaan, dat door B o l k geheel en al buiten beschouwing is gelaten, de oorzaak is van het ontstaan van het z.g. septum en dat het verschijnen van twee ophelderingscentra afhankelijk is van de aanwezigheid van deze scheidswand.

Deze uit bindweefsel gevormde tandpapil, welke nu onze aandacht het meeste trekt, groeit verder en verder, stulpt al meer en meer het émailorgaan in, totdat slechts een zeer gering deel van dit weefsel boven de top van de tandpapil blijft liggen.

Van glazuur is nog niets te bekennen. Het émailpulpaweefsel wordt, zooals door enkele auteurs wordt aangenomen, niet verbruikt voor de opbouw van het glazuurweefsel, want juist, als de afzetting hiervan begint, is de émailpulpa bijna geheel verdrongen, althans aan de top van de tandpapil, waar juist de dikste laag van pulpaweefsel te verwachten is, indien het waar is, dat het pulpaweefsel vervangen wordt door glazuur.

Immers in de afgewerkte tand ligt juist de dikste laag glazuur boven de top.

Is het ontwikkelingsstadium dan zóóver gevorderd als boven is aangegeven, dan maken één rij ameloblasten, het stratum intermedium, een zeer smal reepje eigenlijke émailpulpa, en de buitenste epitheellaag daar ter plaatste alleen de bedekkende laag uit.

Onder de pressie van de bindweefsel-tandpapil blijkt in dit verder ontwikkelde stadium de scheidswand — het septum

heelemaal verdwenen te zijn. Dit komt dus overeen met Bolk's opgave, dat deze histologische formatie temporair is.

Is eenmaal deze phase van ontwikkeling bereikt, dan zien we het eerste tandbeen zich vormen. Langzaam gaat de tand voort met de vorming van dentine, totdat een zekere dikte van de laag is verkregen (naar v. Ebner 40 μ); hierop treedt er een ander verschijnsel op; dan begint de vorming van het glazuur.

Zooals boven gezegd, was ik van plan op de rol der bloedvaten bij dit proces terug te komen. De émailpulpa zou bloedloos zijn, wat in het eerste hoofdstuk reeds is meegedeeld. Dit is waar voorzoover betreft de allerjongste stadia, waarbij nog niets is te zien van eenige instulping door de tandpapil. Wel liggen er in het omgevende weefsel, het mesoderm, vele grootere en kleinere bloedvaten.

Ze laten het geheele veld, wat ingenomen wordt door het kolfvormige émailorgaan en de er direct aangrenzende strook mesodermale weefsel vrij.

Het hierop volgende even oudere stadium, 't welk ik onderzocht heb, is het kapvormige. De tandpapil heeft hierbij het émailorgaan tot zoodanige diepte ingedrukt, dat er nog een vrij aanzienlijke laag émailpulpaweefsel zich rondom deze bevindt. De periphere cellen van de tandpapil — de latere odontoblasten — hebben zich nog niet in een rij gerangschikt ten teeken van beginnende werking. Alles blijkt nog rustig. Bij het doorzoeken der preparaten op bloedvaten, blijkt 't, dat de coupes 1, 2, 3, 4 en 5 geen enkele vertoonen binnen het émailpulpaveld. Geen enkele capillair is door de omheining van het stratum externum heengebroken. Ze bevinden zich nog alle in het mesoderm, waarin ze zeer onregelmatig verdeeld zijn.

Ongetwijfeld is dat gedeelte, dat boven de top van de tandkiem is gelegen veel beter voorzien van bloedvaten. Terwijl coupes 1, 2, 3, 4 en 5 geen enkel bloedvat bezitten binnen de

buitenste epitheellaag, geeft coupe 6 een schitterend beeld van het binnensluipen van een bloedvat. Deze is juist aan de top van het émailorgaan gelegen en strekt zich vanaf de buitenste epitheellaag nog een klein eindje tot in de émailpulpa uit. Duidelijk zijn de roode bloedcellen in het lumen te onderkennen. Nergens anders is er verder een bloedvat in de glazuurpulpa te ontdekken. Richten we onze blik eens met het oog op de verspreiding der bloedvaten in het rondom gelegen mesoderm, dan valt een opeengedrongen zijn van capillairen vlak boven de top van het émailorgaan op. Het weefsel terzijde der tandkiemen is minder bezaaid met capillairen om beneden bij de voet van de tandpapil weer in groot getal vertegenwoordigd te zijn. In doorsnede 6 is m.i. het tijdstip vastgelegd, waarop het voortdringen der bloedcapillairen tot binnen de grens van de buitenste epitheellaag gelegen is. (Zie fig. 6).

Nu eenmaal het feit is vastgesteld door deze waarneming, dat het émailorgaan niet bloedloos blijft, is het niet van belang ontbloot, nog oudere stadia te onderzoeken op het verdere gedrag dezer bloedvaten.

Zou er een oorzakelijk verband bestaan tusschen de bloedvaten en het proces van glazuurvorming? Wel heeft B o l k dit punt even aangeroerd, toen hij in de tandkiemen van Phasolarctos bloedvaten in het émailorgaan ontdekte en deze de rol toedacht, dat ze de ontoereikende bouwstoffen, welke anders naar de meening van verschillende auteurs alle geleverd werden door de émailpulpa, aanbrengen. Hierop kom ik later nog uitvoeriger terug.

Om nog eens terug te komen op voorgaande preparaten en verder te gaan met de beschrijving der ligging der bloedvaten, laat coupe 8 ons evenals coupe 6 ook zien, dat de capillairen het eerst aan de top van het émailorgaan binnentreden.

Dit gedeelte van het émailorgaan wordt 't eerst door de

bloedvaten veroverd, wat ook niet verwonderlijk is, omdat ook juist de eerste afzetting van glazuur daar ter plaatse begint.

Doorsnede 8 geeft een fraai beeld van de ligging der capillairen tegen de binnenwand van het stratum externum. Hier bevinden zich drie capillaire vaten, in wier lumen de roode bloedlichaampjes duidelijk te onderscheiden zijn.

In geen enkele der verdere coupes bereiken de bloedvaatjes het veld van de émailpulpa; wel bevinden ze zich tusschen de cellen van de buitenste epitheellaag.

Hierna heb ik een stadium uit mijne preparaten uitgezocht, waarin reeds een zeer dun laagje dentine aanwezig is. Deze phase wordt weergegeven door de 17 opeenvolgende doorsneden.

Deze stadia zijn dus iets ouder dan de boven beschrevene. Hierin heb ik er naar gezocht of de capillairen al een eindje verder in de émailpulpa zijn doorgedrongen als in de voorgaande jongere stadia, waar ze zich als het ware nog niet losgemaakt hebben van de binnenvlakte der buitenste epitheellaag.

En nu blijkt 't, dat ze in al deze 17 doorsneden geen voortgang hebben gemaakt. Ze worden nog niet aangetroffen geheel en al omgeven door émailpulpaweefselcellen, doch wat wel in 't oog valt, is, dat ze in veel grooteren getale voorkomen; ze omzwermen a. h. w. de tandkiem. In het volgende, weer iets oudere stadium, vastgelegd in coupes, 15 in getal, heb ik ook geen verdere voortschrijding der vaten kunnen waarnemen.

In deze ontwikkelingsphase is er een tandbeenlaag te constateeren van een zoodanige dikte, dat nu de eerste glazuurformatie te verwachten is. Boven de top van de dentinekegelpunt is nog slechts een zeer geringe strook émailorgaanweefsel overgebleven. Alleen bevinden zich boven deze dentinekegelpunt de rij ameloblasten, het stratum intermedium, een nauwelijks meer te onderscheiden strookje reticulair weefsel en de buitenste epitheellaag.

Bij doorzoeking van de émailorganen van deze serie op bloedcapillairen is er in het émailpulpaweefsel van het eerste geen bloedvat te ontdekken; daarentegen geeft de tweede een prachtbeeld van het feit, dat het émailorgaan wel voorzien is van bloedvaten. (Zie fig. 8.)

Schuin links boven in het weefsel is niet ver binnenwaarts van de buitenste epitheellaag zoo een bloedcapillair duidelijk te onderscheiden.

De bloedlichaampjes teekenen zich bij grootere vergrooting in hun welbekende vorm af. In het overige deel komen nog geene capillairen voor, terwijl het mesodermale weefsel rondom de tandkiem uiterst rijk is aan bloedvaten.

In de tweede coupe van links in de bovenste rij ligt met zekerheid een capillair midden in de émailpulpa. Zoo voortgaande van links naar rechts is er geene meer in het weefsel van snede 3 tot 8 met zekerheid te constateeren, doch wel, dat ze reiken tot aan de buitenste epitheellaag.

Coupe 9 geeft zoowel in het linker als het rechter deel, dus volgens de nomenclatuur van B o l k zoowel in protomeer als deuteromeer, weer zeer fraai binnengedrongen bloedvaten te zien, vlak tegen de binnenzijde van het stratum externum van K o e l l i k e r gelegen.

In het lumen van deze bloedvaatjes liggen bloedcellen, een feit, dat alle vergissingen uitsluit.

Volgen we de lijn van ontwikkeling, dan komt nu een stadium voor onderzoek aan de beurt, waarin een dun laagje glazuur is afgezet.

In deze preparaten van verder ontwikkelde tandkiemen treden de bloedvaten al meer en meer op den voorgrond, in grooten getale, in reeksen volgen ze elkaar langs de buitenste epitheellaag op. Op zoo'n afstand van de ameloblasten verwijderd, laten ze hunne invloed nog niet gelden. De glazuur-

vormers blijven nog in rust; niets is er van eenige activiteit in hunne cellichamen te bespeuren, wat hierop wijst. Speciaal heb ik mijn aandacht er aan gewijd, of ik uit de preparaten zou kunnen afleiden, dat de bloedvaten eerder in het buccale dan in het linguale gedeelte van het émailorgaan binnendringen. Dit zou dan in verband kunnen gebracht worden met de theorie van Bolk. Werd dit vastgesteld, dan zou zoo'n waarneming het functioneele bewijs, dat Bolk van de kant van de ameloblasten aanvoert, kunnen schragen. Doch hiervoor heb ik geen enkele aanwijzing kunnen vinden. Overal zoowel links als rechts zien we de capillairen evenver voortgedrongen, op het zelfde tijdstip en in vrijwel gelijken getale.

Gaan we de vondsten, gedaan in de drie opeenvolgende ouderdomsstadia van tandkiemen na, met betrekking tot de bloedvaten, dan mag de conclusie getrokken worden, dat het voortdringen der bloedvaten vanuit het mesodermale weefsel in de richting van de tandkiem langzaam en geleidelijk plaats heeft.

We hebben ze alleen nog maar zien liggen tegen de binnenkant van de buitenste epitheellaag, doch een enkele keer komt het voor, dat ze iets verder in het émailpulpaweefsel gaan binnendringen. Hiervan geeft coupe 2, (eerste rij op Glas BIII) ons een duidelijk beeld. Het hier gevonden vat is totaal omgeven door reticulaire cellen, wat ook duidelijk door mij in de teekening is aangegeven. Een heel enkele keer heb ik deze toestand meer aangetroffen, doch als regel geldt, dat de capillairlissen zich in het derde, door mij beschreven ouderdomsstadium nog niet verwijderen van de buitenste epitheellaag.

Als regel mag gelden, dat op dit stadium de bloedvaten zich houden aan de peripherie van het émailorgaan. Het schijnt, dat in de juist bovengenoemde doorsneden een neiging dezer capillairen kan gelezen worden verder voort te dringen in de richting

der ameloblasten en eenmaal hier aangekomen, deze in functie te zetten.

Als vierde stadium van onderzoek komt nu dat aan de beurt, waarin een dun laagje glazuur is afgezet.

Wel is 't jammer, dat ik, zooals boven gezegd, geen *seriecoupes* van dit ouderdomsstadium in mijn bezit heb, maar toch heb ik er eenige preparaten van deze phase gevonden, welke mij de gegevens hebben verstrekt voor een goed inzicht in de verhouding der bloedvaten. Zoo bevindt zich in mijn collectie een tand, die nog niet voldoende afgewerkt is, maar waar toch al een respectabele laag dentine, omgeven door een vrij breede band glazuur, aanwezig is.

Deze heele tandkiem is nog geheel en al omsloten door het stratum externum van Koelliker. Aan de bovenste top volgen op elkaar van binnen naar buiten de odontoblasten — een dentinelaag — een glazuurlaag — een rij ameloblasten — het stratum internum — het stratum externum — en dan het mesodermale weefsel.

Dat van de émailpulpa niet meer over is, is wel te verwachten. Immers in het jongere stadium hebben we gezien, dat de émailpulpa aan de top ook geheel en al verdrongen is, voor de glazuurafzetting begint.

En in dit oudere stadium nu vinden we niet alleen aan de top dit wegdringen van de èmailpulpa, maar ook verder naar de basis der tand op de plaats, waar het eerste glazuur tegen de voorafgevormde dentinelaag wordt gelegd. Ook hier is niets van het émailpulpaweefsel over; alles is verdrongen. Nog iets verder naar de voet van de tand afdalend, ligt het weefsel nog volkomen rustig, behalve dan, dat de periphere cellen van de tandpapil zich op een rijtje hebben geschaard, als uiting van hunne beginnende activiteit; de glazuurvormers hebben nog geen enkele verandering ondergaan. De émailpulpa is hier nog aan-

wezig — kortom hier worden nog dezelfde toestanden en verhoudingen aangetroffen als bij een zeer jong stadium.

Bij het nauwkeurig doorzoeken van het overgebleven gedeelte van het émailorgaan in dit preparaat blijkt, dat op deze stadia de bloedvaten niet verder zijn voortgegroeid in dit weefsel.

We hebben in het voorgaande reeds opgemerkt, dat de glazuurvorming niet eerder begint, alvorens er een tandbeenlaag van bepaalde dikte moet afgezet zijn en verder de bloedvaten dicht in de buurt van de ameloblasten in het stratum intermedium of er vlak tegen aan zijn, moeten komen te liggen.

Nu zijn er slechts twee mogelijkheden, dat de bloedvaten de ameloblasten bereiken.

I°. òf dat de bloedvaten verder binnenwaarts gaan groeien door de émailpulpa heen en zoo de ameloblasten naderen,

II°. òf dat door de tandpapil de émailpulpa verdrongen wordt en zoodoende de ameloblasten in de nabijheid van de capillairen geduwd worden, welke zich, zooals boven gevonden is, niet verder in de émailpulpa begeven dan tot juist voorbij het stratum externum. In enkele gevallen reiken ze even verder, maar dit zijn dan toch uitzonderingen.

Nergens, in geen enkel preparaat, waarin zich al een band glazuur afgeteekend heeft, heb ik een bloedvat zich van de buitenste epitheellaag in de richting naar binnen zien verwijderen.

Van de beide boven aangegeven mogelijkheden doet zich hier de tweede voor. Door de groei van de tandpapil worden de ameloblasten buitenwaarts geduwd tegen de buitenste epitheellaag, waar ze dan onder het bereik komen van de capillairen, zoodat de afzetting van glazuur begint.

Strikt genomen zien we dus, dat het émailorgaan niet bloedloos blijft; de bloedvaten hebben de omheining der tandkiem doorbroken, ze zijn aan de binnenkant van het stratum externum komen te liggen, maar verder gaan ze ook niet.

Bij de bestudeering van de bloedvaten blijkt ons, dat de émailpulpa geen actieve, maar een volkomen passieve rol speelt met 't oog op de glazuurformatie.

Anders is dit met de bloedvaten; want al is het nog twijfelachtig, hoe ver hunne werking gaat, zeker is 't, dat ze een groote rol spelen bij dit proces.

Immers niet eerder begint bij de door mij bestudeerde tandkiemen (het stratum intermedium en de ameloblasten) eenig teeken van activiteit te geven, alvorens de capillairen vlak tegen dit weefsel zijn gelegen.

Nu het eenmaal voor vaststaande mag aangenomen worden, dat de rol van het émailorgaan niet actief, doch passief is, dringt zich de vraag op, welke deze rol dan wel is.

Het antwoord hierop kan alleen zijn, dat het dient om ruimte te verschaffen aan de groeiende tandpapil.

Niet eerder treedt glazuurformatie op, alvorens de tandpapil al het reticulaire weefsel verdrongen heeft, zoodat de ameloblasten onder den invloed geraken van de bloedvaten. Ter bevestiging van deze meening kunnen mijne waarnemingen gelden, gedaan in Coupe 2 van Glas B III (zie fig. 3), waarin juist boven de top al dit reticulaire weefsel is weggeduwd, terwijl, gezien de dikte van de dentinelaag, een begin van glazuurvorming te verwachten is.

In volkomen overeenstemming hiermee zijn ook de vondsten gedaan in de oudere stadia telkens op de grens van de jongste émailvorming, verder naar beneden gelegen in de richting van de basis van de tand.

Veelvuldig komen de bloedvaten langs de binnenvlakte van het stratum externum en even naar binnen daarvan tegenover en in de onmiddellijke nabijheid van deze functioneerende ameloblasten voor.

Evenwel worden ze verder naar de voet van de tanpapil nog

gemist. Hier bereiken ze nauwelijks de buitenste epitheellaag. Een breede laag émailpulpaweefsel houdt de ameloblasen nog van de bloedcapillairen verwijderd.

Hebben de ameloblasten het stratum externum, aan welks binnenzijde de capillairen zich bevinden, bereikt, dan is 't moment gekomen, waarop een begin kan gemaakt worden met de formatie van glazuurweefsel. Overal liggen nu de bloedvaten tusschen de cellen van het stratum intermedium (zie teekening 10). De laag ameloblasten is als onder een net van bloedvaatjes gevangen.

De capillairen passeeren de ameloblasten evenwel nooit, dringen ook niet tusschen hen in.

Zooals dus uit bovenstaande blijkt, blijven de bloedvaten, eenmaal een vaste ligging aangenomen, daar liggen en wachten op de ameloblasten, welke passief naar hen toegedrongen worden door de gedijende tandpapil.

Het schijnt mij toe, dat de groeikracht der tandpapil de geleidende factor is, die invloed uitoefent op de vorm van de tand. In zijn groei houdt de tandpapil zich ten allen tijde binnen de grenzen van den buitenste omheining van het émailorgaan — het stratum externum.

Er is een potentia aanwezig, welke zich naar alle kanten wil ontplooien en zijne werking wil doen gelden. Het effect, ontstaan door de uitwerking van deze kracht kan alleen daar verwacht worden, waar deze vrij spel heeft. En dit is de streek, waar de weefsels nog niet verstijfd zijn, nog niet in verkalking zijn overgegaan. Dit punt is nergens anders te vinden dan aan de benedengrens van de naar onderen dun uitloopende, verkalkte dentinemantel. Hier op deze grens kan de kracht zich in zijn vollen omvang doen gelden. Hier ter plaatse is 't mogelijk, dat de tandpapil zich tot zijn uiterste, volledige vorm ontplooit, tengevolge waarvan de glazuurpulpa buitenwaarts geschoven wordt,

waardoor de glazuurcellen onder den invloed kunnen komen der bloedcapillairen.

Is deze verhouding eenmaal bereikt, dan zien we de vorming van het émailweefsel beginnen, als een zeer dunne voortzetting van de reeds over de top der dentinekegel liggende, dikkere glazuurband. Zoo gaat het voort, totdat de tandkroon zich heeft volmaakt.

De glazuurformatie is aan een zichtbare grens onderhevig zoo 't lijkt. Hier wordt de potentia, die wel aanwezig moet zijn in het vegetatieve weefsel — ameloblasten, stratum intermedium en bloedvaten — niet gehouden binnen grenzen, welke uit de preparaten zijn af te lezen.

Dit is wel 't geval bij die van de tandpapil.

Aan de krachtsontplooing van deze potentia wordt een dam in den weg gesteld in den zin van een glazuurband. Aan de stuwkracht van binnen uit wordt paal en perk gesteld.

Door de wederkeerige inwerking van deze beide krachten op elkaar zou men zich kunnen denken, dat als resultaat de dentinekegelvorm te voorschijn treedt. Doch nemen we alleen de onderste grens van de dentinelaag als de plaats aan, waar de tandpapil expandeert tengevolge van de in haar verborgene potentia, dan raken we vast met een verklaring te kunnen geven van de toestand, zooals die zich in fig. 8 voordoet.

Hier is een expansie van de tandpapil niet meer mogelijk in het topgedeelte, daar zich daar ter plaatse reeds een zóó dikke laag dentine bevindt, die deze ontplooiing van het groeiende weefsel tegenhoudt.

Bij de beschouwingen van dit preparaat vragen wij ons in verband met de hier gegeven beschouwing af, hoe het hier dan wel mogelijk is, dat de ameloblasten in de nabijheid van de bloedvaten geraken, terwijl dit niet meer tot stand kan komen door een plaatselijke uitstrekking der tandpapil. Dit kan niet

meer gebeuren, omdat er hier al zoo'n breede laag dentine gevormd is.

We hebben immers aangenomen bij onze beschouwingen, dat daar, waar zich een verkalkte dentinemantel bevindt, geen uitzetting der tandpapil meer kan plaats hebben.

In de figuur is alleen aan de puntige top al het émailpulpaweefsel weggedrongen, doch niet ter weerszijden van deze dentinekegeltop.

Omdat het hier nu niet meer mogelijk is, dat de ameloblasten door de stuwkracht van de tandpapil in de richting der bloedvaten kunnen voortgeduwd worden, blijft ons wel niet anders over dan naar een andere factor te zoeken, door wiens werking dit dan wel tot stand kan gebracht worden.

Van de émailpulpa, van welke we nog niets anders gezien hebben dan dat ze een passieve rol speelt, is in dit opzicht ook geen actief ingrijpen te verwachten. Nergens heb ik ook maar eenigszins een punt van aanknooping in dit weefsel te dezen opzichte gevonden. In het mesodermale weefsel rondom doet zich ook geen enkel verschijnsel voor, dat in deze richting wijst, ik bedoel, dat het mesoderm de bloedvaten naar de ameloblasten zou drijven.

Zoo worden we er vanzelf toe gebracht onze aandacht nog eens te wenden naar de potentia der tandpapil.

Tot welk effect moet eigenlijk de uitwerking van hare krachten leiden? Dit is gemakkelijk te beantwoorden. Immers tot het ontstaan van een volledige tanddentinekegel, de tandkern.

Wanneer we dan eens de tandkern, welke zich in het preparaat bevindt in fig. 6 en nog maar in het begin van zijne ontwikkeling is, goed aanzien en ons afvragen, wat hiermee moet gebeuren, alvorens de volle, afgewerkte vorm van de dentinekegel bereikt is, dan wordt het ons duidelijk, dat deze volledige vorm alleen door deze jonge tandkern kan verkregen worden, niet

alleen door een diktegroei, maar ook door een groeien in de lengte.

Met de diktegroei hebben we al rekening gehouden aan de ondergrens van de dentinemantel.

De potentia moet dus wel uit twee componenten bestaan, waarvan de eene de diktegroei bewerkt, de andere lengtegroei bevordert.

Stellen we ons nu voor, dat de tanpapil in het preparaat (fig. 8) zienderwijze zou kunnen groeien in de lengte, dan kan het wel niet anders, of we zouden voor onze oogen zien, dat het émailorgaanweefsel als een net strakker over de dentinekegelpunt werd aangesjord. Hierdoor zullen de bloedvaten de ameloblasten naderen, waardoor de glazuurformatie mogelijk wordt.

Door de werking van twee krachten op elkaar, aan de eene kant de groeikracht van de tandpapil, aan de andere kant van die, welke zich laat gelden door de activiteit van ameloblasten, de cellen van stratum intermedium, en de bloedvaten, komt de uiterlijke vorm van de dentinekern van een tand als effect voor den dag.

De weerstandskracht, door het émailpulpaweefsel aan de groeikracht van de tandpapil in den weg gesteld, kan als zóó gering verondersteld worden, dat deze buiten rekening kan gelaten worden. 't Is, dunkt me wel doelmatig, dat de uitstrekking van dit orgaan zoo weinig mogelijk belemmerd wordt.

Deze beelden der bloedvaten, in de figuren aangegeven, mogen voldoende geacht worden om ons een goed inzicht te verschaffen omtrent de ligging en verspreiding der capillairen in en om het émailorgaan.

HOOFDSTUK III.

TOMES'SCHE UITSTEEKSELS.

De ameloblasten, afkomstig van de basale cellen van het mondepitheel, beginnen, na hunne verschillende phasen van cubische tot lange, hoogcylindrische cellen doorloopen te hebben met de émailvorming. Daar bij de beschouwing van de Tomes-sche uitsteeksels het eigenlijke cellichaam als zoodanig, in zijn geheel te pas komt, stel ik me voor niet op een meer nauwkeurige beschrijving der cytoplasmatische differentiatie's in te gaan, doch hierop later nog terug te komen.

Het eigenlijke cellichaam der ameloblast, waarvan de benedengrens niet te onderscheiden is, gaat geleidelijk over in de door de auteurs beschreven, welbekende, homogene, structuurlooze massa, welke in deze Regaud sche preparaten een licht grijsbleeke kleur heeft aangenomen. Een afscheiding in den vorm van een membraan is niet te onderkennen tusschen de ameloblasten en het door hen geleverde homogene weefsel. Eveneens is er geen cuticulavorming te ontdekken naar den kant van het stratum intermedium in de preparaten, gekleurd en gefixeerd naar de methode van Regaud. Wel zijn deze afscheidingen — deze membranen — te zien in die volgens Flemming gefixeerd.

Aan deze membranen nu wil Williams een rol toekennen bij de vorming van het glazuurweefsel, maar waarin deze dan zou bestaan, weet hij niet te zeggen.

Ik meen uit de zooveel door mij gefixeerde preparaten èn met de methode „F l e m m i n g" èn met de methode „R e g a u d" te mogen afleiden, dat de R e g a u d sche manier betere beelden geeft. In deze preparaten nu wordt geen enkele grensafscheiding, membraan, of cuticula der cellen gevonden, zoodat bij mij de neiging bestaat de „ameloblastic membranes" van W i l l i a m s aan te zien als het beeld van samengepakt, gecondenseerd protoplasma, te meer, omdat de protoplasmatische structuren, verkregen door de „F l e m m i n g sche fixatie" plomper, minder vloeiend zijn.

Het protoplasma van de ameloblasten vormt aan hunne basale einden met elkaar een syncytium en hun protoplasma gaat zonder eenige afscheiding over in een homogene, lichtgele substantie. Later zal blijken, dat ze niet geheel en al vrij is van structureele beelden.

't Blijkt een strook weefsel te zijn, dat a. h. w. ingeschoven is tusschen het afgewerkte glazuur en de ameloblasten. Van het reeds afgezette émail onderscheidt 't zich, doordat 't nog onverkalkt is en een lichtgele kleur in plaats van een pikzwarte als van het émail heeft. Ook van het cytoplasma der ameloblasten verschilt het in aanzien, daar eerstgenoemde een licht grijsbleeke kleur bezit, terwijl het laatste lichtgeel van tint is.

Ik zou willen voorslaan deze streep onverkalkt weefsel in analogie met de praedentine, *prae-émail* te noemen. (Zie fig.10).

Nu gaan zich volgens T o m e s en andere onderzoekers in deze substantie, de naar hem genoemde uitsteeksels, voorstellende de organische, centrale deelen van de émailprisma's, afscheiden. Welke rol deze spelen bij de verkalkingsprocessen is reeds eerder meegedeeld.

In mijne preparaten nu is in deze massa geen spoor van eenige differentiatie te onderkennen, welke de z.g. Tomessche uitsteeksels zouden kunnen representeeren. Nu doet zich de vraag voor:

„Zijn er wel Tomessche uitsteeksels of is het aan mijne preparaten te wijten, dat ze niet te voorschijn zijn gekomen?" De preparaten nu volgens de methode van Regaud geven de andere differentiatie's tusschen en in de cellen zóó fijn weer en maken den indruk van zulk een goede fixatie, dat, als de uitsteeksels van Tomes zich in dit homogene weefsel differentieeren, deze ook, dunkt me, in mijne preparaten te voorschijn zouden zijn getreden. Er is echter geen enkele aanwijzing in de coupes te vinden, welke ons zou kunnen doen denken aan het aanwezig zijn van deze afscheidingen in het prae-émail. Immers toch bij een vergevorderd stadium van tandontwikkeling, waarin al een eerbiedwaardige laag glazuur gevormd is, zou deze differentiatie al lang aanwezig moeten zijn.

Wanneer er Tomessche uitsteeksels waren, dan moesten deze gevonden worden vanaf de ondergrens van de ameloblast, welke in fig. 11 bij punt u is aangegeven, en loopen tot in het émail. Immers deze plaats in het preparaat moet men toekennen aan de protoplasmatische uitsteeksels der ameloblasten, welke door de auteurs als Tomes, Waldeyer e.a. worden weergegeven. Deze n.m. teekenen het Tomessche uitsteeksel als een direct aan de celgrens aansluitend, protoplasmatische uitlooper, die dan vertegenwoordigt het centrale, onverkalkte gedeelte van het émailprisma. De verkalkende prisma's moeten zich dus volgens hunne opvatting, gezien hunne teekeningen, vlak tegen de ameloblasten bevinden. Het verkalkte gedeelte is volgens hen aan het glazuur blijven hangen, zoodat dit gedeelte van het prisma in situ de plaats heeft ingenomen, die nu als ledige ruimte zich bevindt tusschen de protoplasmatische uitloopers. In mijne preparaten nu, waar een continue verbinding van de ameloblast — het prae-émail en het émail is bewaard, zouden we het verkalkte gedeelte van het jonge prisma als een donker violette tot pikzwarte massa moeten aantreffen, (het émail neemt

n.m. zoo'n kleur aan in de Regaudsche preparaten), daar er geen enkele reden is, waarom dit verkalkte weefsel zich niet even goed als het verkalkte glazuur, als een donkere massa zou afteekenen. Hiervan is nu niets te bespeuren. Ofschoon we hieruit nu wel niet mogen afleiden, dat er geen Tomessche uitsteeksels zijn, meen ik toch wel uit bovenstaande te mogen afleiden, dat de protoplasmatische uitloopers, aangegeven als het Tomessche uitsteeksel in de figuren der verschillende schrijvers niet het centrale gedeelte van het zich in aanleg bevindend prisma representeeren.

En nu baseeren juist Tomes, Waldeyer, Walkhoff e.a., zooals in hoofdstuk I is meegedeeld, op dit uitsteeksel met zijn belendend gedeelte, dat dan aan het émail is blijven hangen, en zoodoende niet in hunne teekeningen is aangegeven, hunne verkalkingstheorie de „Transformatio in situ" der ameloblasten.

Doch nu ik meen aangetoond te hebben, dat deze Tomessche uitsteeksels niet het centrale gedeelte van het prisma kunnen weergeven, kan ook de hierop gebouwde verkalkingstheorie niet aanvaard worden.

Daar mijne preparaten beelden geven, welke mogen doen overhellen tot de meening, dat er een syncitale, homogene aanleg van het prae-émail is en geen prismatische, (althans niet op de plaats, waar we deze zouden verwachten). zooals tot nu toe is aangegeven, doet zich de vraag voor, hoe deze onderzoekers aan hunne theorie komen, dat het émailprisma in aanleg deze vorm al bezit en de verkalking van dezen langs het meer genoemde uitsteeksel plaats vindt. Al deze onderzoekers nu hebben preparaten van *geisoleerde* ameloblasten gemaakt en hebben in hunne werken telkens weer andere figuren van glazuurcellen geteekend, Waldeijer teekent het Tomessche uitsteeksel als een gaffel, von Ebner in het eene geval als een klompje

homogene massa, welke direct ligt tegen de z.g. binnenste membraan van de ameloblast, in het andere geval als meerdere, fijnere uitsteeksels, vlak aan elkaar gelegen, welke het beeld geven als van franje. W a l k h o f f nu geeft ze weer als doornvormige uitsteeksels en ook als eikelvormige aanhangsels. En juist, omdat ze preparaten maakten van geisoleerde cellen, konden ze de uitloopers in zulke verschillende gedaanten teekenen. Zoek ik mijne preparaten eens door, dan worden alle door bovengenoemde onderzoekers aangegeven vormen van ameloblasten met hunne Tomessche uitsteeksels ook hierin wel aangetroffen, alleen in die preparaten, welke door minder goede techniek verscheurd zijn. Hierdoor zijn er wel isolatieproducten ontstaan.

De homogene massa, het prae-émail, dat in de praedentine zijn analogon vindt, is van gelatineuse consistentie.

Dit weefsel, zooals we gezien hebben, vormt een geleidelijke overgang tusschen de ameloblast en het reeds verkalkte glazuur. Bij verscheuringen nu van het onderlinge verband der ameloblasten en dit prae-émail is het mogelijk, dat stukjes prae-émail van de meest grillige gedaante — de Tomessche uitsteeksels — in samenhang blijven met de ameloblasten. Vandaar dan ook de verscheidenheid van beelden, welke van de ameloblasten met hunne uitloopers weergegeven kunnen worden. Zoo zouden we de Tomessche uitsteeksels moeten aanzien als afgescheurde stukjes van de beschreven homogene massa en niet als het centrale protoplasmatische deel van een prisma.

Gesteld nu, dat het waar was, dat de op de verschillende teekeningen aangegeven beelden der Tomessche uitsteeksels weergaven de protoplasmatische, centrale deelen der prisma's, dan zouden we moeten aannemen, dat in mijne preparaten van het kalf een dikkere laag homogene substantie is gevormd dan in die, waaraan de teekeningen der schrijvers zijn ontleend. De

mogelijkheid zou zich dan nog kunnen voordoen, dat de Tomessche uitsteeksels aan de andere kant van het prae-émail, althans in het glazuur, zouden zijn te vinden. Doch hiervan is ook niets te bemerken. Wel vind ik in mijne preparaten bij kleine vergrooting een zigzagvormige lijn, zoodat verwacht zou kunnen worden, dat in ieder deukje van deze „zigzag" het protoplamatische uitsteeksel, dat zich hier van het homogene weefsel gedifferentieerd had, ter breedte van een ameloblast of van kleinere afmeting paste. Doch bij een grootere vergrooting blijkt, dat deze buitenlijn van het émail zeer onregelmatig is, en van eenige differentieele afscheiding ter grootte van de breedte van een émailcel van de structuurlooze massa, welke precies zou grijpen in een indeuking aan deze grens niets is waar te nemen (zie fig. 12). Ook dit zou er toe kunnen bijdragen het als Tomessche uitsteeksel gequalificeerde stukje weefsel te beschouwen als een onderdeel van het homogene weefsel, het prae-émail.

Na deze bevindingen ben ik niet tot de overtuiging kunnen geraken, dat het émail prismatisch wordt aangelegd, waarin opgesloten ligt, dat, als er een prismatische structuur aanwezig is, deze secondair zal moeten ontstaan.

Ofschoon nu nog wel altijd de prismatische aanleg van het émail wordt aangenomen, zijn er toch speciaal door v. Ebner en Mummery wel bezwaren tegen deze voorstelling gerezen.

Zij hebben beelden gevonden aan de geïsoleerde stukjes émail, die niet strookten met een prismatische structuur.

Zoo heeft v. Ebner aan zijne isolatiepreparaten van prisma's, verkregen door pluizen met naalden, na voorafgaand koken in 10 % kali- of natronloog en opvolgend schudden in water, wel veel prisma's met meer gelijkmatige contouren, maar dan toch ook talrijke andere met dunne, vleugelvormige aanhangsels,

zoodat ze precies geleken op staven met zijgordijnen, te zien gekregen. (Archiv. f. mikrosk. Anat. Bd. 67. Tafel II).

De schrijver gaat verder en komt tot het vermoeden, dat er een andere gepraeformeerde structuur aan ten grondslag ligt.

Immers hij uit zich als volgt: „Die Flügel erscheinen meist „zackig ausgesplittert oder stellenweise ganz abgebrochen und „gar nicht selten wie in eine Reihe feiner Nadeln aufgelöst. „Letzterer Befund könnte vielleicht auf eine praeformierte „Struktur anderer Art bezogen werden. Denn man kann mit- „unter auch zusammenhängende Splitter einer einfachen „Prismenlage finden, an welchen benachbarte Prismen durch „feine, kammartige Brücken verbunden sind."

Geen enkel beeld in mijne preparaten doet denken aan een prismatische aanleg van het glazuur.

Bij het doorzoeken van mijn materiaal blijkt het weefsel een lamellaire bouw te bezitten.

Ter verduidelijking geef ik in fig. 13 een teekening van deze lamellaire structuur.

De vijf lamellen glazuur zijn netjes parallel aan elkaar en ook aan de tandoppervlakte gelegen.

Ze zijn van elkander gescheiden door min of meer verkalkte strookjes grondsubstantieweefsel.

Deze vondst sluit zich aan bij die, welke M u m m e r y deed bij zijn onderzoek aan een zich ontwikkelende molaar van een kangoeroe (Macropus rufus). Hij kon met zijn prepareernaalden ieder fragment, dat hij van het émail had afgesneden, uit elkaar pluizen in parallele laminae. (Phylosophical Transactions of the Royal Society of London).

Uit teekening 13 blijkt, dat het glazuurweefsel in lamellen wordt afgezet, waaruit volgt, dat de prisma's secondair ontstaan.

Dat dit wel meer gebeurt, is gebleken bij de bestudeering van de genese van mosselschelpen. (Anodonta).

Dat de prisma's hier geen versteende cellen zijn, mag wel afgeleid worden uit de waarneming, dat ze meermalen breeder zijn dan de secreteerende cellen. Ook hier wordt door de matrixcellen een homogene, samenvloeiende massa afgezonderd, waarin later de kalkkorreltjes optreden.

De prismalaag der mosselschalen zijn polygonale elementen, wier doorsneden vele malen grooter is dan die der epitheelcellen, die de prisma's uitscheiden, waardoor 't onmogelijk is, dat een prisma als direct vormingsproduct van iedere cel kan beschouwd worden. Ook is een parallel liggen van de prisma's, zooals by de schelpen aangetoond is, niet met zoo'n ontstaan te rijmen.

De opvatting is dan ook, dat de prisma's hier secondair ontstaan.

Ook hier worden bij oplossing der harde substantie prisma's gevonden met zulke, op hun lengteassen dwarsstaande blad- en vleugelvormige aanhangsels. Dit is dus alles in zuivere analogie met de émailprisma's bij de zoogdieren.

't Eenige punt, wat nog overblijft, om toch de meening te aanvaarden, dat de émailprisma's direct uit de ameloblasten voortkomen, is, dat ze van dezelfde doorsnede zijn als de hen vormende cellen, zooals door bijna alle onderzoekers wordt vermeld.

Eén evenwel is er en wel P a u l, die een duidelijk verschil in grootte tusschen de matrixcellen en hun product heeft gevonden.

Al deze resultaten, door bovenstaande onderzoekers en mijzelf verkregen, doen mij overhellen naar de opvatting, dat de prisma's ook in de tanden der zoogdieren, althans in de incisivi van het kalf, *secondair* ontstaan.

HOOFDSTUK IV.

WAT VERSTAAT MEN ONDER „MITOCHONDRIEN".

Voordat overgegaan wordt tot de beantwoording van deze vraag, is 't wel wenschelijk, dat eerst vermeld wordt, wat onder mitrochondrien verstaan wordt.

Reeds boven is gezegd, dat Benda 't eerst deze naam in de litteratuur heeft ingevoerd en dat hij er onder verstond, granulatie's in het cytoplasma van verschillende cellen, te voorschijn gebracht door zijne kleur- en fixatiemethode.

Deze methode nu zou een specifieke zijn voor de mitochondrien. De door hem in de geslachtscellen van de muis gekleurde korreltjes, zag hij dan ook aan voor iets specifieks, omdat deze granula door het kristalviolet electief gekleurd werden. Ook zag hij evenals von Brunn reeds in 1884, dat de spiraaldraad, welke ligt om het middenstuk van de spermatozoiden, ten koste van deze mitochondrien gevormd wordt. Er zijn verschillende methoden om de mitochondrien te zien te krijgen, waarvan de twee voornaamste wel zijn de *methode* volgens Benda en die volgens Regaud, welke dan ook door mij toegepast zijn. De mitochondrien doen zich onder verschillende vormen voor. Meestal zijn het kleine korrels, rond of ovaalrond. Deze geïsoleerde mitochondrien, wat eigenlijk korrelige draden beteekent, hebben de neiging zich in moniliforme filamenten te scharen, welke dan chondriomiten genoemd worden.

Als de korrels niet afzonderlijk zijn te onderscheiden, maar hebben we een rechtlijnig staafje, dat vaak ook wel iets golvend is, voor ons, dan wordt er van een chondriocont gesproken. Dit is dus een gelijkmatig, door de kleurstoffen meer of minder getingeerd staafje, waarin geen differentiatie is te onderkennen. (M e v e s.)

Deze mitochondrien nu wilde B e n d a in verband brengen met de vererving, daar hij zag bij het indringen van het spermium in het ei, dat de mitochondriale spiralen steeds met de kern en het proximale centraallichaam tezamen in het ei indrongen. Toch bleken later de mitochondrien niet specifiek te zijn voor de geslachtscellen, daar gelijksoortige vormsels en korrelingen in het nierepitheel en meerdere cellen van andere weefsels gevonden werden.

De mitochondrien behooren tot de werkelijke deeltjes, waaronder b.v. ook de kern, die men kan zien in levende cellen. De granulatie's, beschreven als microsomen, cytomicrosomen, waarvan het meerendeel niets anders zijn als mitochondrien, zijn ook zonder eenig reagens gezien geworden door v o n B r u n n, L a V a l e t t e e.a.

In alle soorten van cellen zijn de mitochondriale formatie's bestudeerd, welke studie tot belangrijke resultaten heeft geleid. (R u s s o.) Ofschoon er enkele onderzoekers zijn, die de mitochondrien beschouwen als cellulaire insluitsels, maken ze volgens de meening van het meerendeel der cytologen een integreerend deel uit van het protoplasma en worden zelfs aangezien voor het fundamenteele gedeelte. De mitochondrie is een „organe primitive" en iets essentieels van de cel. (B e n d a, D u e s b e r g, S j ö v a l l, C h a m p y e.a.).

Dit essentiëele berust op hun permanent voorkomen, bestendigheid en de voorname rol, die ze spelen in de actieve cel.

In Meves en zijne leerlingen vond Benda groote aanhangers, die verder hunne aandacht wijdden aan deze mitochondrien en de strukturen, door deze veroorzaakt, uitwerkten.

Aan Meves, Hoven, Duesberg, O. Schultze e.a. is het te danken, dat we kunnen aannemen, dat de mitochondrien ook in de embryonale cellen voorkomen. Bij hun eerste optreden hebben ze den vorm van korrels, welke al gauw de neiging toonen tot kettingvorming om later in homogene draden over te gaan.

Meves noemde ze chondriosomen, chondriomieten, chondrioconten, al naar mate zij de drie verschillende vormen vertoonden. Wat de rol betreft van deze mitochondrien, wil men hen in verband brengen met de vorming van collagene fibrillen, spier- en zenuwfibrillen. (Meves, Godlewsky, Schultze e.a.).

De afzonderlyke vormen van mitochondrien vertoonen ten opzichte van elkaar weer verschillende plaatsingen, verhoudingen; zij vormen complexen; er bestaat een structureel verband.

Deze structuren nu, die zich onder eenige verscheidenheid van beelden voordoen in het gefixeerde protoplasma der cellen, worden in verband gebracht met de functie's van deze, worden aangezien als uitingen van bepaalde processen, geven weer het begin, midden of eindstadium van het proces, al naarmate ze tot elkaar staan in veranderde relatie en andere combinatie's hebben gevormd. Hieruit worden dan de verschillende phasen van de functie der cellen met hunne ingewikkelde processen afgeleid. In alle soorten van cellen zijn de mitochondrien aangetroffen in zeer vele variëteiten als chromosomen, b.v. in de kiemcellen van gewervelde dieren. In de somatische cellen als chondriomiten en chondrioconten. Toch is nog niet met zekerheid te zeggen, waar ze vandaan komen, wat hunne juiste funktie en wat hun lot is.

Ook zijn ze gezien in levende plantencellen en hierin be-

studeerd door Maximow en zelfs in dierlijke cellen, welke in kunstmatige media levend werden gehouden, door Lewis. In deze cellen werd waargenomen, dat ze zich bewogen, van vorm veranderen, de chondrioconten zich in granula deelden en zich weer tot filamenten samenrijden. Vooral ook is er een grondige studie der mitochondriale structuren van secretoire cellen gemaakt (Hoven, Schultze, Laguesse).

De secretieprocessen zijn aan allerlei secretoire cellen als die van de maag, van de glandula submaxillaris, van de nier, van het pancreas en nog vele meer, bestudeerd.

Aan gefixeerde preparaten dezer cellen werden door de verschillende onderzoekers (Altmann, Laguesse, Prenant, Benda, Meves, Duesberg, Hoven, om er maar enkele te noemen) cytologische formatie's, welke de meest differente morphologische gedaanten hebben, gevonden.

In alle van deze gefixeerde kliercellen laten zich eigenaardige, draadvormige elementen aantoonen, welke men bestempeld heeft met de meest verschillende benamingen, als vegetatieve filamenten, (Altmann), basale filamenten (Solger), verder ergastoplasmadraden (Garnier), chondrioconten (Meves, Duesberg).

Ze zijn 't best te zien, als de cel in rust is. Bijzonder duidelijk zijn ze aan de pancreascel, welke hierdoor in zijn basaal gedeelte een streperig aanzien krijgt.

Voor 't eerst heeft wel Pflueger (1869) in de basale zone strepen gezien, welke loopen in de lengterichting der cellen en eindigen langs de zijden van de kern. Hij gaf hen de beteekenis van de neurofibrillen, doch deze meening heeft geen ingang gevonden.

Deze gestreepte structuur is daarna door vele andere onderzoekers geconstateerd.

R. Heidenhain vraagt zich af of het geen kanaaltjes,

gepraeformeerde wegen zijn, bestemd om de rijen secreetgranula te bevatten.

Klein (1879) beschouwt ze als lange trabekels, dikker dan het protoplasmatische net; Landowski (1888) als rijen granula.

In 1890 spreekt Altmann 't eerst „van vegetatieve filamenten". Deze zijn zeer nauwkeurig begrensd, teekenen zich scherp af tegen 't overige protoplasma onder den vorm van rechte of kromme draden — staafjes — haakjes —. Hij heeft hen ontdekt in de speekselklieren en heeft er op gewezen, dat deze een rol speelden bij het secretieproces. Zoodra deze cellen hunne werking ontplooien, worden deze filamenten tot moniliforme draden, welke op hun beurt veranderen in „korrelkettinkjes", in chaînettes de petits grains".

Deze korrels nu worden dikker en dikker tot ze zich losmaken van hunne matrix en zich ontpoppen in secretiekorrels.

Meerdere auteurs als Laguesse, Michaelis, Bouin, Regaud en Mawas hebben deze meening van Altmann kunnen bevestigen.

In 1896 beschrijft Solger in de sereuse cellen van de gl. submaxillaris van den mensch filamenteuze formatie's en geeft hen den naam „Basalfilamente". Zooals de naam aangeeft, zijn ze gelegen in 't basale gedeelte der cel, langs en een weinig boven de kern; dikwijls aan iedere kant van de kern een groep.

Solger brengt hen overeen met de filamenten van Altmann. Hij heeft ze evenwel niet kunnen vervolgen bij de verschillende phasen van het secretieproces.

In 1897 maakt Garnier van deze basale filamenten een aparte studie. Hij brengt ze in verband met de paranuclei, waardoor hij het verband meent gelegd te hebben tusschen de werkzaamheid van de kern en het secretieproces. Hij betitelt dit zich scherp afscheidende gedeelte in de cel als „ergastoplasma."

Dit „ergastoplasma" ligt evenals de filamenten in de buurt van de kern, onder de onderste pool. De betrekkingen met de kern, waarvoor de basale filamenten a.h.w. een nestje gebouwd hebben, zijn belangrijk volgens Garnier.

De chromatine schijnt zich te vermeerderen en de nucleolus begint grooter te worden; daarna lost deze laatste op. Het kernsap heeft de neiging zich „en masse" te kleuren. Op dit oogenblik gaan de basale filamenten zich dichter tegen de kern leggen, waarop ze zich insereeren en uitstralen rondom de kern.

Hij neemt aan, dat zoo de gelegenheid voor een nucleaire excretie is gegeven. Het ergastoplasma zou de rol vervullen van een „organe nécessaire à l'élaboration, servant d'intermediaire entre les materiaux d'origine nucleaire et ceux d'origine cytoplasmique." 't Zou als bemiddelaar dienen om zekere opgeloste substantie's van den kern naar het cytoplasma te brengen. 't Eigenlijke ergastoplasma ontstaat dus naar zijne opvatting èn uit het cytoplasma der cel èn uit de kern. Anderen denken alleen uit het cytoplasma; ook zijn er aanhangers, onder wie b.v. Matthews, van de derde mogelijkheid n.m. dat 't zijn oorsprong vindt alleen in de kern.

Niet alleen de morphologische waarnemingen hebben Garnier er toe gebracht te veronderstellen, dat het ergastoplasma voor een deel zijn ontstaan vindt in de kernsubstantie's en in het cytoplasma, doch ook de kleurbaarheid door de basische anilinekleurstoffen, welke analoog is aan die van de chromatine der kern.

Hij beschouwt dan deze bijzondere soort van protoplasma als een gedeelte van het cytoplasma, geimpregneerd door getranssudeerde kernsubstantie.

De gewone vorm, waaronder het ergastoplasma voorkomt is die van filamenten en klompjes. Zooals we gezien hebben, zijn

deze vormen al eerder opgemerkt door andere onderzoekers, doch hadden hieraan geen andere namen gegeven.

Zoo verviel men van het eene woord in het andere, doch een klare voorstelling van wat deze formatie's nu wel mochten beduiden, kreeg men niet. Wel is men 't er over eens geworden, dat al deze cytologische formatie's in verband moeten staan met het secretieproces.

't Duidelijkst zijn ze in de cellen aan 't begin van hunne periode van secretoire activiteit. Als deze activiteit ophoudt, verdwijnen ze min of meer, terwijl de cel overvol is van secretiemateriaal.

Na Benda's onderzoekingen bemerken we, dat onder invloed hiervan de latere onderzoekers (Hoven, Meves, Duesberg) deze filamenten betitelen met de naam chondriokonten, welke de beginvorm is van de mitochondrien bij het secretieproces.

Hoven spreekt niet meer van vegetatieve filamenten, doch van chondriokonten. Hij bestudeerde deze mitochondrien resp. chondriokonten speciaal in de pancreascel van het konijn, dat een zeer gunstig object is.

In het begin van het secretieproces bevat de pancreascel zeer talrijke, gelijkvormige en draderige, in hun verloop gewondene chondrioconten van verschillende dikte.

Al naarmate nu de secretie voortschrijdt, zwellen deze chondrioconten op om vervolgens de structuur van kettinkjes, waarin korreltjes zijn te onderscheiden, aan te nemen.

Zoo beschrijft hij de opeenvolgende veranderingen gedurende het secretieproces als volgt: „Ces chondriosomes sont répartis „dans toute la cellule. Certains sont moniliformes: ils presentent „au niveau de leurs extremités ou sur leur trajet des renfle-„ments, peu nombreux, qui se colorent d'une manière un peu „plus intense que la chondrioconte lui-même. Ces renflements „représentent la première ébauche des grains de secretion.

Teekenen zich deze „renflements" scherper af, dan komt de vorm der korrelkettinkjes voor den dag, welke verder uiteenvallen in secretiekorrels.

Nadat deze korrels nu waren uitgescheiden, kwam men voor de oplossing van de moeilijkheid te staan, hoe zich deze chondrioconten herstelden.

Hierover loopen de meeningen ook al weer zeer uiteen. Terwijl enkele de opvatting huldigen, dat de filamenten geheel en al opgaan in de granula, verloren zijn na de uitscheiding van het secreet (H o v e n) en dan op de een of andere manier vervangen worden, denken anderen (R e g a u d, M a w a s e.a.) er anders over en meenen te moeten aannemen, dat deze mitochondriale filamenten niet te loor gaan, maar ze a.h.w. de granula als een afscheidingsproduct vormen, terwijl het substraat der chondrioconten, waarin de secretiekorrels ontstaan zijn, in de kliercellen bewaard blijft. Dit substraat is in staat zich te herstellen en te fungeeren als matrix voor de nieuw te vormen korrels. Om zich te vermeerderen, zouden ze de eigenschap hebben zich in de lengte deelen.

Volgens de eersten blijven talrijke chondrioconten in de basale helft van de cel achter, die zich, als de secreetkorrels uitgestooten zijn, al gauw door de geheele cel verspreiden. Ook over de regeneratie dezer chondrioconten loopen de meeningen nog ten zeerste uit elkaar.

Wel zijn ze 't er over eens geworden, dat de „vegetatieve filamenten" (A l t m a n n), de Basalfilamente" (S o l g e r), 't ergastoplasma (G a r n i e r), de chondrioconten (H o v e n) of hoe men deze cytologische formatie's ook moge noemen, de matrix der secretiekorrels zijn.

Een gewichtige vraag blijft evenwel nog onbeantwoord n.m., waar deze filamenten, deze chondrioconten hun oorsprong vinden.

Garnier heeft wel gemeend te moeten aannemen, dat een deel zijn oorsprong vindt in de kernen, een ander deel in het protoplasma van de cel zelve, maar dit brengt ons niet veel verder. Immers dan rijst de vraag, wat is de oorzaak van deze kernverandering enz. De fundamenteele vraag blijft open.

Welke is de oorzaak, waarvandaan komt de stoot, die deze morphologisch scherp afgeteekende vormsels in het cytoplasma der cellen te voorschijn roept?

Over de matrix der secretiekorrels is men 't nu wel eens geworden, maar hoe deze matrix op haar beurt ontstaat, ligt nog in 't duister.

Men vraagt zich af: „Wat representeeren deze mitochondrien in de cellen?"

Zijn 't werkelijk levende partikeltjes-organellen?

Of zijn 't werkelooze materie en kunnen ze beschouwd worden als cellulaire insluitsels?

Of vormen ze misschien een tusschensubstantie tusschen het protoplasma als voortbrenger en de doode substantie, welke voortgeleid moet worden?

Ook heeft hier weer elk van deze voorstellingen zijn aanhangers. Ieder voor zich van de onderzoekers had zich een eigen meening omtrent het secretieproces gevormd, welke steunde op kleurreactie's dezer mitochondrien en op de morphologische beelden, die, in een opeenvolgende reeks gedacht, een plausibele voorstelling gaven van dit proces.

Al de onderzoekingen evenwel, die tot nu toe hieromtrent gedaan zijn, hebben nog niet een zoodanig inzicht in dit proces kunnen verschaffen, dat de uitkomsten bevredigend waren te noemen. Men zag wel in, dat langs morphologischen weg de oplossing niet kon bereikt worden.

Om aan de verwarring, welke al die benamingen van geziene celdifferentiatie's brachten, te ontkomen, hebben Mayer,

Rathery en Schaeffer een geheel anderen weg ingeslagen. Ze hebben den chemischen weg gevolgd in de hoop eenig licht op dit vraagstuk te kunnen werpen. Ook Fauré-Frémiet heeft zich met deze soort onderzoekingen bemoeit.

Voordat ik verder ga met de vermelding van de door dezen verkregen resultaten, wil ik eerst een klein deel inlasschen, dat de vondsten omtrent de mitochondrien in de osteoblasten behandelt. Ook juist ben ik speciaal meer op de secretiecellen ingegaan, omdat de ameloblasten voor zulk een soort cellen zijn aangezien. Naar de resultaten, welke het mitochondrienonderzoek in de osteoblasten heeft opgeleverd, ben ik nieuwsgierig geworden, daar beide soorten cellen in verband worden gebracht met de verkalkingsprocessen.

Deineke, die het mitochondrienonderzoek aan de osteoblasten heeft verricht, zag, dat ook hier het mitochondriale apparaat zich onder verschillende beelden voordeed. Nu eens bestaat dit hoofdzakelijk uit korte chondrioconten, waartusschen een aantal mitochondrien onregelmatig verspreid liggen, dan weer is deze verhouding, wat hun aantal betreft, omgekeerd — dat er relatief minder chondrioconten, doch meer korrelvormige mitochondrien gevonden worden,

Enkele cellen, en wel de oudere osteoblasten bevatten een chondrioom, dat meer bestond uit staafjes en draadvormige mitochondrien-(chondrioconten), waartusschen zich hier en daar enkele granulaire mitochondrien bevonden, andere cellen, vooral de jongere embryonale cellen zitten propvol granula, die zoowel in het cellichaam als in de uitloopers voorkomen.

Deze ontwikkeling van het mitochondriale apparaat en de rangschikking, welke de mitochondrien aannemen in de embryonale, osteogene cellen, leidt er wel toe te denken, dat er een parallisme bestaat tusschen de processen, welke zich in de osteoblasten afspelen en die, welke plaats hebben in de secretiecellen.

Met betrekking tot de functie van de osteoblasten gedragen zich deze staafjes en korrels evenzoo als die in de secretiecellen (G. Dubreuil). Anat. Anzeiger Bd. 46.

Na deze korte uitweiding over de osteoblastische structuren welke als slot moge dienen over de morphologisch-histologische beschouwingen der mitochondrien, is het vermeldingswaard, wat het scheikundige onderzoek omtrent deze cytologische differentiatie's heeft opgeleverd.

Het morphologische onderzoek brengt niet de gewenschte bevrediging. Alleen kan uit hunne vormen, stellingen en plaatsingen, hunne structureele verbanden de wijze, waarop een cel zijn functie verricht, afgelezen worden.

Wat nu eigenlijk zoo'n mitochondrie is, waaruit hij bestaat, is een open vraag.

Voor het bovengenoemd onderzoek hebben nu Mayer, Rathery, Schaeffer en Faure-Frémiet twee methoden aangewend om tot de chemische samenstelling der mitochondrien te komen.

I. De systematische studie van de agentia, die de mitochondrien oplossen en die, welke hen neerslaan, verder de vitale en de specifieke kleuringen, waarop ze reageeren.

II. De bestudeering van de fixatieprocessen, waardoor de mitochondrien voor den dag treden.

Om de werking van de verschillende oplossingsmiddelen na te gaan, doen ze zeer kleine fragmenten weefsel in deze vloeistof, waarna de stukjes worden behandeld op de manier om de mitochondrien te voorschijn te doen treden. Zoo wordt systematisch voor de granulatie's nagegaan, hoe ze zich gedragen b.v. tegenover ethyl-alcohol, methyl-alcohol, aether, chloroform, enz. en ook, waarin ze onoplosbaar zijn b.v. formaldehyde etc. Dan wordt verder onderzocht door welke agentia ze worden geprecipiteerd.

Eveneens worden hunne chemische eigenschappen op een dergelijke wijze bepaald, hoe ze zich verhouden tegenover oxydeerende agentia, als osmiumzuur, chroomosmiumzuur, kaliumbichromaat.

Op zoo'n manier kon door genoemde onderzoekers vastgesteld worden, dat ze voor een deel uit lipoiden bestaan.

Fauré-Frémiet beschouwt de stof, waaruit de mitochondrie is samengesteld, als een lecithalbumine.

De lecithine geeft n.m. dezelfde reactie's als de mitochondrien. De aanwezigheid van een lipoide substantie, gecombineerd met een albuminoid substratum of eenvoudig gelegen aan de oppervlakte van dit substratum, verklaart het natuurlijk lichtbrekingsvermogen der mitochondrien. Ook vindt deze meening een steun in het feit, dat de mitochondrien niet te voorschijn kunnen gebracht worden, als er te veel azijnzuur aan de fixatievloeistof is toegevoegd, want dit acid. aceticum dissocieert het albuminoide substratum en de lipoide substantie. Ook Regaud uit zich in denzelfden zin. In 't kort genomen, de histochemische reactie's rechtvaardigen de veronderstelling, dat ze samengesteld zijn uit een eiwitachtig substraat, geassocieerd aan een lipoide substantie.

Een verder voortgaan van mededeelingen over deze zeer belangwekkende navorschingen valt buiten het kader van 't door mij voorgestelde onderzoek.

Zoo heeft men eenig inzicht gekregen in de scheikundige compositie dezer merkwaardige formatie's, doch 't komt er nu verder op aan gewaar te worden, welke hunne biologische rol is.

HOOFDSTUK V.

HOE ZIJN DE MITOCHONDRIALE STRUCTUREN IN DE AMELOBLASTEN GEDURENDE HUNNE WERKZAAMHEID EN IS ER EENIG VERBAND TE ZIEN TUSSCHEN DEZE EN DE GLAZUURFORMATIES?

DE MITOCHONDRIEN IN HET STRATUM INTERMEDIUM EN DE AMELOBLASTEN.

Een coupe beschouwend, waarin het stadium vervat is, waarbij de émailvorming in volle actie is, valt het direct op, dat van het émailpulpaweefsel niets is overgebleven. Het mesodermale weefsel gaat onmiddelijk over in het stratum intermedium, dat op zijn beurt in verbinding staat met de rij ameloblasten. De grootste cellichamen hebben deze ameloblasten of glazuurcellen, waarom ze dan ook wel het eerst in het oog springen. Zij zijn langwerpig, hoogcylindrisch van bouw en bezitten prachtige, groote, ovaalvormige kernen. Deze kernen zijn over 't algemeen in 't derde buitenste gedeelte der cellen gelegen; wel wordt er hier en daar een dieper naar de basis der cel aangetroffen, maar toch als regel bevinden ze zich in het topgedeelte. De mitochondrien zijn zeer duidelijk als granulaire formatie's in deze R e g a u d sche preparaten voor den dag gebracht. Ze zijn scherp afgeteekend met hun donkerviolette tot pikzwarte kleur tegen het grijsbleeke fond van 't Cytoplasma.

De histologische bewerkingen, voortvloeiend uit de methode van Benda, worden blijkbaar slecht door het weefsel verdragen. De cellen, zoo ook de glazuurcellen, zijn plomp en gezwollen. Alles maakt een grove indruk; over 't geheel zijn de weefsels niet zoo mooi in hun onderling verband gehouden. 't Protoplasma is een schollige massa, waarin niet zulk een scherpe differentieering tusschen het cytoplasma en alles, wat daarin vervat is, is te onderkennen. In de Benda' sche preparaten zijn wel is waar de granulatie's te onderscheiden, maar toch zijn de verschillende plaatsingen, liggingen en het onderling verband lang niet zoo goed waar te nemen als in de Regaud-sche preparaten. De beelden komen overeen met de toestand van de „Homogénisation protoplasmique", welke gekarakteriseerd is door het volumineuser zijn der granula; verder door de diffuse overgang van deze in 't protoplasma. De korrels treden niet zoo scherp voor den dag; ze zijn zeer wazig aangeduid. Het protoplasma is hier lichtbruin gekleurd, terwijl de mitrochondrien een ietsje donkerder getingeerd zijn.

De fixatie en kleuring naar Regaud is boven die van Benda te verkiezen bij de bestudeering van de cytologische differentiatie's in de ameloblasten en aangrenzende cellen. Aanmerkelijk betere resultaten zijn dan ook op deze manier bereikt. Door deze bewerking treden de fijnste, structureele détails der cellen te voorschijn. Het weefsel is meer in zijn natuurlijke verhoudingen vastgelegd. Teekenen van schrompeling of zwelling zijn niet aanwezig. De cellen zijn niet door holten of ruimten volkomen van elkaar gescheiden, zooals dit in geschrompelde preparaten 't geval is. Juist zou deze schrompeling wel te verwachten zijn, na de behandeling van zoo'n subtiel, week weefsel, als het stratum intermedium met omgeving. De Regaud' sche methode heeft dit alles schitterend overwonnen. Voor ons doel is deze een zeer voortreffelijke.

Zeer regelmatig is de ligging der cellen van 't stratum intermedium onder elkaar.

Op gelijke afstanden duiken de ronde kernen, die de middelpunten der protoplasma-lichamen uitmaken, in 't weefsel op. Niet alleen zijn de afstanden der kernen onderling in horizontale richting aan elkaar gelijk, doch ook in verticale. De cellen hebben over 't algemeen een afgerond aantal fijne prikkels — uitloopende protoplasmadraden — plasmodesmen. 't Aanzien der afzonderlijke cel doet ons zeer veel denken aan de z.g. prikkelcellen van 't stratum dentatum der huid.

Deze plasmodesmen zijn in zeer grooten getale aanwezig; aan een cel kunnen er wel van 18—25 geteld worden in één vlak.

Wat hun dikte en breedte betreft zijn ze zeer verschillend. Enkele zijn zeer fijn, 't zijn niet meer dan filamentjes protoplasma; andere zijn plomper en breeder, bestaan uit een dikke protoplasmatische streng. Door deze intercellulaire, protoplasmatische bruggen komen de cellen van dit weefsel in continue verbinding met elkaar te staan. In hun verloop van de eene cel naar de andere zijn ze ook verschillend van dikte. De plaats van overgang (of uitgang) in het protoplasma der cel is altijd 't breedst, terwijl het middenstuk dunner is. In 't midden zijn ze soms zeer, zeer dunne draadjes. Hun structuur komt overeen met dat van 't protoplasma der cellen zelve. De kleur is lichtgrijs, zooals die van 't cytoplasma der geheele cel. Toch zijn deze bruggetjes niet alle van dezelfde gelijkmatige, protoplasmatische structuur, waarin geen differentiatie is te zien; hier en daar zijn er om een cel, in 't eene geval meer, in 't andere minder, waarin zich tegen de lichtgrijze ondergrond zwart afstekende granulatie's bevinden. Deze zijn meestal een of twee in getal, behalve in de langere plasmodesmen, waarin er wel enkele meer kunnen geteld worden. Op deze korrels kom ik later nog eens terug. Men treft deze plasmodesmen niet alleen aan als onder-

linge verbindingsstrengetjes der cellen van 't stratum intermedium, maar ook zijn ze duidelijk te onderscheiden tusschen deze cellen en de ameloblasten, welke hierdoor met elkaar in contact staan. Ze onderscheiden zich in geen enkel opzicht van die in 't stratum intermedium. Dit weefsel bestaat uit ongeveer vijf tot zes rijen van cellen. Het is zeer bloedrijk. 't Is a. h. w. overstroomd met capillaire bloedvaten, die nu eens diep, dan minder ver ingedrongen liggen tusschen de weefselelementen. Tot op de laatste rij dringen de vaten door, zoodat zich er maar ééne celrij meer tusschen deze en de ameloblasten bevindt. Zien we nu dit weefsel eens aan en daarbij ook de mitochondriale formatie's, daarin vervat, dan geeft dit ons een beeld, dat ons wel èn ameloblasten èn de cellen van 't stratum intermedium als één werkend geheel — als één functioneerend weefsel — mag doen beschouwen. Wat deze protoplasmatische formatie's betreft, deze mitochondrien, komen in massa's en massa's over 't geheele weefsel voor. (Zie fig. 17). Hierin vertoonen ze verschillende plaatsingen, liggingen en verhoudingen ten opzichte van elkaar. Als ze dan een rol spelen bij de cellenfunctie en hunne structuurbeelden een afspiegeling zijn van de manier, waarop deze werking der cellen plaats heeft, (zooals nu wel aangenomen mag worden), dan kan 't wel niet anders of 't stratum intermedium en de ameloblasten moeten als één functioneerend geheel opgevat worden.

Wat het aantal der mitochondrien betreft, is dit ook zeer different. De granulaire vorm is wel de meest constante, welke ze bezitten. Erg veel verschil in de grootte is er niet tusschen de granula. Wel vindt men hier en daar een korrel, die iets dikker is, maar over 't algemeen zijn ze toch even groot. Op de enkele andere vormsoorten, waaronder ze zich voordoen, hoop ik later nog terug te komen.

Hunne verdeeling over het cellenweefsel is nogal onregelmatig.

Nu eens treffen we plekken weefselgroepen van cellen van het stratum intermedium aan, die zeer weinige granula bezitten, op andere plaatsen zijn de cellen met korrels overladen. Massa's granula verdonkeren a. h. w. het gezichtsveld. 't Maakt den indruk, dat de cellen van dit weefsel groepsgewijze reageeren. Hier vindt men cellengroepen met bijna geen granulaire formatie's, daar zijn ze vol korrels.

En niet alleen in lengterichting, van de basis naar de top van de tand, doen zich deze gradueele verschillen in 't aantal der granula in 't stratum intermedium voor, maar ook van binnen naar buiten, van de peripherie van 't stratum intermedium naar de kant van de glazuurcellen. Ook in deze richting is het aantal en de ligging der korrels niet gelijk. Zoo komt 't voor, dat de meest naar buiten gelegen cellen bijna geheel vrij van korrelingen zijn, terwijl de binnenste cellagen vol zitten. Maar ook wordt de omgekeerde toestand wel aangetroffen, waarbij de buitenste cellen zich bij kleine vergrooting als donkerder banen in 't preparaat afteekenen dan de binnenste, 't geen te wijten is aan het meer of minder gevuld zijn met mitochondrien. En niet alleen vinden we weer een verschil van plaats laagsgewijs, maar ook cellulair is de ligging der mitochondrien different. Er doen zich beelden voor, waarbij in de cellen dat deel van het cytoplasma, 't geen direct grenst aan de bloedvaten, dicht bezet is, overvuld is van deze korrels, terwijl 't overige deel van de cel rondom en beneden de kern bijna geheel ontbloot is van deze. Zijn alle periphere deelen, welke vlak tegen het capillairtje liggen, gevuld met mitochondrien, dan manifesteert zich dit in een mooie ring van zwarte korrels rondom het bloedvat. De korrels liggen zoo dicht op elkaar, dat ze niet altijd afzonderlijk te zien zijn. Niet altijd bevinden zich de mitochondrien gelijktijdig in alle cellen om 't bloedvat, in 't vlak aan dit vat gelegen cytoplasma, maar ook wel vertoont de eene cel de ligging der granula in dit

periphere gedeelte, terwijl de andere er naast liggende cel juist in dit deel vrij is van korrels en meer naar beneden rondom de kern of daarbeneden overvuld is. Ook cellulair is dus de ligging der mitochondrien verschillend.

In 't eene geval zit de cel geheel vol aan den kant van 't capillairtje, in 't andere geval bevinden de korrels zich meer rondom de kern en in 't derde geval is de cel beneden de kern heelemaal gevuld.

Hebben we dan 't eerste geval (n.m. de mitochondrien liggen in 't periphere deel der cel), dan zijn wel niet alle, maar toch wel de meeste korrels daar gelegen. Bij scherper toezien kunnen er ook in 't protoplasma, dat zich tusschen deze groep korrels en de kern bevindt, wel duidelijk granula gezien worden, die netjes onder elkaar liggen, in een rijtje. Deze rijtjes — parelsnoertjes — is men soms in staat te vervolgen tot aan de kern, ja zelfs tot rondom de kern. (Zie fig. 14).

In 't tweede geval zijn de mitochondriale korrels bijna alle om den kern in een dichte ringformatie gerangschikt, terwijl het cytoplasma naar den kant van het bloedvat en de ameloblasten bijna geheel en al vrij is van mitochondrien. Deze situatie zouden we kunnen noemen de „ringligging om de kern". (Zie fig. 10 en 11).

Als derde cellulaire ligging der mitochondrien zou die aangemerkt kunnen worden, waarbij de korrels zich hoofdzakelijk bevinden aan den benedenkant der kern (zie fig. 15). Verder blijkt 't, dat de mitochondrien zich niet alleen bevinden in de beperkte ruimte der eigenlijke cellichamen, maar ook duidelijk in de plasmodesmen zijn te onderscheiden. 't Zijn de zwarte korreltjes, waarvan reeds boven sprake was bij de beschrijving dezer intercellulaire protoplasmatische bruggetjes. (Zie fig. 14).

Nu is 't wel zeer opmerkelijk, dat ze hierin een verschillende gedaante vertoonen. Dit schijnt in verband te staan met de

ruimte, welke voor hen in de plasmodesmen beschikbaar is. Zijn deze opgebouwd van een dikke protoplasmastreng, dan hebben de mitochondrien ruimte genoeg en behouden geregeld hun ronde, granulaire vorm. In de zeer dunne plasmodesmen daarentegen, vooral in de smalle middenstukken van deze, bezitten ze een meer staafjesvormige gedaante (chondriocont). Dan komt er nog een derde vorm voor, n.m. die van een „peertje". (Zie fig. 16).

Deze „peertjes" treffen we noch in de smalle middengedeelten noch in de breedere protoplasmastrooken van zoo'n plasmodesme aan, maar altijd daar, waar 't plasmodesme overgaat in het cellichaam. 't Bolvormig gedeelte van het „peertje" is altijd gelegen naar den kant van de cel; 't dunnere gedeelte in de plasmodesme. Deze vormen doen zich niet alleen in de plasmodesmen der cellen van het stratum intermedium voor, maar ook in die, welke de cellen van dit weefsel met de ameloblasten verbindt. (Zie fig. 10 en 15).

In deze cellen verhouden zich de mitochondrien op precies dezelfde wijze en onder dezelfde omstandigheden en vormen als boven beschreven. Zoo zijn we tot de rij der ameloblasten gekomen; deze bestaat uit één laag van groote, langwerpige, hoogcylindrische cellen. Evenals bij een palissade, waar de paaltjes netjes naast elkaar staan, liggen ze in deze laag cel naast cel.

't Protoplasma is ook hier van dezelfde lichtgrijze tint, als dat van het geheele weefsel. Gelijkmatig en vlak doet zich dit lichtgrijze fond van protoplasma aan ons oog voor. Overal dezelfde gelijkmatigheid, behalve natuurlijk de mitochondriale formatie's, die hierop inbreuk maken; en verder ook maken de zijvlakken een uitzondering; hier worden, evenals bij de cellen van het stratum intermedium, protoplasmatische uitloopers aangetroffen, welke de ameloblasten onderling verbinden. Ook deze onderscheiden zich niet in structuur van het overige cytoplasma.

Boven tusschen de cellen zijn de plasmodesmen dunner dan verder naar beneden. Aan de basale zijde, zooals boven reeds is meegedeeld, zijn er geen celgrenzen te zien; het protoplasma van de eene cel vloeit met dat van de andere, er naast liggende samen om over te gaan in het homogene, structuurlooze praeémail. (Zie fig. 10).

In de ameloblasten nu zijn de mitochondrien even duidelijk als granula te onderscheiden als in het overige weefsel. Als heel kleine, zwarte oogjes komen ze opduiken uit het protoplasma. Ze zijn rond en hebben dezelfde grootte als die in het stratum intermedium. Ze zijn door de geheele cel verspreid, doch hunne verdeeling en hun aantal is op de verschillende plaatsen ongelijk. De toppen boven de kernen zitten meestal propvol; maar toch ook wel worden er ameloblasten gevonden, waarin dit deel minder bezaaid is met granula. Is dit laatste 't geval, dan is ook 't protoplasma van het aangrenzende strat. intermedium minder bezet. Langs en beneden de kernen, dus meer in de middenstukken van het cellichaam zijn ze in rijen gerangschikt. Lange slieren en parelsnoertjes worden hier door hen gevormd. (Zie fig. 10).

Aan de basis der cellen worden ze weer opeengepakt en in hoopjes aangetroffen. Hier zijn ze zóó dicht opeengestapeld, dat niet alle afzonderlijk kunnen onderscheiden worden. Eene versmelting der korrels kan echter niet geconstateerd worden. In de prikkelcellen van het strat. intermedium, zooals boven aangemerkt, zijn er drie liggingen te onderkennen — peripheer — om den kern en basaal. Hier in de ameloblasten zijn in hoofdzaak twee cellulaire plaatsingen te onderscheiden — peripheer — (boven de kernen in de toppen) en basaal. Evenals bij de peripheer gelegen korrels, met rijtjes granulaire mitochondrien prikkelcellen het cytoplasma bezet is tusschen kern en 't nestje is dit evenzoo 't geval bij de glazuurcellen. In de middenstukken

hiervan, dus in 't protoplasma, dat gelegen is tusschen kern en 't basale nestje granula, komen ook zulke, maar dan iets langere, rijen korrels voor.

In het prae-émail, dat zich als een homogene, door de Regaud'sche methode lichtgeel gekleurde massa uitspreidt en zich in een continue voorzetting aan het protoplasma van de ameloblasten aansluit, is wel is waar geen differentiatie, welke eenigszins zou wijzen naar een Tomes'sch uitsteeksel, te onderkennen, maar toch ook is dit weefsel niet heelemaal zonder eenige structuur. Immers duidelijk zijn hierin zwarte massa's te ontdekken van verschillende vorm en gedaante. Soms vlak tegen de mitochondrien, in de basis van een ameloblast gelegen, maar dan toch met alle zekerheid in 't prae-émail, worden wel enkele apart liggende korrels en ook wel drie à vier van deze, doch ook niet dikwijls meer, in rijenvormige opstelling aangetroffen. Verderop in dit weefsel doen zich grootere en dikkere korrels voor; ja zelfs groote moppen, klonten zwarte substantie van verschillenden vorm treden voor den dag. De een heeft een meer ovaalvormige gedaante, de andere een meer gerekte vorm, gelijk een staaf. Deze staafjes nu komen vooral dicht in de buurt van de èmailgrens voor, ja, zóó dicht, dat ze met 't émail in verbinding zijn. Zoo regelmatig, telkens en telkens weer, is hun voorkomen in de praparaten, dat men zich niet aan den indruk kan onttrekken of we hebben hier te doen met veranderde mitochondrien (zie fig. 10 en 11). 't Is, alsof de mitochondrien met elkaar zijn versmolten, verkleefd om zoo'n dikkere massa te vormen.

Aan de émailgrens vallen niet alleen deze staafjesvormige, zwart gekleurde mitochondrien op, maar is er nog meer te zien. Soms ziet men hier heele strookjes donkerviolet tot zwart gekleurd weefsel, dat ons doet denken aan reeds afgewerkt émailweefsel. Bij nauwkeuriger toezien wisselen donkere en

lichtere strookjes weefsel elkaar af, waardoor zoo'n stukje veranderd prae-émailweefsel een streeperige structuur vertoont. 't Is, alsof deze donkere streepjes allemaal dunnere, smallere staafjes van die zwarte substantie zijn, waartusschen dan nog onveranderd weefsel doorschemert, zoodat 't geheel nog niet zulk een donkere kleur bezit als 't gevormde glazuur. (Zie fig. 18).

Als we nu de feiten, welke we hebben kunnen vaststellen omtrent de ligging — de plaatsing — de verhouding der mitochondrien in het weefsel, gelegen tusschen de capillaire bloedvaten aan den buitenkant en 't gevormde glazuur aan de binnenkant, nog eens samenvatten, dan blijkt, dat

1. de mitochondrien in 't periphere gedeelte van de cel van het stratum intermedium vlak aan het bloedvat zijn gelegen en daar zijn opgehoopt,
2. dat 't periphere deel der cellen leeg kan zijn, en de mitochondrien zich rondom de kern bevinden,
3. de korrels niet meer in ringformatie om den kern, doch er beneden worden aangetroffen,
4. de granula voorkomen in de plasmodesmen tusschen de cellen,
5. dat een continue rij van deze korrels van de eene cel naar de andere is te vervolgen,
6. dat ze in de ameloblasten worden aangetroffen zoowel in de top, in het middengedeelte als ook in het basale celgedeelte,
7. dat ze verder nog voorkomen als afzonderlijk liggende of op een rijtje gerangschikte granula, (welke zich in niets onderscheiden van die in de celelementen), en als brokken zwarte substantie in 't prae-émail.

Deze liggingen en verhoudingen der mitochondrien komen door 't geheele weefsel zóó regelmatig voor, dat 't wel zeer waarschijnlijk is, dat ze weergeven de verschillende stadia van actie der cellen in verband met de glazuurvorming.

Ook is 't, dunkt me, niet te gewaagd, te veronderstellen, dat er waarschijnlijk eene verplaatsing van mitochondrien gebeurt in het weefsel. De geheele schakel van mitochondrien met hier en daar knooppunten (opgehoopte mitochondrien) is te vervolgen vanaf de bloedvaten tot de grensscheiding van het afgewerkte émail. Te meer is dit nog waarschijnlijk, als we ons nog eens goed de drie vormen indenken, welke de mitochondrien aannemen in de plasmadesmen. Immers hier treffen wij staafjesvorm aan, die juist in de dunnere gedeelten van deze voorkomen. Er is a. h. w. geen ruimte voor het mitochondrion, om zijn bolvorm te behouden; hij vervormt zich naar de plaats, die voor hem ingeruimd wordt in het protoplasma. Zoodra er protoplasma genoeg is, waarin het voldoende plaats vindt, dan neemt het de granulaire vorm aan. Hiervan n.m., dat het mitochondrion zich vervormd naar de plaats, die voor hem disponibel is, zou als sprekend bewijs kunnen gelden de vorm van het „peertje". Deze peervorm doet zich altijd voor, zooals boven gezien, op de in- of uitmondingsplaats van een plasmodesme en ligt hierin altijd zoodanig, dat zijn kopgedeelte steekt in 't breedere uitloopende uitgangsdeel van het plasmodesme, het dunnere gedeelte gelegen is in 't plasmodsme zelf. Mochten we dan een verplaatsing der mitochondrien aannemen, dan zouden deze peervormige soorten kunnen voorstellen mitochondrien, die bezig zijn zich uit het gebied van 't plasmodesme te begeven, of ook, dat hij zich zoodanig vervormd om in 't plasmodesme over te gaan. Bovendien worden wij in onze meening gesterkt zoo'n beweging te veronderstellen, daar er in meerdere malen in de litteratuur sprake is, van eene verplaatsing van mitochondrien, en deze dan ook wel te mogen aannemen. Zoo constateerde Benda en von Brunn, dat de opbouw van de spiraaldraad bij de spermatogenese geschiedt ten koste van de mitochondrien. En ook bij de ontwikkeling van de staafjes en kegels van het

netvlies bij de Mammalia doet zich hetzelfde verschijnsel voor als bij de spermatogenese. Ook hier wordt het axiale filament, van centrosomischen oorsprong, van deze cellen omgeven door een mitochondriale substantie. (L e b o u c q).

Gefixeerde preparaten leveren natuurlijk volstrekt ontoereikende gegevens om een juist inzicht te krijgen, hoe precies de émailvorming plaats grijpt, maar toch dragen ze wel zooveel bij, dat met een zeer groote waarschijnlijkheid mag uitgesproken worden, dat we hier te doen hebben met een secretieproces.

Welke rol moeten we deze mitochondrien toedenken?

Uit een der vorige hoofdstukken is wel duidelijk geworden, dat er bij de tandontwikkeling wel rekening moet gehouden worden met de bloedvaten. Wat ze evenwel bij dit evolutieproces presteeren, hierover is tot nu nooit veel gezegd geworden. Misschien is dit wel te wijten aan het feit, dat het émailorgaan als bloedloos werd aangezien en dit orgaan alleen zou zorg dragen voor de levering van alle benoodigdheden, welke een tand voor zijn ontwikkeling vereischte.

Zeer typisch is 't wel op te merken, dat voor de vorming van émailweefsels nog meer noodig is dan een stratum intermedium en ameloblasten. Bij de Edentaten zagen we aan deze voorwaarden voldaan en toch is aan de tanden van deze dieren geen glazuur te ontdekken. Er moet dus nog wel een andere factor bijkomen. Een bepaalde prikkel uit de omgeving schijnt deze cellen in werking te moeten stellen. De vraag rijst: „Welke is dan deze factor?" Als tweede vraag dringt zich op: „Waar komt deze prikkelstof, dit agens vandaan?" Zeer opmerkelijk is 't, dat we bij de vorming der tanden bij de Edentaten geen bloedvatenontwikkeling zien tot in de omgeving der ameloblasten en wel bij die van het kalf.

Zouden wij aan het feit, dat juist, wanneer tot de émailafzetting zal overgegaan worden, de bloedvaten te midden van de

cellen van het stratum intermedium zijn gelegen, geen beteekenis mogen toekennen?

Zou 't niet kunnen zijn, dat de bloedvaten deze prikkelende stof voor de cellen aanvoeren om deze in functie te doen treden?

Niets ligt meer voor de hand dan deze veronderstelling. Immers er mogen wel prikkelstoffen, hormonen, afkomstig van verschillende bloedklieren als gl. thyreoidea, gl. parathyreoideae, thymus en ook wel hypophyse in het circuleerende bloed aangenomen worden, die hun invloed doen gelden op het ontstaan der gebitselementen, een resultaat, dat verkregen is door de talrijke onderzoekingen in deze richting door Biedl, Kranz, Erdheim, Ascoli en Lignani e. a.

De hormonen, producten van de bloedklieren, hebben de eigenschap verwijderde organen of celcomplexen in werking te stellen.

Welk aandeel ieder hormon nu heeft in de opbouw van de onderdeelen der tanden is nog niet bekend. Dit is ook wel moeilijk uit te maken, daar, naar de uitkomsten van Biedl de bloedklieren wel vicarieerend op elkaar ingesteld zijn b.v. de schildklier en de epiheellichaampjes.

Wat het verkalkingsproces betreft, schijnen deze epitheellichaampjes een grooten invloed uit te oefenen, ofschoon ze niet als eenige regulator bij dit proces mogen aangezien worden.

Aan de geopereerde dieren, waarbij alleen deze kliertjes zijn geextirpeerd, treden na eenigen tijd trophische stoornissen op als haaruitval, vermagering, cataract en de voor ons belangrijke dentitieafwijkingen, welke op een stoornis in de verkalking berusten, niet alleen van het glazuur, maar ook van de dentine, hetgeen is gebleken aan Erdheim uit zijne proeven met ratten, bij welke hij de epitheellichaampjes had weggenomen.

Ook moge de waarneming, door Fleischmann gedaan aan kinderen, die geleden hadden aan tetanie, een ziekte, waarbij

deze kliertjes door inwendige bloedingen minder goed functioneeren, pleiten voor een bepaalde werking dezer organen op het tandstelsel. Bij deze kinderen kon hij hypoplasien van het glazuur aantoonen.

Na extirpatie van een der andere genoemde organen blijkt het ook, dat dit niet zonder nadeel voor het gebit kan geschieden.

Allerlei afwijkingen kunnen dan geconstateerd worden als verlating van het doorbrekingsproces, irregulaire stand der gebitselementen, hypolasien, onvoldoende verkalking der tandweefsels, algeheele verkleining der tanden en kiezen enz.

Zoo is het ons aannemelijk gemaakt een in het bloed circuleerende prikkelstof te veronderstellen.

Nu de waarnemingen, gedaan aan de mitochondriale structuren in de glazuurvormende cellen, mij er toe gebracht hebben mij uit te spreken ten gunste van de secretietheorie, stel ik mij vervolgens de vraag: „Wat stellen die mitochondrien dan voor, waar komen ze vandaan, welke is hun rol, welke hunne beteekenis in deze belangrijke vegetatieve functie dezer cellen?"

Richten we onze aandacht nu nog eens op de formatie's in het stratum intermedium en de ameloblasten, dan geven deze in hunne basale gedeelten niets van de beelden, welke door de andere onderzoekers in de door hen onderzochte secretiecellen zijn gevonden en geteekend, te zien.

De structureele beelden der mitochondrien komen in 't geheel niet overeen met die, welke in andere secretiecellen zijn aangetoond. Er openbaren zich nog al wat verschillen. De chondriocontenvorm komt b.v. heelemaal niet voor.

Wel de „chaînettes des petits grains", maar dan toch weer met dit onderscheid, dat van een gemeenschappelijke matrix, waaruit de granula ontstaan door zich hiervan los te maken 't zij door uitscheiding, 't zij door afscheiding, niets te zien is.

Ook van basale filamenten of ergastoplasmatische formatie's is niets te bekennen.

Toch mag 't proces m.i. wat zich in deze cellen afspeelt, wel beschouwd worden als een secretieproces, als we al de beelden, in een reeks samengevoegd, in onze gedachte als de uitdrukking van een opeenvolgend proces ons voorstellen.

Overal door 't geheele secretoire weefsel zijn de granulaire formatie's rond en gelijkmatig groot.

Van eenige compacte matrix, zooals in andere secretiecellen zoo herhaaldelijk is gezien, heb ik niets kunnen bemerken.

Dat deze mijne negatieve fondsen zouden te wijten zijn aan een minder goede fixatie van het weefsel, laat zich haast niet denken. Op de meest verfijnde wijze zijn al de andere vormelementen zuiver uitgedifferentieerd.

Nog een andere overeenkomst is op te merken en wel in de eindphase van het proces. Evenals bij de andere secretiecellen worden de korrels tenslotte aan het einde van het secretieproces opgehoopt aan den terminalen kant der cel om daarna uitgescheiden te worden. Van een achterblijven van eenig substraat, waarover Regaud en Mawas berichten, kan hier geen sprake zijn, omdat in mijne preparaten niets van eenig substraat is te bemerken, waardoor of waaruit deze granula zouden voortgekomen zijn. De cellen verliezen totaal deze granulaire substantie's, niets blijft er in de cel achter.

De moeilijkheid, welke opkomt door de vraag, hoe de granula, de secreetkorrels, ontstaan, meen ik door de volgende plausibele voorstelling van de gang van zaken te hebben overwonnen. Er mag aangenomen worden, dat er een prikkelstof, een hormon, in de bloedvaten aanwezig is, welke specifiek op de glazuurvormende weefselcellen werkt.

Verder hebben we gezien, dat door het geheel werkende weefsel de granula regelmatig rond van vorm zijn gelijk donkere stippen.

Overal liggen ze in verschillende verbandstructuren verbreid in het cytoplasma, niet alleen van de ameloblasten, maar ook van de cellen van het stratum intermedium. Geen grond heb ik gevonden hun oorsprong aan te wijzen in de ameloblasten, wel meen ik dit te mogen aannemen in het cytoplasma der andere cellen.

Ik meen, zooals uit het voorgaande hoofdstuk blijkt, de conclusie te mogen trekken, dat de granula zich van den kant van de capillairen in de richting van het afgewerkte émail verplaatsen. 't Ligt dan wel voor de hand de bron dezer granula daar ter plaatse n.m. in de buurt der bloedvaten te zoeken.

En werkelijk is er meer dan een reden, de plaats van hun ontstaan hier in het cytoplasma te duiden.

Hier in het cytoplasma treden de granula bij hoopen te voorschijn. Ze liggen in de onmiddellijke nabijheid van de bloedvaten. Hier schijnt de stoot van reactie's aanwezig te zijn, welke leidt tot 't ontstaan van deze granulaire formatie's. Als oorzaak mag dan wel aangezien worden het prikkelende, in het bloed circuleerende hormon.

Door deze prikkel van buiten verandert het cytoplasma der cellen zijne chemische samenstelling, wat een optreden der granula ten gevolge heeft, hier in mijne preparaten voorstellend het substraat, waaraan de kalkstoffen gebonden worden, daar deze laatste door ontkalking aan de weefsels onttrokken zijn.

De granula, eenmaal afgescheiden, begeven zich door het cytoplasma van het werkende weefsel naar de kant van het émail om daar tot diens opbouw bij te dragen door impregnatie van de vlak er tegen aan liggende grondsubstantie. Ze mogen beschouwd worden als cellulair ontstane korrels, waarvan het ontstaan gebonden is aan een bepaalde activiteit van de cel.

Met deze voorstelling van het verloop van het proces, wordt ons nu de lamellaire opbouw van het glazuur ook duidelijk.

Uit de lamellaire bouw spreekt een zekere periodiciteit van het proces.

Twee mogelijkheden doen zich voor om deze periodiciteit te verklaren:

I. Of 't hormon wordt periodiek in de bloedbaan uitgestort en doet daardoor ook periodiek zijn invloed gelden.

II. Of de periodiciteit moet gezocht worden in het cytoplasma der cellen zelve.

Het ingewikkelde probleem, waarvoor ons de bestudeering van de werking der verschillende bloedklieren stelt, is nog niet voor zoover uitgeplozen, dat een juiste voorstelling is kunnen verkregen worden, op welke manier hunne producten in de bloedbaan geraken en zoo ook niet, of dit bij voortduring of periodisch gebeurt.

Is de oorzaak in het cytoplasma gelegen, dan kan men zich dit zeer plausibel maken.

Ik kan me voorstellen, dat dit cytoplasma onder de invloed van zoo'n prikkel tot activiteit gedwongen, niet direct weer prikkelbaar is, niet oogenblikkelijk weer van zoodanige chemische samenstelling is, dat het vatbaar is voor de in het bloed stroomende prikkelstof.

Er bestaat een periodiciteit voor de ontvankelijkheid der prikkels. De émailsubstantie, morphologisch aangeduid in de granula, wordt tengevolge hiervan periodiek afgezet in lagen — in lamellen, 't geen overeenkomt met de door mij in fig. 13 geteekende structuur van 't reeds afgewerkte émail.

Na de voltooiïng van zoo'n eerste lamel wordt na een zekere tijd de tweede er tegen aan gevleid, beginnend van bovenaf, vanaf de bovenste kegelpunt tot aan de basis van den op dat oogenblik aanwezige tandvorm.

Dit alles is ook af te lezen uit de preparaten, uit de ligging der granula. De cellen van het werkende weefsel reageeren

groepsgewijs, zooals we gezien hebben, dat bij een zoodanige afzetting der lamellen te verwachten is en verder hebben we opgemerkt, dat de granula in de cellen ook in de meest verschillende opeenvolgende plaatsen worden aangetroffen. Ze worden gevormd in het cytoplasma, grenzend aan de bloedvaten.

Bovenstaande voorstelling van de wijze, waarop het glazuur gevormd wordt, is, dunkt me, wel gerechtvaardigd, doordat deze steun vindt niet alleen bij de morphologische gegevens, maar ook door haar te toetsen aan de physiologische uitkomsten.

HOOFDSTUK VI.

DE TANDPAPIL.

De tandpapil, waarvan de ontwikkeling nog maar even aangeroerd is bij de bespreking van het émailorgaan, is wel de voornaamste component, waaruit de tandkiem bestaat.

Embryonale cellen, waarvan er enkele, zooals we later zullen zien, een meer speciale rol zullen vervullen, bloedvaten en zenuwen maken dit interessante weefsel uit.

Gedurende de tandontwikkeling speelt ze een volkomen actieve rol. Ze drijft het émailpulpaweefsel voor zich uit om als einddoel, wat haar vorm betreft, de gietvorm, de kern, te leveren, waaromheen het glazuur zich kan formeeren.

Wanneer er van een tand gesproken wordt, doet de aanwezigheid van glazuur minder ter zake. 't Is immers wel bekend, dat er dieren zijn, die geen glazuur fabriceeren, waarbij men toch spreekt van tanden.

Nadat het émailorgaan tot een kolfvormige gedaante is uitgegroeid en midden in het mesodermale weefsel is komen te liggen, reageert dit weefsel op dit indringen met een niet onbelangrijke vermeerdering van zijn elementen aan de basis van dit in de diepte groeiend orgaan.

Het mesodermale weefsel, dat onder en om de binnendringende epidermale kiem is gelegen, gelijkt op een nestje, waarin het kolfvormige orgaan een welbeschutte plaats vindt.

De mesenchymcellen hier ter plaatse ondergaan eenige

veranderingen, niet alleen, dat ze, wat hun aantal aangaat, in veel grootere getale voorkomen, 't geen in de preparaten 't best is af te lezen aan de zeer dicht opeengedrongen kernelementen, maar ook, dat ze van ligging veranderen; van spherische, mesoblastische cellen met ronde, worden ze tot spoelvormige met fusiforme kernen.

Vanaf 't begin van zijn ontstaan is de tandpapil van bloedvaten voorzien. Overal tusschen de cellen duiken de capillairtjes op. Op overvloedige wijze wordt dit weefsel van bloed verzorgd. Hier en daar is een bloedvat in de lengte getroffen, zoodat dit over een grootere afstand te vervolgen is als een kanaaltje, waarin de onafscheidelijke bloedlichaampjes het verloop nog duidelijker doen uitkomen (zie fig. 5).

Bij verdere groei èn van het émailorgaan èn van de tandpapil komt er een vorm van de tandkiem voor den dag, waaruit blijkt, dat de beide weefsels in elkaar zijn gegroeid. De tandpapil heeft het émailorgaan ingedeukt, tengevolge waarvan de in een der voorgaande hoofdstukken beschreven drukverschijnselen te voorschijn treden. Als een kap is het émailorgaan over de tandpapil gelegen.

Op dit stadium heeft zich nog niets speciaals voorgedaan. De mesodermale cellen liggen nog evenals te voren in een wirwar door elkaar heen. 't Eenige, wat de aandacht trekt, zijn de bloedvaten. Terwijl de tandpapil in ontwikkeling voortschrijdt van het kolfvormige tot het kapvormige stadium, volgen de bloedvaten de groei van dit papillaire weefsel op den voet.

In het kapvormige stadium heeft het bloedvatenstelsel het aanzien van een boom. De wortels vinden hun grond in het aan de basis van de tandpapil gelegen mesodermale weefsel.

Van hieruit rijst de stam van den boom op en houdt zich in het midden van de tandpapil. Het grootste bloedvat stelt dan de opgaande stam voor; deze heeft verscheidene zijtakjes en

deze vervolgens dwarstakjes. Alles in zijn geheel genomen stelt een bladerlooze boom voor.

't Is wel opmerkingswaardig, dat op dit stadium de capillairen nog niet tot de peripherie van het papillaire weefsel reiken. Meer naar de top worden de capillairen wel is waar iets verder naar de peripherie aangetroffen, maar toch liggen ze nog lang niet in de onmiddellijke nabijheid van de buitenste cellen van de pulpa. Over een breedte van nog wel vijf of zes rijen pulpacellen zijn ze van de buitengrens verwijderd.

We zullen zien, dat van de ligging van de bloedvaten zeer veel afhangt. Ook hier schijnen de bloedvaten, zooals we ook in 't voorgaande bij de glazuurformatie hebben gemerkt, een groote rol te spelen. Terwijl de tandpapil meer en meer de kolfvorm gaat verlaten, daarna de kegelvorm gaat aannemen om vervolgens het tijdstip te bereiken, waarop de eerste aanleg van tandbeen, dat in zijn typische vorm als einduitkomst van de werkende tandpapil resulteert, mag verwacht worden, dringen de bloedvaten inmiddels vanuit het centrum meer en meer naar de peripherie, zoodat ze vlak onder de latere odontoblasten komen te liggen.

Dit is nu niet toevallig, dat deze capillairen op dit moment juist tot aan de odontoblasten reiken. Ook aan dit feit, even zoo goed als dit 't geval was bij de ameloblasten, moet een bepaalde beteekenis toegekend worden.

Wanneer we eens een jong stadium ter bestudeering onder het microscoop leggen, waarop nog niets definitiefs als effect van de groeiende tandpapil is uitgediffenrentieerd, ligt alles nog kris en kras door elkaar heen. 't Meest wordt de aandacht getrokken naar het periphere deel, de plaats, waar later de dentine zal worden neergevleid. Deze periphere strook maakte altijd weer 't voorwerp uit van onderzoek. Hoofdzakelijk ging 't er om uit te maken, hoe precies de genese van de tandbeen-

grondsubstantie was. Hier is de zone, waar 't heftigst gestreden is, daar evenals over het ontstaan van het émailweefsel ook over dat van het tandbeen groote meeningsverschillen heerschen.

Al naarmate de microscopische techniek op hooger peil kwam te staan, des te beter konden de cellen en hunne functie's bestudeerd worden. Hieraan is 't ook te wijten, dat er aangaande de genese van de dentine verschillende opvattingen ingang hebben gevonden. Vooral komt hierbij naar voren de functie der odontoblasten. Volgens sommigen hebben ze heelemaal niets met de wording van deze grondsubstantie te maken, hebben ze part noch deel hieraan; naar de meening van anderen zijn ze juist de cellen, waaruit deze substantie zijn ontstaan dankt.

Zeer vele onderzoekers als v. Ebner, Disse, Waldeyer, Walkhoff aan de eene zijde, von Korff, Studnicka, Landois, Fischer en nog vele meer aan de andere kant, hebben zich met de genese van dit interressante weefsel bezig gehouden.

Niet 't minst treden de punten, waarover v. Ebner en v. Korff zoozeer verschillen, bij de bestudeering van de litteratuur hieromtrent, naar voren.

De hoofdpunten van verschil mogen hier in 't kort vermeld worden. Daarna stel ik me voor over te gaan tot de weergave van mijne eigen waarnemingen en vondsten, gedaan aan de door mij gemaakte preparaten.

v. Ebner's meening is dan, dat de odontoblasten en deze cellen ook maar alleen, de grondsubstantie voor de dentine leveren. Deze grondsubstantie is in zijn eerste aanleg volkomen homogeen, doch later gaan zich fibrillen afteekenen.

Dat hij er zoo over denkt, moge blijken uit de beschrijving van dit proces der odontoblasten, welke hij geeft in Scheff's Handbuch der Zahnheilkunde: „Die äusseren protoplasmati-„schen Enden der Elfenbeinzellen wandeln sich zunächst in

„eine fast homogen aussehende Masse um, welche mit der von „den Nachbarzellen gelieferten, zu einer gemeinsamen mem- „branartigen Schicht zusammenflieszt. So entsteht eine ober- „flächliche, homogene, unverkalkte Zahnbeinanlage. Hierauf „geht die Umwandlung des Protoplasma der Elfenbeinzellen „so vor sich, dasz nur mehr die peripheren Teilen des „Protoplasma zu einer gleichweiszigen Grundsubstanz zu- „sammflieszen, während die zentralen Teile als Zahnfasern „beziehungsweise als Odontoblastenfortsätzze erhalten bleiben.

„Die aüsseren Enden der Odontoblasten und die zwischen „denselben gelegene Grundsubstanz wandeln sich in ein weiches „Praedentin und dieses in festen Praedentin um, dasz dan in „unverkalktes Zahnbein, charakterisiert durch die in ihm sich „differenzierenden, leimgebenden Fibrillen und durch dieses „endlich in verkalktes Zahnbein uebergeht."

De fibrillen nu, welke in de eenmaal afgezette dentine overal worden aangetroffen, ontstaan naar v. Ebner uit de door de odontoblasten geleverde grondsubstantie, welke hij praedentine noemt, zijn niet voorhanden, voordat deze praedentine aanwezig is. De fibrillen zijn secondaire formatie's.

Von Korff nu is 't heelemaal niet met v. Ebner eens. Hij aanvaardt niet de voorstelling van hem, bij wien zich Waldeyer, Disse en nog meer anderen aansluiten, dat de tandbeengrondsubstantie door de odontoblasten wordt afgezet, doch denkt, dat deze voortkomt uit fibrillen van de tandpulpa. Voor zijn onderzoek gebruikte hij ook embryo's van koeien. Dit vermeld ik even, omdat mijn materiaal afstamt van dezelfde dieren. 't Is evenwel op een andere manier behandeld en gekleurd. Volgens v. Korff dus zijn de fibrillen primair. De kern van de strijd is hierin gelegen,, of de dentineaanleg fibrillair is, ja dan neen.

Naar v. Korff loopen deze fibrillen in radiaire richting uit

de pulpa naar de tandoppervlakte. De odontoblasten hebben niets met de vorming van de tandbeengrondsubstantie te maken.

Hunne functie bestaat alleen hieruit, dat ze voedingskanaaltjes leveren voor de verkalkende en dikker wordende dentine, welke bij de zoogdieren niet van bloedvaten voorzien is.

't Zij mij veroorloofd, uit v. K o r f f 's eigen verhandeling (Archiv mikroskop. Anat. Bd. 67) 't volgende hieromtrent aan te halen: „Sie läufen (n.m. de bindweefselfibrillen van de „tandpulpa) in den inneren Abschnitten der Pulpa meist wellig „in allen möglichen Richtungen, nie zu Bündeln vereint, sondern „stets einzeln, wie v. E b n e r angibt. In diesem Gewirre von „äusserst feinen, zahlreichen Fibrillen ist es nicht möglich, „weder den Anfang noch das Ende einer Fibrille fest zu legen. „Diese vielleicht nur scheinbare Unordnung ihres bisherigen „intrapulpären Laufes hört in einen schmalen Randzone einwarts „von den sich entwickelnden und fertigen Elfenbeinzellen auf. „Hier greift eine systematische, aber nur an gut orientierten „Schnitten nachweisbare Anordnung platz, eine Anordnung „derart, dasz die Fibrillen in gestreckten Verlauf auf die ihnen „zunächst gelegenen Zwischenräume zwischen den sich differen- „zierenden oder schon differenzierten Elfenbeinzellen hinziehen, „wobei sie sich peripherwärts mit ihrer Längsachse immer „mehr senkrecht zur Oberfläche der Pulpa richten. Sie legen „sich mehr oder weniger dicht zum mehreren aneinander und „bilden so dickere Stränge von Fibrillen. In dieser Form ziehen „die Stränge dann einzeln oder zu mehreren aneinandergelegt „in die Zwischenräume zwischen den Elfenbeinzellen hinein „und liegen hier als ein System von teils mächtig entwickelten „interzellulären, kollagenen Strängen oder Fasern, als eine „zwischen den Elfenbeinzellen eingeschaltete, von allen bis- „herigen Autoren uebersehene und oft ausdrücklich als nicht „vorhanden bezeichnete Interzellularsubstanz. „Besonders dick

„zeigen sie sich zwischen den eben differenzierten Elfenbein-
„zellen, zu der Zeit, wo in der Zahnbeingrundsubstanz die
„ersten Spuren von Kalkablagerung sich zeigen. Ihr Lauf durch
„die Lücken zwischen den Elfenbeinzellen ist bald mehr, bald
„weniger stark geschlängelt, scheinbar korkzieherartig gewun-
„den. Während des geschlängelten Verlaufes der interzellu-
„lären, kollagenen Stränge ist ihre fibrilläre Struktur sehr
„schwer nachweisbar. Erst zwischen den peripheren Abschitten
„der Elfenbeinzellen findet eine ganz regelmäszigen Aufsplitte-
„rung der interzellulären, kollagenen Stränge statt, sodasz diese
„zunächst in eine konische, periphere Verbreiterung uebergehen,
„dann gegen die Oberfläche der vom Elfenbein eingenommenen
„Zone hin sich auf das deutlichste in mehrere divergierende,
„dickere Fasern auflösen, deren jede noch weiter in sehr
„zahlreiche feinste Fibrillen bis zur Grenze des Schmelzepithels
„hin ausstrählt. Diese Fibrillen sind die Fibrillen der Zahnbein-
„grundsubstanz. Sie stehen mit den Elfenbeinzellen in keinerlei
„genetischen Zusammenhang."

Radiair verloopende fibrillen heeft v. Ebner nooit gezien. Volgens hem loopen de eerste fibrillen direkt parallel aan de tandoppervlakte. Dit blijkt uit zijne volgende uitlating: „Der
„trügerische Eindruck kommt dadurch zustande, dasz die radiär
„sich verzweigenden Zahnkanählchen ziemlich dicht liegen und
„zwischen denselben verläufenden Brücken von Grundsubstanz
„und die schwächer brechenden, in der Farbe nicht differen-
„zierten Tomesschen Fasern, den Gesammteindruck einer
„Radiärfaserung der Grundsubstanz vortäuschen."

Von Korff daarentegen neemt aan, dat de dentine in zijn allereerste aanleg, nog voordat de periphere cellen zich gedifferentieerd hebben tot odontoblasten, al fibrillair is en dat de fibrillen van deze dentineaanleg met die van de tandpulpa in verband staan.

Deze zijne meening heeft hij neergeschreven in de volgende regels, aangehaald uit zijn geschrift: „Entgegnung auf die v. E b n e r sche Abhandlung". Ueber scheinbare und wirkliche Radiärfasern des Zahnbeines: „Die radiären Fasern der ersten „Dentinanlage sind aber von mir schon da bestimmt nach- „gewiesen worden, wo noch gar keine Elfenbeinzellen, also „auch noch keine Zahnbeinkanählchen entwickelt sind."

Uit bovenstaande kan wel afgeleid worden, dat ze zeer in ouderdom uiteenloopende stadia aan elkaar toetsen.

Ongetwijfeld heeft dit er toe bijgedragen, dat v. E b n e r en v. K o r f f 't niet eens zijn geworden.

Terwijl v. E b n e r zijne bewijzen tegen v. K o r f f sche theorie haalt uit een stadium, waarop al een zeer aanzienlijke laag tandbeen moet afgezet zijn, immers hij spreekt al van grondsubstantiebalkjes met daartusschen liggende tandbeen-kanaaltjes, gaat v. K o r f f hiertegenover waarnemingen stellen, welke hij aan een veel jonger stadium gedaan heeft, waarop de periphere cellen zich nog niet eens netjes op een rijtje hebben gesteld.

't Eerste dentinelaagje dan wordt volgens v. K o r f f door collagene fibrillen geleverd, welke van binnen uit de papil komend, aan de oppervlakte van deze een grenszoom of de z.g. „Fibrillaire pulpastreep" vormt.

Later, als er zich reeds een dikke laag tandbeen in de preparaten laat afteekenen en de odontoblasten met hunne plompe cylindervormige protoplasmalichamen a. h. w. een palissade de peripherie der tandpulpa afsluiten, dan ziet v. K o r f f zich de pulpafibrillen peripheerwaarts tot vlak bij de tandbeencellen vereenigen tot dikke bundels, welke hij tusschen deze door kan vervolgen tot in de praedentine, waar ze zich inmiddels weer opgelost hebben in fijnere, divergeerende fibrilletjes. (Zie zijne figuren in 't Archiv f. mikroskop. Anat. Bd. 67).

Direct valt v. Ebner over de bewering van v. Korff, dat de fibrillen in de eerste aanleg collageen zijn.

Op grond van de chemische en physische eigenschappen der embryonale pulpafibrillen (hij nam als onderzoekmateriaal hiervoor varkensembryo's) en ook de kleurreactie's, welke deze vertoonden, is hij tot de slotsom gekomen, dat zich geen lijmgevende fibrillen in dit weefsel bevinden.

Om nog eens op het radiaire verloop van de fibrillen terug te komen, heeft v. Ebner, zooals gezegd, hiervan niets gezien.

Volgens hem zijn het de grondsubstantiebalkjes tusschen de tandbeenkanaaltjes. 't Zijn „Trugfasern." (Zie zijne fig. 1 en 2 Anat. Anz. Bd. 34).

Wel heeft v. Ebner aan preparaten, gemaakt door Schlemmer op zijn laboratorium, v. Korffsche fibrillen gezien en ook wel, dat deze hier en daar te vervolgen waren als een zwarte streep tot in het onverkalkte tandbeen, doch niet tot het buitenste verkalkte deel. Ook dit feit heeft v. Ebner er niet toe kunnen brengen de v. Korffsche vezels eenige beteekenis toe te kennen bij de tandbeengrondsubstantievorming.

Walkhoff en Röse hebben ook wel fibrillen tusschen de odontoblasten opgemerkt. Ze hielden ze eerst voor zenuwen, maar later sloten ze zich bij v. Ebner aan.

Bij de contrôle van tangentiale doorsneden echter kon von Ebner geen bevestiging van zijne waarneming krijgen.

Voor zoover 't zijne preparaten betreft wil v. Ebner het voorkomen van v. Korffsche vezels wijten aan scheve doorsneden.

Aan tanden van het kalfsembryo hebben v. Ebner en Schlemmer ook wel tusschen de odontoblasten overal goed gekleurde, als spirillen uitziende draden opgemerkt (zijn randfibrillen), welke zijdelings heel fijne draadjes afgeven. Vooral op dwarse doorsneden zijn deze fibrillen zeer duidelijk te onder-

scheiden, waarvan fig. 5 in de Anat. Anz. Bd. 34 een goed beeld geeft. Als zwarte punten (het preparaat is met zilver geïmpregneerd) zijn ze tusschen de odonblasten duidelijk aangegeven.

Verder heeft v. Ebner aan tanden van varkens en ook aan die van andere dieren kunnen vaststellen, dat bij de ontwikkeling van het typische, regulaire tandbeen zeer zelden de v. Korff sche vezels voorkomen, als de dikte van het tandbeen 40 μ is geworden en dat ze geheel en al verdwijnen, als deze de afmeting van 80 μ heeft bereikt. Als een verder bezwaar brengt v. Ebner naar voren, dat bij het varken bij de wortelvorming de v. Korff sche vezels ook in de vroegere stadia ontbreken kunnen. Hiermee stemt Studnîcka, een aanhanger van de v. Korff sche theorie, volkomen in, wanneer hij zegt op pag. 224 Anat. Anz. BD 30: „Wie ich mich an „zahlreichen Preparaten der Zähne von Mus, Equus, „Felis, Bos ueberzeugen könnte, kommen wirkliche v. „Korff'sche Fasern nur in den ersten Stadien der Dentil„bildung und am Rande des wachsenden Zahnscherbchens vor. „Sobald das Dentin dicker wird, sieht man an seinen unteren „Fläche nur vereinzelte Fasern und später, in wachsenden „Zähnen kronenwärts verschwinden auch solche."

Deze waarnemingen hebben v. Ebner niet kunnen brengen tot de meening, dat de tot 1 μ dikke v. Korff sche fibrillen voor de typische tandbeenvorming van eenig werkelijk belang zijn.

Hoewel de verdeeldheid tusschen beide partijen nog bestaat hoe nu wel de genese van dit merkwaardige weefsel plaats heeft, schijnt 't toch wel, dat in de laatste jaren v. Korff in 't gelijk gesteld wordt met zijne opvatting, daar voor zijne voorstelling plaats gemaakt is in de meest moderne tandheelkundige werken.

Terwijl beide onderzoekers zich op zijlijnen begeven om door détailgegevens hunne bewijzen voor ieders opvatting te zoeken en tegen elkaar in 't veld te voeren, leidt de hoofdlijn naar de kern van den strijd en wel naar de oplossing van de vraag: „Is het tandbeen homogeen of fibrillair in aanleg?

Dit belangrijke punt van verschil heeft mij er toe aangezet gegevens omtrent de wording van dit merkwaardige weefsel uit mijne preparaten te verzamelen, waaruit zich een goede voorstelling misschien zou kunnen destilleeren.

't Is wel te begrijpen, dat over dit principiëele verschil een levendige pennestrijd is gevoerd tusschen de verschillende ondrzoekers. Ieder zocht voor zijne opvatting bewijzen aan te voeren.

Bij de bestudeering van de histologische verhouding der periphere celelementen ten opzichte van de buitenste pulpagrens, heb ik zoo lang in mijne preparaten gezocht, dat ik een coupe (of een gedeelte van een coupe; 't is immers zoo moeilijk bij een tand alles eencellig dik in één vlak te treffen, dat loodrecht op de tandpulpaoppervlakte staat), vond, waarin een rij periphere cellen is geraakt. (Zie fig. 19).

In deze figuur zijn drie van deze cellen geteekend. De lijn onderaan in de teekenenig, stelt de uiterste grens van de tandpulpa voor. De vrij groote kern is door een nog vrij groot protoplasmatisch lichaam omgeven. Bekijken we dit klompje protoplasma goed, dan merken we, dat dit niet rond van grenzen is, doch een zeer grillige rand bezit. Het gaat over in plasmodesmen, in filamentjes, welke tot aan de grenslijn te vervolgen zijn.

Aan een cel zijn er talrijke van deze te tellen, die peripheerwaarts van de kern zijn gelegen. Ze loopen niet radiair, maar maken allerlei wendingen, waarvan het eindpunt altijd valt in deze grenslijn.

Dicht aan 't eigenlijke protoplasmatische lichaam zijn deze

protoplasmauitloopers, plasmodesmen, nogal vrij dik. Ze kunnen heelemaal in hun verloop nagegaan worden. Zij worden dunner en dunner, totdat ze zich gaan oplossen in zeer fijne uitloopertjes, welks als kleine, dunne vliegepootjes a.h.w. verkleefd zijn met de uiterste grensscheiding. Onder deze talrijke uitloopers bevinden zich er natuurlijk ook ,die radiair op de tandpulpaoppervlakte zijn gesteld en wel zoovele, dat de periphere zoom bij kleine vergrooting den indruk maakt uit radiaire fibrillen te bestaan.

De plasmodesmen aan de andere zij, pulpawaarts, zijn lang zoo vele niet in getal. Hier gaan ze over, hangen ze samen met die van de naastbijgelegen gewone pulpacellen.

Nergens heb ik kunnen bemerken, dat er zich zoo'n plasmodesme van een meer naar binnen gelegen cel tusschen de protoplasmalichamen van de periphere door begaf naar de grenslijn.

Door al deze protoplasmatische, filamenteuze uitloopers krijgt de randzoom een fibrillair uiterlijk. Bij groote vergrooting evenwel bestaat deze z.g. „pulpastreep" niet heelemaal uit radiaire fibrillen, zooals v. Korff meedeelt. Mag 't toch zoo zijn, dat er zich een tusschen de cellen door begeeft, dan is deze fibril terug te voeren naar een punt van afkomst, welke gelegen is in een protoplasmatisch lichaam van een dieper gelegen cel. Dat deze in 't preparaat te zien is, kan geweten worden aan de snede, waardoor deze dieper gelegen odontoblast nog juist getroffen is.

Terwijl we een stadium voor ons hebben, waarop de periphere cellen zich nog niet tot odontoblasten hebben ontwikkeld of er zelfs nog maar eenige aanstalten voor gemaakt hebben, heeft v. Korff in deze phase niet alleen radiaire vezels gezien, maar ook al de eerste aanleg, van dentinegrondsubstantie, welke zich juist kenmerkt door deze fibrillen.

Dit moge blijken uit de reeds boven aangehaalde zinsnede van dezen auteur. „Die radiären Fasern der ersten Dentilanlage „sind aber von mir schon da bestimmt nachgewiesen worden, „wo noch gar keine Elfenbeinzellen, also auch noch gar keine „Zahnbeinkanählchen entwickelt sind."

Na deze uitlating doet zich met recht de vraag voor: „Is „er op dit stadium, waarin nog geen sprake is van een differen- „tieering van de periphere pulpacellen, dus terwijl er nog geen „odontoblasten aanwezig zijn, al iets van een aanleg van de „tandbeengrondsubstantie te zien?"

Ik meen dit ontkennend te mogen beantwoorden. In geen enkele mijner preparaten is er op dit ouderdomsstadium eenig teeken te ontdekken, welke wijst op eenige activiteit.

Alles blijkt nog in rust te verkeeren 't geen af te leiden is uit het feit, dat er geen enkele verandering heeft plaats gevonden bij de vergelijking met voorgaande, jongere stadia, waarop met alle zekerheid een aanleg van dentine kan uitgesloten worden.

Ook komt 't niet overeen met de tallooze waarnemingen, welke door andere onderzoekers gedaan zijn. Door hen wordt nooit gerept over de aanwezigheid van eenig tandbeen of tandbeen-grondsubstantie, alvorens de periphere cellen zich gaan richten, zich op een rij hebben gesteld, zich omvormend tot odontoblasten. Deze verschijnselen aan te zien als teeken van eerste functie van het tandpulpaweefsel kan ik mij volkomen vereenigen. Van het bestaan van een grondsubstantie is er nergens nog iets bepaalds te zien. Alles lijkt nog rustig; geen enkel zichtbare verandering, behalve dan, dat de tandpulpa in zijn geheel grooter is geworden, is er opgetreden, welke wijst op een specifieke werking van de randzone der tandpapil.

Ofschoon ik met v. Korff overeenstem, dat de uiterste randzone der tandpapil fibrillair is, kan ik toch niet nalaten op een groot verschil te wijzen. Vergelijken we de teekening van

v. Korff, weergegeven in 't „Archiv. f. mikrosp. Anat. Bd LXVII", op tafel 1 fig. 2, met die van mij, dan valt direct een groote afwijking in 't oog. Von Korff teekent de periphere cellen zonder eenig protoplasma, terwijl deze, zooals uit mijne figuur blijkt, zelfs vrij groote protoplasmatische lichamen bezitten.

M.i. mag v. Korff uit deze teekening geen enkel bewijs halen voor zijn theorie, omdat deze niet de juiste histologische bouw van dit tandgedeelte weergeeft.

Nu v. Korff deze protoplasmatische lichamen niet gezien heeft, (anders had hij hen wel geteekend), zijn er twee mogelijkheden bij de interpretatie van deze beelden, of de protoplasmatische uitloopers der periphere cellen, zich voordoende als fibrillen, die de periphere zoom een fibrillair aanzien geven, zijn identisch met de fibrillen van v. Korff of er moeten zich twee soorten fibrillen in deze periphere zoom voordoen, de eene soort, afstammend van de protoplasmatische lichamen der uiterste pulpacellen, de andere soort, voortkomend uit de weefselelementen van de tandpulpa zelve, zooals v. Korff aanneemt.

't Wil mij evenwel voorkomen, dat dit laatste niet aangenomen kan worden, omdat in geen mijner preparaten een fibril is te zien, die tusschen de cellen doorloopt en is dit wel 't geval, dan is 't te wijten aan een scheeve doorsnede. En ligt 'm de oorzaak in de wijze van kleuring, dat in mijne preparaten de fibrillen welke v. Korff heeft geteekend en aanziet als een steun voor zijne theorie, onzichtbaar zijn gebleven, dan kleeft aan de methode van v. Korff de fout, dat hierdoor de protoplasmatische verhoudingen der cellen niet voor den dag zijn getreden. Ik meen dan ook, dat de fibrillen van v. Korff identiek zijn met de door mij geteekende, dunne, in fibrillen overgaande protoplasmatische uitloopers der odontoblasten.

Ook ik heb dus, evenals v. Korff gezien, dat de randzone

fibrillair is, doch in 't verloop en de genese van deze fibrillen meen ik met hem van meenig te moeten verschillen.

Het fibrillaire aanzien is te wijten aan de aanwezigheid van peripheerwaarts loopende plasmodesmen der buitenste cellen.

Op deze ontwikkelingsphase der tandpapil volgt er eene, waarop de gestalte der periphere cellen een geheele verandering ondergaat, samenhangend met hun overgang in de specifieke odontoblasten. Deze ommekeer schijnt wel af te hangen van het gedrag der bloedvaten. Deze zien we zich nu niet meer zoo angstvallig aan het centrum van de tandpapil houden, maar zijn nu tot de regionen der periphere cellen doorgedrongen. Als uiting van hunne werking, die ze laten gelden op deze buitenste cellen, zien we deze groote plasmatische lichamen vormen, 't teeken der specificatie van deze tot odontoblasten.

't Allereerst aan de top bereiken de capillairen de peripherie. Ook hier is 't, dat de odontoblasten zich 't eerste afteekenen. Dat dit op hetzelfde tijdstip wordt waargenomen, behoeft ons niet te verwonderen, daar 't eene uit 't andere voortkomt.

Het voortdringen der bloedvaten hangt ten nauwste samen met het functioneel optreden der odontoblasten, een feit, dat zijn herhaling vindt bij de ameloblasten, zooals we gezien hebben.

Evenals bij deze cellen lokt ook hier de aanwezigheid der bloedvaten in de buurt van de odontoblasten uit, dat deze hunne werking ontplooien.

Hebben de odontoblasten hun volledige wasdom bereikt, dan hebben ze zeer groote protoplasmatische lichamen gekregen en liggen ze netjes op een rij gerangschikt. De capillairen reiken tot vlak aan de tandbeencellen.

Zijn de odontoblasten tot volwassene cellen uitgegroeid, dan omzoomen ze de peripherie der tandpapil als een palissade van groote, langwerpige vierkante blokken protoplasma.

In de Flemming-Benda'sche preparaten, waarin de cellichamen nogal wat geschrompeld zijn, zoodat de plompe protoplasmalichamen eenige ruimte tusschen zich laten, waardoor 't mogelijk zou zijn de fibrillenbundels van v. Korff beter te kunnen onderscheiden, ziet men niets van een dergelijke formatie.

De vrijgeworden ruimte is totaal leeg; niets is er van een fibril of bundel te ontdekken.

Bij verder doorzoeken mijner preparaten heb ik verscheidene aan een onderzoek op de v. Korff sche vezels moeten onderwerpen, voor ik er een vond, waarin deze fibrillen met alle zekerheid te zien waren. In dit preparaat valt direct op, dat de zone, waarin ze te zien zijn en waar ter plaatse nog slechts een zeer dun laagje tandbeen is afgezet, schuin getroffen is. Hier wordt de ruimte tusschen twee odontoblasten door uitloopers, die op de bundels van v. Korff gelijken, ingenomen. Niet regelmatig doen ze zich tusschen de tandbeencellen voor, doch hier en daar loopen er ook enkele schuin over deze cellen heen.

In 't meest naar de tandbasis gelegen gedeelte, waar nog maar eventjes de afzetting van tandbeengrondsubstantie is begonnen, zijn de odontoblasten schuin getroffen en doen zich bij 't op en neer brengen van de tubus van het microscoop meerdere celkernen voor, welke van binnen naar buiten op elkaar volgen, ten teeken, dat de laag weefsel hier schuin is aangesneden. Het cellichaam zelve is van de meest verschillende gedaante en vorm; 't lijkt, alsof ze langer en smaller zijn, uitgerekt, ja zelfs zoo gering van breedte, dat ze niet veel op een cel blijven gelijken. Er blijft niets meer over van het cellichaam dan een lintvormige band. 't Periphere uiteinde lijkt wel uitgerafeld te zijn tot dunne fibrilletjes. Deze banden of linten zijn als duidelijke overblijfselen van de tandbeencellen in het

preparaat te onderkennen. Wordt 't preparaat iets verschoven, zoodat een hooger gelegen deel onder het oog komt, dan blijven deze lintvormige banden en bandjes nog wel best te onderscheiden, doch een nog meer naar de top gelegen zone vertoont deze linten niet meer. Slechts over een geringe afstand zijn deze breedbandige filamenten aanwezig; verderop worden ze schaarscher en schaarscher, totdat ze daar, waar de odontoblasten weer in hun volle lengte getroffen zijn, geheel en al zijn verdwenen, wat een steun is voor de opvatting, dat ze producten zyn ten gevolge van de schuine aansnijding der celelementen. (Zie fig. 20).

Nu rijst de vraag: „Zijn dit wel de v. K o r f f sche vezels?" Me dunkt van wel, want hunne ligging en dikte, hunne inplanting op het tandbeen is zoo karakteristiek, en overeenkomend met wat v. K o r f f van zijne fibrillenbundels beschrijft, dat ik geen oogenblik getwijfeld heb, hen hiervoor te houden. En typisch is 't, dat ook hier tusschen de cellen hun fibrillaire structuur niet is aan te toonen.

't Wil mij voorkomen, dat deze lange weefsellinten, waarvan de structuur precies op dat van het celprotoplasma gelijkt, dezelfde zijn als de v. K o r f f sche vezels. Ook hierin wordt ik nog gesterkt door de mededeeling van v. K o r f f zelve, dat 't zeer moeilijk is de fibrillaire stuctuur van zijne bundels gedurende hun verloop tusschen de odontoblasten vast te stellen. Immers dit is ook wel te verwachten, daar deze bundels verklaard kunnen worden voor strengvormige banden van cytoplasmatische stof.

Aan den eenen kant zijn ze nog met het tandbeen verbonden, terwijl ze aan den anderen kant zijn afgescheurd en hun verband missen. Verderop naar de top van de tand zijn ze niet meer te bekennen, waar de laag tandbeen al een aanzienlijke dikte heeft bereikt. Zouden ze ook hier niet gevonden moeten worden,

daar toch de wijze waarop de tandbeengrondsubstantie ontstaat wel steeds dezelfde zal zijn? Juist nu, dat dit niet 't geval is en ook, dat ze zoo te hooi en te gras zich voordoen, bij de regelmatige tandbeenvorming, heeft v. Ebner, aan wiens zijde ik mij op grond van mijne bevindingen schaar, er niet toe kunnen brengen zijne eenmaal verworven voorstelling omtrent dit proces los te laten.

Wel heb ik dus eenige v. Korff sche vezels gezien, doch deze komen zoo onregelmatig en in zoo'n klein aantal voor, dat ze naar mijne meening niet in betrekking kunnen staan tot de vorming der tandbeengrondsubstantie.

In de Regaud sche preparaten liggen de tandbeencellen overal met hunne lichamen vlak tegen elkaar en ook al laten ze eenige ruimte tusschen zich vrij, is er tusschen hen geen enkele fibril te ontdekken, althans niet in doorsneden, die zuiver de odontoblasten in hunne lengte treffen. Worden ze daarentegen scheef getroffen, dan wil 't voorkomen, dat een uitlooper van een dieper gelegen cel de indruk geeft, als of zich tusschen de odontoblasten, die meer oppervlakkig in het preparaat zich bevinden, een dikke fibril doorloopt.

De figuren, door v. Korff geteekend, zijn wel voor een andere uitlegging vatbaar. Stellen we ons eens voor, dat, zooals v. Ebner ook zegt en wiens opvatting ook ik huldig, dat de verkregen beelden aan scheeve doorsneden zijn te wijten, dan is 't hierbij mogelijk, dat de periphere-zoom meer naar binnen in 't preparaat komt te liggen. De divergeerende, dunne fibrillen, welke v. Korff hier ter plaatse afbeeldt, zijn aan te zien als de in verschillende richting uitloopende filamentjes, waartoe zich de dikke plasmodesmen der odontoblasten naar de peripherie verdunnen.

Nadat ik aan de hand van mijne preparaten niet tot de overtuiging kon geraken, dat de v. Korff sche opvatting de

de juiste is n.m. dat de tandbeengrondsubstantie fibrillair wordt aangelegd, heb ik mijne aandacht verder gewijd aan de bestudeering van de odontoblasten en aan de vraag welke hunne verhouding is tot deze merkwaardige substantie.

De andere voorstelilng van het ontstaan der tandbeengrondsubstantie n.m. dat de periphere deelen der odontoblasten zouden overgaan in de praedentinemassa, is ook zoo maar niet te aanvaarden. Immers, zooals v. Koelliker ook terecht heeft opgemerkt is en blijft hierbij als hinderpaal, dat ook niet dat deel, wat de Tomessche vezel representeert, evengoed als het andere gedeelte van de cel, daar immers beide protoplasmatisch zijn, de verandering ondergaat. Waarom gaat deze ook niet over in praedentine?

Dit is een hinderpaal voor de vlotte aanvaarding van de odontoblastentheorie.

Nu de Tomessche vezel een belangrijke rol speelt en de bekende theorie in den weg staat, ben ik dan ook begonnen met de bestudeering van de bouw van deze protoplasmatische uitlooper. De Tomessche vezel, welke altijd afgebeeld wordt als protoplasmatische uitlooper van een *geisoleerde* odontoblast, wordt weergegeven als een enkelvoudig, gelijkmatig zich niet vertakkend verlengstuk van het lichaam der odontoblast.

Meestal heb ik dit ook kunnen opmerken in mijne preparaten waarin door loslating de dentinelaag een eindje van de tandpulpa verwijderd ligt, dat de odontoblasten, hierdoor met de *geisoleerde* te vergelijken, een ongesplitste uitlooper bezitten.

En toch is dit niet de juiste voorstelling van de bouw dezer vezel, 't geen uit 't volgende moge blijken.

Dat hij altijd als een enkele uitlooper is weergegeven, mag wel geweten worden aan het feit, dat alleen *geisoleerde* cellen bestudeerd en afgebeeld zijn. Stellen we ons eens goed voor, wat er eigenlijk gebeurt bij 't uithalen van deze protoplasma-

tische uitlooper uit zijne omgeving, de tandkanaaltjes. Hier heeft niets anders plaats als dat een taaivloeibare massa uit een verhard weefsel, de dentine wordt getrokken.

Deze vloeibare, protoplasmatische substantie vloeit tot een langgerekte streng tezamen onder de actie van de uittrekking. Hieraan moet 't dan ook geweten worden, dat de T o m e s sche vezel als een gelijkmatige min of meer gladde streng wordt geteekend.

De meeste van mijne zoo uit hun verband gerukte cellen zien er precies zoo uit als de odontoblasten, welke als geïsoleerd in teekeningen worden afgebeeld. Toch komen er ook verscheidene voor, die niet een enkele vezel, een enkele uitlooper bezitten, doch meerdere. Direct vlak aan het protoplasmatische lichaam der cel splitst de T o m e s sche vezel zich in meerdere takjes. (Zie fig. 21). Ook vanuit het eigenlijke cellichaam zelve gaan uitsteeksels uit. Een en ander moge blijken uit bijgaande teekening.

Hier is 't cellichaam een ietsje scheef getroffen, wat niet hindert voor een goede voorstelling van de T o m e s sche vezel zelve. Deze, als een dikke protoplasmatische uitlooper ontspringend uit de cel, geeft in zijn verloop verscheidene zijtakjes af en gaat aan zijn uiteinde over in langere dunnere filamentjes.

Uit fig. 22, waarin de T o m e s sche vezel(s) in zijne normale verhouding tot de praedentine is bewaard gebleven en het odontoblastenlichaam hiervan is afgescheurd, blijkt ten duidelijkste, dat de tandbeencel met meerdere vertakkingen in dit weefsel grijpt en als we aannemen, dat de beide afgebeelde uitloopers in één vlak zijn gelegen. Schitterend komt hun verloop uit, daar het protoplasma der T o m e s sche vezel eenige kleurstof heeft opgenomen.

En niet alleen in de praedentine is 't mij mogen gelukken, deze meerdere vertakkingen aan te toonen, doch ook in het

tandbeen heb ik ze gevonden. Ook hierin zet de odontoblast zich met meerdere uitloopers vast; met zeer vele periphere vertakkingen is hij hierin vastgeworteld.

Het tandbeen zelve is roodachtig bruin getingeerd door de methode Flemming-Benda, terwijl de in hem verspreid liggende Tomes sche vezels zich donker afteekenen tegen den roodbruinen ondergrond.

Door deze drie waarnemingen meen ik een goede voorstelling te hebben verkregen van de bouw van de Tomes sche vezel. Deze is dus niet, zooals gewoonlijk geteekend, enkelvoudig, maar bestaat uit zeer vele vertakkingen. Aan deze waarnemingen is dit belang vast te knoopen, dat hierdoor een geheel andere voorstelling van de vasthechting van de odontoblast in de praedentine en dentine wordt verkregen.

Nu zulk een takvormige structuur van de eigenlijke Tomes-sche vezel uit mijne beelden is af te leiden, mag aangenomen worden, dat de praedentine en de dentine door protoplasmatische uitloopers der odontoblasten doorkruist wordt.

En om nu nog eens terug te komen op de genese van de tandbeengrondsubstantie, brengt ons deze vondst nog niet veel verder tot de oplossing van het vraagstuk, hoe we ons de vorming van de praedentine hebben voor te stellen.

Aan de odontoblastentheorie staan nu, in plaats van de enkele Tomes sche vezel, deze meerdere uitsteeksels in den weg.

En niet dit bezwaar alleen treedt tegen een plausiebele verklaring van het ontstaan van de praedentine op, doch ook dat 't welk v. Korff in het midden brengt, wanneer hij schrijft over de Tomes sche vezel en zijne onmiddellijke omgeving. Dit komt wel 't best uit, als zijn eigen geschreven woord wordt aangehaald.

„Der Elfenbeinzelle gibt letztere (n.m. de Tomes sche

„vezel) als der besonders stark hervortretende Protoplasma-
„fortsatz ein besonderes Gepräge. Dieser Fortsatz liegt in
„der Verlängerung der Längsaxe der Elfenbeinzelle und geht
„continuierlich aus dem peripheren homogenen Abschnitte der
„letzteren hervor; er ist wenig färbbar und in seinen inneren
„Teilen durchaus homogen. Sofort bei dem Eintritt des Proto-
„plasmafortsatzes in den Bereich der Dentinsubstanz wird seine
„Aussenfläche von einen scheinbar aus Körnern zusammen-
„gesetzten Saume umgeben, aus dem vermutlich die späteren
„Neumann sche Zahnfaserscheide hervorgeht. Durch diesen
„Saum wird die Elfenbeinzelle sowie die Zahnfaser scharf von
„der Grundsubstanz getrennt. Man erkennt deutlich, dass die
„Substanz der Elfenbeinzelle nur in die der Zahnfaser uebergeht
„und niemals die Zahnbeingrundsubstanz bilden kann.

't Gaat er nu om uit te maken, hoe de Tomes sche vezel zich verhoudt ten opzichte van zijne omgeving, de praedentine resp. de dentine. 't Is de vraag of hij het geheele dentine-kanaaltje met zijn protoplasmatische stof vult of dat zich om de eigenlijke vezel de Neumann sche scheede bevindt of ook, dat tusschen hem en de kanaalwand eene ruimte aanwezig is, waarin volgens Fritsch lymphe stroomt. Deze lymphe-theorie berust dan ook op het feit, dat hij (Fritsch) zijn gekleurde injectievloeistof, welke hij door een trepanatieopening in geëxtraheerde tanden had ingespoten, kon aantoonen in deze ruimten rondom de Tomes sche vezels. Doch dit bewijs is niet voldoende, zooals Urbanschitsch zeer terecht opmerkt. Immers als een gekleurde massa in een of ander weefsel inge-spoten wordt, zijn toch niet al de plaatsen, waar deze stof later aan te toonen is, lymphruimten.

Naar Fleischmann, die zeer vele onderzoekingen over de tandweefsels heeft verricht, is 't normale dentinekanaaltje intra vitam volkomen opgevuld door de Tomes sche vezel; de

ledige ruimte komt volgens hem tot stand door schrompeling van het protoplasma van deze uitlooper. De ineenkrimping is een gevolg van de chemische stoffen, waarmede de tand is behandeld, om hem voor verder snijden geschikt te maken.

De beide door mij toegepaste methoden geven zeer verschillende beelden en uitkomsten omtrent de bouw van de Tomessche vezel en zijn naaste omgeving, waardoor dan ook de uiteenloopende interpretatie's van het waargenomene door de auteurs wel begrijpelijk zijn.

Door het Flemmingsche mengsel gaan de celelementen nogal schrompelen, zooals we gezien hebben en wij treffen in deze preparaten dan ook een ruimte aan rondom het Tomessche uitsteeksel.

De Regaudsche vloeistof, 't welk een goed plasma-fixatiemiddel is, levert betere resultaten. Hierdoor wordt het gevaar van schrompeling ondervangen, zoodat de vitale verhoudingen beter bewaard blijven.

Ondanks het feit, dat de Regaudsche vloeistof zoo'n goed plasma-fixans is, vult toch de Tomessche vezel in de met deze stof behandelde preparaten niet heelemaal het tandkanaaltje in de praedentine op, doch is omgeven door een zuiver witte contour, waarop verder naar buiten volgt de lichtgrijs getingeerde grondsubstantie. Een structuur van het grondweefsel is eigenlijk niet te constateeren; 't lijkt volkomen homogeen te zijn.

In de meeste gevallen zijn de uitloopers òf met de odontoblasten meegegaan òf ze hebben de kleurstof niet aangenomen, zoodat ze daar geen spoor van zich laten zien. Doch enkele zijn, zooals ze daar zijn, in de praedentine vastgelegd. (Zie fig. 22).

Deze witte band nu lijkt me een ruimte toe, vrijgekomen door een geringe schrompeling van het Tomessche uitsteeksel of wat ook mogelijk is, doordat deze uitgerekt is bij de

afscheuring van het eigenlijke odontoblastenlichaam van zijn aanhechtingsbasis.

De Neumann sche scheede laat zich in dit preparaat niet zien. Even verder naar beneden in dit preparaat loopt er zoo'n vezel in de praedentine, welke aan de verkalkingsgrens het kanaal volkomen in beslag neemt, maar meer centraalwaarts, waar hij dan ongetwijfeld den indruk geeft smaller te zijn 't zij door rekking 't zij door schrompeling t. o. van het fixatiemiddel, de ruimte tusschen hem en de kanaalwand weer laat ontstaan.

In de dentine zijn wel is waar de kanaaltjes bij kleine vergrooting best te onderscheiden, maar toch zijn ze niet zoo duidelijk te voorschijn getreden, dat ze voor studie-object kunnen dienen om de histologische verhouding van de Tomes-sche vezel ten opzichte van de kanaalwand of liever het hem omgevende verkalkte dentineweefsel, uit te vorschen, omdat de kleuring van de dentine volgens de methode Regaud te intensief (zwart) is.

De Flemming-Benda sche preparaten toonen een nog grootere ruimte rondom het Tomes sche uitsteeksel, zooals wel te verwachten is, daar de verschillende elementen door deze methode nog meer krimpen. Aan een plekje dentine, in lengte-richting gesneden, en onder 't microscoop gebracht, valt direct op een breedbandige stuctuur van dit weefsel. Lichtrose en witte (blijkbaar door onvatbaarheid voor kleurtofopname ontstaan) banden weefsel wisselen elkaar af. De eerste stellen voor het verkalkte tandbeen. De andere zijn de tandbeen-kanaaltjes, waarin de Tomes sche uitsteeksels als dunne (van een ongeveer zesmaal zoo geringe doorsnede als het kanaaltje zelf), filamenten zijn te onderscheiden. Als guirlandes, welke hier en daar de kanaalwand raken, zijn ze in de tanbeen-kanaaltjes gelegen.

Door de behandeling hebben ze blijkbaar geleden; ze hebben

zich totaal vervormd, zijn ineengeschrompeld, zoodat er dunne schrale filamenten zijn overgebleven.

Ook hier blijft rondom het Tomes sche uitsteeksel een groote ruimte vrij. Blijkbaar is de protoplasmatische uitlooper in schrompeling geraakt door het fixatiemiddel.

In de praedentine, dat naar deze methode zeer lichtgrijs is gekleurd met een steek in 't lichtbruine en hierdoor van het verkalkte deel is te onderkennen, treffen we precies dezelfde verhouding aan. De Neumann sche scheede heeft zich ook hier niet uitgedifferentieerd, maar bezitten de tusschen de kanalen gelegen banden praedentien over hun geheele uitgebreidheid, ook wat aangaat de overgangszone naar de Tomes sche vezel, éénzelfde, gelijkmatige structuur. Niets wijst op een aparte membraam, die het kanaal bekleedt, overeenkomend met de Neumann sche scheede. Naar mijne bevindingen meen ik mij dan ook bij de opvatting van Fleischmann te mogen aansluiten.

Volgens hetgeen mijne preparaten mij opleveren omtrent de histologische verhoudingen van de weefselelementen met het oog op de genese van de tandbeengrondsubstantie, ben ik niet tot de overtuiging kunnen geraken, dat de v. Korff sche theorie de juiste is.

Denken we ons nu een odontoblast met het onder zijn ressort liggend weefselgedeelte van de praedentine en tandbeen en nemen we daarbij aan, dat deze cel eens van een harde consistentie is als een knolgewas, dan is hij er een van cylindrische bouw, waarvan de wortels grijpen in de als aarde fungeerende praedentin en tandbeen, natuurlijk met dit verschil, dat de grond niet de plant voedt, maar door de plant verzorgd wordt, ja zelfs geleverd wordt. Hoe deze praedentine, deze voorlooper van het tandbeen, gemaakt wordt, dat is nu juist de vraag, welke op beantwoording wacht. Wordt deze substantie afgescheiden

door 't cellichaam alleen of ook door de T o m e s sche uitsteeksels zelf.

Onderzoekers als v. E b n e r, D i s s e, W a l d e y e r e. a. plaatsen zich aan de zijde van de afscheidingstheorie. 't Cytoplasma der cellen gaat volgens hen veranderen en neemt een andere samenstelling aan voor zoover betreft het buitenste periphere deel, waaruit dan de praedentine resulteert. Hiervoor meenen ze een bewijs te vinden in 't feit, dat bij morphologische analyse de cellen te dezer plaatse een lichtere tint aannemen, 't geen dan zou beteekenen een overgang in de praedentine, de grondsubstantie. Doch, zooals we gezien hebben, treedt de T o m e s sche vezel in den weg.

Men kan zich niet voorstellen, waarom de T o m e s sche vezel bij den overgang in de praedentine geen verandering ondergaat evenals 't overige periphere deel der cel. Want dan zouden, als de praedentine (volgens de afscheidingstheorie) alleen aan de bovenzijde van de cel, tusschen de T o m e s sche uitsteeksels in, werd gevormd, juist daar enkele plekken van 't cytoplasma wel moeten veranderen, terwijl andere, daar vlak naast gelegen, onveranderd zouden moeten blijven. Dit schijnt de verklaring eenigszins gedwongen te maken.

Een ruimtebeeld van een odontoblast in 't allereerste begin van zijne wording met het uiterste grenslaagje, zou ons laten zien, dat de cel met talrijke uitloopers, de fibrillaire pulpastreep, vormend, a. h. w. aan de buitenste grenslijn der pulpa zou hangen. Op dit stadium is er nog niets van eenige grondsubstantie te bekennen. Nu komt 't moment, waarop de protoplasmatische lichamen der periphere cellen, onder den invloed der naar buitenwaarts gedrongen capillairen gekomen, zich gaan vergrooten, waarbij de odontoblasten pulpawaarts groeien en peripheerwaarts een in situ blijvend weefsel, de praedentine, produceeren, waarin de eenmaal gepraeformeerde protoplasma-

strengetjes, de T o m e s sche vezels bewaard blijven. Dit proces van ontstaan der grondsubstantie is wel begrijpelijk, als men zich voorstelt, dat deze substantie tusschen de uitloopers wordt uitgescheiden.

De eenmaal gepraeformeerde protoplasmatische uitsteeksels groeien met het cellichaam mee, zoodat ze, als de tand volledig ontwikkeld is, reiken vanaf de émail-dentinegrens tot in de eigenlijke odontoblast, waarvan ze een continue voortzetting vormen. Bij de beschouwing nu van de overgang van het cellichaam in de praedentine blijkt 't protoplasma zoo geleidelijk in dit weefsel over te vloeien, dat 't onmogelijk is een grens te trekken.

't Uiterste periphere deel van de cel is van een lichtere kleur dan 't overige gedeelte, waarin zich de chromatinrijke kern bevindt.

Als deze waarnemingen, deze feiten tot een samenhangend geheel bij elkaar worden gebracht, dan is er geen enkele reden zich te onttrekken aan de oude voorstelling, zooals door v. E b n e r, W a l d e y e r, D i s s e e. a. is gegeven, van de histogenese van de tandbeengrondsubstantie, resp. tandbeen, n.l. dat de odontoblasten dit weefsel leveren, langs hun geheele oppervlak en zonder dat daartusschen vezels van andere herkomst aan deze vorming deelnemen.

HOOFDSTUK VII.

EMAIL-DENTINEGRENS.

Alvorens over te gaan tot de beschrijving van de mitochondrien in de tandbeencellen, wil ik eerst nog iets meedeelen omtrent de émail-dentinegrens, waarover ook al weer geen vastgestelde meening bestaat. De meening van v. Korff en en Studnîcka, die opmerkten, dat de odontoblasten niet reiken tot de buitenste, periphere rand van het pulpaweefsel, kan ik aan mijne preparaten bevestigen. Volgens deze onderzoekers bevindt zich tusschen de odontoblasten en de buitenste periphere rand van het pulpaweefsel een smalle zoom, de fibrillaire pulpastreep van von Korff, die evenwel volgens hen alleen gedurende de eerste stadia van ontwikkeling van de tand te vinden is, reeds deel uitmaakt van de gemeenschappelijke grondsubstantie en die later daarin geheel en al wordt opgenomen, zoodat zij dan niet meer in de preparaten als zoodanig te herkennen is.

Zooals boven gezien, loopt het protoplasma der odontoblasten peripheerwaarts uit in twee of drie groote uitloopers (in één vlak), welke zich op hun beurt splitsen in dunne filamenten, fibrillen, die eindigen in een grenslijn, waarop de ameloblasten met hun lichamen direct aansluiten. Deze fibrillen verdeelen zich weer in smallere, zoodat de uiterste randzone uit zeer ranke fibrillaire uitloopers is samengesteld.

De vraag, hoe deze fibrillaire uitloopers aan de grenslijn gebonden zijn of te wel hoe ze in verband staan met de

ameloblastenlichamen zelve brengt ons op het gebied der studie van de epidermis-cutisgrens. Dit onderwerp is zoo uitgebreid en belangrijk, dat hiervoor een nauwgezet en uitvoerig onderzoek vereischt wordt. Ik heb mij dan ook alleen maar gehouden aan de beschouwing van de grenszone tusschen het émail en de dentine, zonder op de vraag van de grenslijn nader in te gaan.

De grenszoom gaat nu niet op in het grondsubstantieweefsel, zooals Studnicka en v. Korff beweren. Gedurende de geheele ontwikkeling der tand blijft deze zone onaangetast en levert als een fibrillair bandje de grensscheiding tusschen beide weefsels (zie fig. 23).

Deze waarneming is van belang, omdat de fibrillaire streep later bij de volwassen, in functie getreden tand niet meer te zien is. En verder moge het ook als een tegenbewijs gelden dat de eerste aanleg van de tandbeengrondsubstantie fibrillair is. 't Zou wel verwonderlijk zijn, dat dan juist deze allereerste aanleg niet in verkalking overgaat.

Bij het in gebruik stellen van een tand grijpen de verkalkingslijnen van het émail en de dentine in elkaar en wordt dit laagje daartusschen gegrepen, tot zoo'n minimum teruggebracht, dat hij in de coupes of slijppreparaten der tanden niet meer is terug te vinden.

De beide verkalkingsgrenzen èn van het émail, wat uit een der voorgaande hoofdstukken is gebleken èn van de dentine, waarbij dit ook het geval is (en zal blijken in een volgend hoofdstuk), grijpen zigzagvormig in elkaar.

Walkhoff meent dit te kunnen verklaren door aan te nemen, dat, wanneer de ameloblasten beginnen met de afzetting van het émail, ze eerst het reeds gevormde randje dentine aanvreten. Hierdoor zou dan deze zigzagvormige grens tusschen émail en dentine verklaard worden.

Hij zegt n.m. in zijne „Biologische Studiën ueber das Wesen

der Zahnkaries: „Beide Gewebe (émail en dentine) liegen zur „Zeit der Entwicklung untereinander im Kampf um den Raum. „Davon zeugt die spätere Dentinschmelzgrenze in ihrer scharfen „Abgrenzung der beiden Gewebe untereinander mit den glatt „abgeschnittenen starken Dentinkanälchen und den halbmond-„formigen Ausbuchtungen ein deutliches Zeichen der Pressung „der Gewebe gegeneinander und der dadurch eingeleiteten „Resorption des früher gebildeten Zahnbeins.

Deze opvatting omtrent het ontstaan der émail-dentinegrens is een groote hinderpaal voor de beantwoording van de vraag, hoe men zich de voeding van het glazuurweefsel heeft te denken. Daaruit vloeide voort de uiting of dit weefsel wel gevoed wordt.

Dit vraagstuk is tot nu nog niet opgelost.

Zonder nu verder in te gaan op de verschillende gissingen, meeningen, voorstellingen, welke men hierover heeft, wil ik mijne bevindingen omtrent deze grens in aanvulling brengen met wat door anderen, vanuit een ander oogpunt, deze interessante weefsels bekijkend, gevonden is.

Nu eenmaal de émail-dentinegrens in mijne preparaten histologisch precieser is vastgesteld kunnen worden, zoodat een geleidelijke overgang tusschen het glazuur en het tandbeen kan aangenomen worden, wint het vermoeden, dat Gottlieb in 1913 op de 85 Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte te Weenen uitsprak, n.l. dat er vochtstroomingen plaats hebben van de dentine naar het émail, aan waarschijnlijkheid.

Hij kwam tot dit vermoeden door zijne aan honden verrichte proeven, die hij gedurende langer tijd subcutaan en intraveneus had ingespoten met een 1 % oplossing van alizarinzure natron. Deze kleurstof tingeert de kalkhoudende weefsels zeer intensief. De kleurstof vond geen barrière in de émail-dentinegrens, daar hij aan zijne preparaten eveneens een violette kleuring van het glazuur kon constateeren. Nu we weten, dat er histologisch

geen scherpe grens tusschen émail en dentine bestaat, is er ook geen enkele reden, waarom de kleurstof deze grens niet zou overschrijden. Zoodoende kan men aannemen, dat tandbeen en glazuur beide worden doortrokken door de lymphestof en hierdoor worden gevoed.

Het glazuurweefsel wordt, zooals boven is uiteengezet, precies zoo gevormd als het tandbeen. Een keerdam, welke de lymphe zou kunnen stuiten aan de émail-dentinegrens, is niet aanwezig. Waarom zou de lymphe dan ook niet door het émail trekken? Me dunkt, dat dit ongetwijfeld wel het geval kan zijn.

Dat tot op heden nog geen typische lymphevaten in de pulpa konden worden aangetoond, is m. i. geen afdoend argument tegen de juistheid van deze opvatting. Immers, men kan zich voorstellen, dat weefselvochten den geheelen tand of kies doortrekken, zonder dat zij daarbij aan gepreformeerde lymphebanen in de pulpa gebonden behoeven te zijn.

Dit is echter bij de tegenwoordige stand van het onderzoek nog slechts een theoretische beschouwing. Het is wel zeer gewenscht, dat er proefondervindelijk feiten omtrent een doorstrooming van dit voedingsvocht door de tanden worden vastgesteld. Dit zou ongetwijfeld ook belangrijk kunnen zijn voor een goed begrijpen van het ontstaan van de cari es dentium.

HOOFDSTUK VIII.

DE MITOCHONDRALE STRUCTUREN IN DE ODONTOBLASTEN.

De bloedvaten, welke een belangrijke rol schijnen te spelen bij de functie-uitingen der cellen, betrokken bij de bouw der tandweefsels, worden ook hier in de onmiddellijke nabijheid der odontoblasten aangetroffen.

Van alle kanten zijn de capillairen uit het midden der tandpulpa komen opdringen om de odontoblasten de gelegenheid te geven, stoffen uit het bloed, dat zij voeren, te putten om zich van hunne functie te kwijten.

Ook hier weer hetzelfde verband als bij de glazuurvorming, alleen met dit groote verschil, dat er geen enkele aanwyzing is, dat ook de buitenste rijen der gewone pulpacellen meedoen aan het proces, dat zich in de odontoblasten afspeelt, zooals dit bij de glazuurvorming wel het geval was met betrekking tot het stratum intermedium.

't Is me niet gelukt ook maar eenig teekeen van werkzaamheid in het weinige protoplasma, dat deze cellen bezitten, te ontdekken. 't Schijnt wel, dat de groote cytoplasmatische lichamen der tandbeencellen een voldoende grondslag vormen voor de wording der mitochondrien, welke eigenaardige formatie's zich ook in deze cellen voordoen. De prikkelstof, in de bloedcapillairen aanwezig, doet direct op hunne cellichamen zijn invloed gelden.

Ook in de odontoblasten evenals in de ameloblasten blijken eigenaardige, merkwaardige deeltjes in granulaire vorm aanwezig te zijn. Dit zijn blijkbaar de mitochondrien, die evenwel niet in zoo grooten getale en ook niet in bepaalde structureele verbanden als lange slieren en slingers gerangschikt zijn. Ze zijn minder in aantal, doch grooter van stuk als die der ameloblasten. Naar schatting zijn ze ongeveer vijfmaal zoo groot. Hun afmetingen, onderling vergeleken, komen vrijwel met elkaar overeen. Wel treft men hier en daar een groote korrel aan, die dan meestal een meer ovale vorm bezit, maar toch over 't algemeen zijn ze aan elkaar gelijk.

Het aantal mitochondrien, waarvan de granulaire vorm de meest voorkomende is, is in de strook odontoblasten zeer verschillend.

Ook in de zoom odontoblasten kan evenals in het ameloblastenlint een bepaalde groepeering dezer korrels aangetoond worden.

Hier ligt een groep cellen, waarvan de mindere werkzaamheid is af te lezen uit het zeer gering aantal mitochondrien, dat zich in de cellen bevindt. Even verderop een groep, waarin het cytoplasma meer bezaaid, doorspikkeld is met mitochondriale korrels en nog verder een groep odontoblasten, welke rijk voorzien zijn van deze merkwaardige korrelige formatie's.

In aaneensluitende opeenvolging schijnen de cellen tot actie geprikkeld te worden.

De ligging der mitochondrien in de cellen zelve is niet aan bepaalde structuren verbonden. Ze liggen door de geheele cel verspreid, hier en daar duikt er eentje in het protoplasma op als een zwarte stip op een roodbruine ondergrond. (F l e m m i n g - B e n d a ' s preparaat).

Vooral in het basale gedeelte der cel hoopen ze zich op. De korrels, welke hier opgehoopt zijn, springen als zwart gekleurde mopjes in het protoplasma naar voren. Een samensmelting

dezer korrelvormige mitochondrien in de basale gedeelten is niet te constateeren, wat precies overeenkomt met dat, wat in de ameloblasten gevonden is, waar de korrels ook niet met elkaar samenvloeien tot grootere.

Ze blijven van elkaar gescheiden, ook als ze op het punt staan de cel te verlaten en over te gaan in het praedentinale weefsel.

Mogen deze korrels nu ook aangezien worden als de dragers van de kalkzouten, dan is 't te verwachten, dat ze zich ook begeven naar de praedentine en verder hierdoor gaande zich aanvleien tegen de onderste tandbeenzoom.

En inderdaad heb ik hen op beide plaatsen kunnen aantoonen. In figuur 24 is deze waarneming vastgelegd.

Niet alleen in de cellen zijn deze korrels te zien, doch ook met alle zekerheid in de praedentine.

Ook in de Regaud sche preparaten kenmerken zich de odontoblasten door hunne typische mitochondrien, die als zwarte spikkels tegen een grijs fond afsteken.

Overal ook hier het verspreide optreden der korrels in het cytoplasma, hunne ophooping in het basale deel en overgang in de praedentine.

Evenals de ameloblasten, vertoonen ook de odontoblasten aan hun basis een syncitieelen samenhang. Celgrenzen zijn hier niet te onderscheiden. Het protoplasma van de eene cel vloeit in dat van de andere over. De mitochondrien houden zich ook hier niet aan een bepaald celterritorium. Ze loopen langs de plasmodesmatische verbindingen van de eene cel naar de andere. Vooral aan de bases is dit duidelijk te zien.

Bij de studie van de bouw van de Tomes sche vezel is mij al opgevallen, dat deze protoplasmatische uitloopers geen korrelige formatie's bevatten, welke mij deden denken aan mitochondrien of veranderde vormen hiervan, zooals die voor-

komen in de odontoblasten. Speciaal heb ik mijn aandacht hieraan nog eens gewijd, maar het is mij niet mogen gelukken zulke korrels te vinden. Nergens in hun geheele verloop, noch aan het begin, waar ze verbreed zijn in directe aansluiting aan het cytoplasma der cel, noch aan de uiteinden, heb ik dergelijke mitochondriale korrels te zien kunnen krijgen.

Verschijnen er toch korrels in de kanaaltjes, zoo moeten deze voor vervalproducten van de vezel aangezien worden. Het zijn dan echter groote, onregelmatige korrels, waarvan het waarschijnlijk is, dat ze bij het afsterven dezer vezel optreden en die niets met mitochondrien te maken hebben.

Wel zijn de mitochondriale korrels met alle zekerheid in de praedentine te constateeren. Overal liggen ze verspreid tusschen de Tomessche vezels. Verderop in ditzelfde bestudeerde preparaat is het tandbeen van de odontoblasten afgescheurd. Aan zijn binnenzijde laat het zijne Tomessche vezels nog zeer goed onderscheiden, waartusschen zich de onverkalkte dentine — het praedentine — als wijnroodkleurige banden bevindt. Juist hierin liggen er hoopen korrels, zoo dicht opeen, dat het bijna onmogelijk is de afzonderlijke vormen nog te onderkennen. Ze hebben dezelfde diepzwarte kleur als de reeds verkalkte dentine. Nooit heb ik hen in de Tomessche uitsteeksels zelf zien liggen. Dit is van groot gewicht, waarop ik straks hoop terug te komen. De Regaudsche preparaten leveren ook aardige gegevens omtrent het gedrag dezer mitochondrien in de praedentine op. In dit weefsel vloeien de mitochondrien evenals in het prae-émail tot ongeveer tienmaal grootere korrels samen. Hier en daar vlak tegen de verkalkingsgrens liggen er van deze zwarte, ronde sphaerulea. (Zie fig. 24).

Evenals in het prae-émail blijken deze mitochondrien, deze korrels, ook in het nog onverkalkte grondweefsel de eigenschap te bezitten samen te vloeien. Zooveel te dichter bij de ver-

kalkingsgrens, des te meer schijnen ze deze eigenschap te ontwikkelen. En altijd vinden ze hun plaats in de praedentinale banen tusschen de T o m e s sche uitsteeksels, die door hun ietwat lichtere kleur nog eventjes afsteken tegen hun grijsbleeke omgeving — de praedentine. 't Lijkt, alsof ze de protoplasmatische uitloopers vermijden, zoodat deze niet schijnen bij te dragen tot de aanvoer van kalkstoffen, hetgeen door enkelen wel verondersteld wordt. (Zie fig. 25).

Men moet dus wel aannemen, dat de voortgeleiding der korrels door de praedentine en niet door de T o m e s sche vezels plaats vindt, zoodat zij door de praedentinale banen zelve naar het aangrenzende tandbeen geleid worden.

Een overeenkomstige redeneering, zooals zoopas gehouden voor de mitochondriale structuren der ameloblasten, moge ook voor die der odontoblasten gelden. Ook hier vinden we in hen een uitdrukking van een bepaalde activiteit der cellen.

't Eenige onderscheid, dat op te merken valt tusschen de verkalkingsprocessen èn in de ameloblasten èn in de odontoblasten, is gelegen in de morphologische uitdrukking hiervan in de mitochondrien. Gezien het einddoel, dat de beide soorten korrels bereiken, mag het proces bij beide soorten cellen wel in wezen als gelijkwaardig worden beschouwd.

Ten slotte in dit verband nog één opmerking.

Als nu, zooals wij boven betoogden, zou mogen worden aangenomen, dat de protoplasmatische uitloopers van de odontoblasten, de kalkzouten niet vervoeren, dan zou wellicht daarin ook een verklaring opgesloten liggen van het opzichzelf zoo eigenaardige verschijnsel, dat bij een fractuur van den tand een eenmaal ontstane fractuur in 't tandbeen niet meer tot genezing komt, geen callusvorming plaats grijpt, en evenmin een verbinding der gescheiden deelen.

Werden de kalkzouten wel door de uitloopers van T o m e s

verder gevoerd, dan zouden zij ook bij de volwassen tand de plaats van de fractuur kunnen bereiken en daar worden afgezet. Worden nu evenwel de kalkzouten door de mitochondrien uit de cellichamen direct overgedragen op de praedentine, zoodat alleen vandaar uit verkalking van 't tandbeen kan plaatsvinden, dan is een callusvorming en genezing van een breuk van de dentine bij de volwassen tand niet mogelijk, want de breuk loopt hier tusschen twee reeds verkalkte deelen door.

NASCHRIFT.

Beide weefsels, èn émail èn dentine, ontstaan ongeveer op dezelfde wijze.

Nadat er een grondsubstantie is afgescheiden, welke dienst moet doen als matrix, als ondergrond, wordt deze daarna door verkalking tot 't te vormen weefsel.

Bij de histogenese dezer weefsels, zooals wij gezien hebben, moet aan verschillende voorwaarden voldaan worden. Er moeten ameloblasten resp. odontoblasten aanwezig zijn; verder zijn de bloedvaten, welke in de onmiddellijke omgeving dezer cellen moeten geraken, onontbeerlijk.

Vervolgens moeten in 't bloed, dat door deze capillairen stroomt de bouwstoffen voor de te vormen grondsubstantie aanwezig zijn. En is er nu nog niet dat bepaalde „hormon", welke een specifieke prikkel op het protoplasma van het germinative weefsel uitoefent, voorhanden, zal 't ook niet kunnen komen tot de levering van deze speciale weefsels.

Verschillende mogelijkheden kunnen zich voordoen, waarbij van de vorming van deze weefsels niets komt.

Aan de volgende vier voorwaarden moet voldaan zijn, wil er sprake zijn van een nuttig effect:

I. De specifieke cellen — de ameloblasten resp. de odontoblasten moeten aanwezig zijn.

II. De bloedvaten behooren in de onmiddellijke omgeving komen te liggen van deze cellen.

III. De bouwstoffen voor 't specifieke weefsel moeten door deze speciale cellen uit het bloed, dat door de capillairen gevoerd wordt, geput kunnen worden.

IV. Het hormon, dat door zijn bepaalde prikkel het protoplasma der cellen in werking stelt, dient in het bloed voorhanden te zijn om door zijn invloed tot de vorming van de mitochondrien bij te dragen, die dan op hun beurt voor de verkalking kunnen zorgen.

Is aan een dezer voorwaarden niet voldaan, dan zal er geen normaal glazuur of tandbeen kunnen afgezet worden. Zoo bij de edentaten geen bloedvaten, bij verschillende ziekten van de klieren met interne secretie (myxoedeem, rhachytis, tetanie enz.) onvoldoende hormon-werking, onvoldoende émailvorming, of zooals bij de dysostose cleido-cranienne zeer late vorming van de tanden, zoodat de patiënten op hun 20ste jaar nog aan 't wisselen zijn.

LITTERATUUROPGAVE.

1. Adloff, Prof. P., Die Entwicklung des Zahnsystems der Säugetiere und des Menschen. 1916.
2. Id. Zur Frage der Kittsubstanz.
(Deutsche Monatschrift fur Zahnheilk. 1914.)
3. Id Zur Entwicklung des Nagetiergebisses.
(Anat. Anz. Bd. 37.)
4. Altmann, Richard. Die Elementairorganismen. 1894.
5. Ahrens, Prof. Dr. H., Die Anlage des ersten bleibenden Molaren beim Menschen.
(Deutsche Zahnheilkunde 1920.)
6. Arnold, Prof. J., Das Plasma der somatischen Zellen im Lichte der Plasmosomen-Granulalehre und der Mitochondrienforschung. (Anat. Anz. Bd. 43.)
7. Id. Plastosomen, Granula, Mitochondrien, Chondriomiten und Netzfiguren. (Anat. Anz. Bd. 31.)
8. Ballowitz, E., Das Schmelzorgan der Edentaten.
(Archiv f. mikrosk. Anat. Bd. 40.)
9. Bauer, Julius. Kalkstoffwechsel und Innere Sekretion.
(Wiener klin. Wochenschrift. 1921.)
10. Benda, C., Die Mitochondria.
(Ergebnisse der Anat. und Entwicklungsgesch. Bd. 12.)
11. Id. Die Mitochondrienfärbung und andere Methoden zur Untersuchung der Zellsubstanzen.
(Verhandl. d. anat. Gesellsch. 1900.)

12. Id. Die Mitochondria des Nierenepithels.
(Verhandl. d. anat. Ges. 1904.)
13. Bergh, P. S., Vorlesungen ueber die Zelle und die einfachen Gewebe des thierischen Körpers. 1894.
14. Bolk, Prof. L., Ueber ein Gebisz mit vascularisierten Scmelzorganen. (Anat. Anz. Bd. 48.)
15. Id. Die Ontogenie der Primatenzähne. 1913.
16. Id. Die Morphogenie der Primatenzähne. 1914.
17. Id. Ueber die Entstehung des Schmelzseptums.
(Anat. Anz. Bd. 48.)
18. v. Brunn, A., Ueber die Ausdehnung des Schmelzorgans und seine Bedeutung für die Zahnbildung.
(Archiv f. mikr. Anat. Bd. 29.)
19. Burckhardt. Die Entwicklungsgeschichte der Verknöcherungen des Integuments und der Mundhöhle der Wirbeltiere.
(Handbuch d. vergleichende u. Entwickl.lehre der Wirbeltiere v. O. Hertwig.)
20. Biedl, Prof. Dr. Arthur. Innere Sekretion. 1910.
21. Champy, Christian. A propos des mitochondries des cellules glandulaires et des celluules renales.
(C. R. d. 1. Soc. Biol. 1909.)
22. Carlson, A., Ueber die Zahnentwicklung bei einigen Knochenfischen. (Zoölogische Jahrbücher, Bd. VIII.)
24. Deineka, D., Beobachtung ueber die Entwicklung des Knochengewebes. (Anat. Anz. Bd. 46.)
25. Disse, J., Ueber die Bildung des Zahnbeins.
(Sitzungsberichte d. Ges. z. Beförderung d. ges. naturwissenschaften. Marburg. 1907.)
26. Id. Wie entsteht die Grundsubstanz des Zahnbeins?
(Anat. Anz. Bd. 35.)

27. Id. Ueber die Bildung der Grundsubstanz des Knochengewebes. (Anat. Anz. 1911.)

28. Dubreuil, G., Les mitochondries des cellules adipeuses. (C. r. d. l. Soc. d. Biol. 70.)

29. Id. Le chondriome et le dispositif de l'activité sécrétoire. (Archiv d'Anat. microsc. Bd. 15.)

30. Duesberg, J., Plastosomen, Apparato reticulare interno, und Chromidialapparat. (Ergebn. d. Anat. und Entwickl. gesch. Bd. 20.)

31. Id. Sur la continuité des elements mitochondriaux des cellules sexuelles et des chondriosomes des cellules embryonaires.

32. v. Ebner, Victor, Veränderungen des Zahnschmelzes während der Erhärtung. (Arch. f. mikrosk. Anat. Bd. 67.)

33. Id. Ueber die Entwicklung der leimgebende Fibrillen insbesondere im Zahnbein. (Sitzungsber. der Akad. Wissenschaften. Wien Bd. 115.)

34. Id. Ueber scheinbare und wirkliche Radiarfasern des Zahnbeins. (Anat. Anz. Bd. 34.)

35. Id. Theoretisches ueber die Erhärtung des Schmelzes. (Archi. f. mikrosk. Anat. Bd. 67.)

36. Eklöff, H., Chondriosomentstudien an den Epithel und Drüsenzellen des Magendarmkanals und den Oesophaguszellen bei Säugetiere. (Anat. Hefte. Bd. 51.)

37. d'Eternod, A. C. F., Le dentition humaine. (C. r. d. l'Assoc. des Anatomists. 1911.)

38. Ellenberger und Gunther, Histologie der Haussäugetiere. 1908.

39. Fischer, Fixierung, Farbung und Bau des Protoplasmas. 1899.

40. Id. Ueber Protoplasmastrukturen.
(Arch. f. Entwicklungsmechanik der Organismen. Bd. 13.)
41. Flemming, W., Die Morphologie der Zelle.
(Ergebn. d. Anat. und Entwickl. gesch. 1897.)
42. Frederikse, A. M., Der Zusammenhang zwischen Mitochondrien und Bindegewebsfibrillen.
(Anat. Anz. Bd. 50.)
43. Fuchs, Zur Entwicklungsgeschichte der Zahnform und deren Anwendung auf das Primatengebisz.
(Deutsche Mon. f. Zahnh. 1914.)
44. Fauré — Frémiet, André Mayer et G. Schaeffer, Sur la constitution et le rôle des mitochondries. (C. r. d. l. Soc. d. Biol. 1909.)
45. Id. Sur les réactions chimiques des mitochondries.
(C. r. d. l. Soc. d. Biol. 1909.)
46. Fleischmann, Die Ursache der Schmelzhypoplasien.
(Oesterr. Ungar. Viertelj. 1910.)
47. Gaszmann. Bemerkungen an der Arbeit „Innere Sekretion in Beziehung zur Kieferbildung und Zahnentwicklung" von Dr. med. Kranz.
(Deutsche Mon. f. Zahnheilkunde. 1914.)
48. Hardey, N. B., On the structure of celprotoplasma.
49. Harvey, Vorlesungen ueber Histologie und Histogenese. 1920.
50. Heidenhain, Plasma und Zelle.
51. Hertwig, O., Die Zelle und die Gewebe. 1892.
52. Id. Lehrbuch der Entwicklungsgeschichte.
53. Held Hans, Beobachtungen an thierischen Protoplasma.
(Archi. f. Anat. u. Entwickl. gesch. 1899.)
54. Hertz, Untersuchungen ueber den feineren Bau und die Entwicklung der Zähne. (Virchow's Archiv Bd. 37.)

55. Hes, J. H., Encyclopaedisch Handboek der Tandheelkunde 1856.)
56. Hoven, Contribution à l'étude du fonctionnement des cellules glandulaires. (Anat. Anz. Bd. 37.)
57. Jordan, Ernest, A Textbook of Histology. 1920.
58. Joseph, H., Zur Beurteilung gewisser granulairer Einschlüsse des Protoplasmas.
(Verhandl. d. Anat. Ges. 1904.)
59. Klaatsch, N., Zur Morphologie der Fischschuppen und zur Geschichte d. Hartsubstanzgewebe.
(Morpholog. Jahrb. Bd. XVI.)
60. Koelliker, Prof. A., Handbuch der Gewebelehre. 1889.
61. Kollmann, J., Zahnbein, Schmelz und Zement.
(Zeitschr. f. wiss. Zoölogie. Bd. XXIII.)
62. Koltzoff, N. K., Studium der Gestalt der Zelle.
(Arch. f. microsc. Anat. Bd. 67.)
63. v. Korff, K., Die Entwicklung des Zahnbeingrundsubstanz der Säugetiere.
(Arch. f. microsc. Anat. Bd. 67.) (Anat. Anz. Bd. 38.)
64. Id. Ueber die Histogenese und Struktur der „Knorpelgrundsubstanz. (Arch. f. microsc. Anat. 1914.)
65. Id. Entgegnung auf die von Ebner'sche Abhandlung, Ueber scheinbare und wirkliche Radiarfasern des Zahnbeines. (Anat. Anz. Bd. 35.)
66. Kranz, Dr. med., Innere Sekretion in Beziehung zur Kieferbildung und Zahnentwicklung.
(Aus der chirurgische Klinik in Frankfurt.)
67. Kükenthal, Prof., Ueber der Ursprung und die Entwicklung der Säugetierzähne.
Jenaischer Zeitschrift f. Naturwissensch. Bd. 26.)
67*a*. La Chapelle, Dysostose cleido-cranienne héréditaire. 1918.

68. Laguesse, E., Le Pancreas.
(La Revue generale d'Histologie. 1905).
69. Leboucq, Prof., Etude sur la limitante de la rétine.
(Annales d. 1. Soc. medicine de Cand. 1909.
70. Id. Contribution à l'étude de l'histogenese de la rétine.
(Arch. d'Anat. microscopique. 1908—1909.)
71. Lêche, Prof. W., Zahnsystem der Säugetiere.
(Bibliotheca Zoologica. Heft 34.)
72. Id. Edendata. (Bibliotheca Zoologica. Heft 34).
73. Lent, Beiträge zur Entwicklung des Schmelzes und Zahnbeins. (Zeitschr. f. wiss. Zoolog. 1854.)
74. Lerebouillet, e. a., Glandes endocrines.
(Traité de pathologie medicale IX. 1923.
75. Linderer, Handbuch der Zahnheilkunde. 1837.
76. Van Loon, De morphologische variatie's der molaren van het menschelijk gebit in het licht der Bolk'sche theorien.
77. Masur, Arthur, Beiträge zur Histologie und Entwicklungsgeschichte der Schmelzpulpa.
(Anat. Hefte. Bd. 35.)
78. Martin, Prof. P., Lehrbuch der Anatomie der Haustiere.
79. Maximow, Prof., Ueber chondriosomen in lebenden Pflanzenzellen. (Anat. Anz. Bd. 43.)
80. Mayer, Rathery et Schaeffer, Les granulations des mitochondries de la cellule hepathyque.
(Travauy d. laboratoire de Phys. physico-chymique. Vol. III.)
81. Meves, Friedrich, Ueber Mitochondrien. bzw. Chondrioconten in den Zellen junger Embryonen.
(Anat. Anzz. Bd. 31.)
82. Id. Die Chondrioconten in ihren Verhältnisz zur Filarmassa Flemmings. (Anat. Anz. Bd. 31.)

83. Meves und Tsukaguchi. Ueber das Vorkommen von Plastosomen in Epithel von Trachea und Lunge. (Anat. Anz. Bd. 46.)

84. Maritt Timms, H. W., The Evolution of the Teeth in Mammalia.
(The Journal of Anatomy and Physilogy. Vol. 37.)

85. Morgenstern, Untersuchungen ueber den Ursprung der bleibenden Zähne. (D. M. f. Zahnheilkunde. 1885.)

86. Morel, L., Les parathyreoides dans l'osteogenèse. (C. r. d. l. Soc. de Biol. 1910.)

87. Mummery, J. Howard, On the process of calcification in Enamel and Dentine.
(Phylosophical Transact. of the Royal Society of London.)

88. Id. On the structure of the dental follicle and its Relations to pathological conditions.
(The Dental Journal 1920.)

89. Neumann, E., Ein Beitrag zur Kenntnis des normalen Zahnbeins und Knochengewebes. 1863.)

90. Pensa, A., La cellule cartilagineuse.
(C. r. d'Association des Anatomists. Bd. XV.)

91. Pommer, Dr. G., Ueber Methode, welche zum Studium der Ablagerungsverhältnisse der Knochensalze führen etc.
(Zeitschrift f. wiss. Mikroskopie. No. 2.)

92. Prenant, A., Sur le protoplasma superieur.
(Journal de l'Anatomie. 1899.)

93. Id. Les mitochondries et l'ergastoplasme.
(Journal de l'Anat. et de Physiologie normale et pathologique. 1910).

94. Pekelharing, Prof., Voordrachten over weefselleer. 1917.

95. Port und Euler, Lehrbuch der Zahnheilkunde. 1915.

96. Preiswerk, Beiträge zur Kenntniss der Schmelzstruktur bei Säugetiere. 1895.
97. Reincke, F., Zellstudien. (Arch. f. mikrosk. Anat. 1894.)
98. Regaud, C. L., Sur les mitochondries de l'epithelium seminal. (C. r. d. l. Soc. Biol. P. ris 1908.)
99. Regaud et Mawas. Ergastoplasma et mitochondries dans les cellules dans la glande sous-maxillaire de l'homme. (C. r. d. l. Soc. Biol. Paris 1909.)
100. Renaut, J., Sur le proces de calcification du cartilage. (S. r. d. l'Assoc. des Anatomists. 1911.)
101. Reichert, Max, Beitrage zur Entwicklungsgeschichte der Zahnanlage. (Opera de Dentibus.)
102. Retzius, G., Was sind Plastosomen? (Arch. f. microsc. Anatomie. 1914.)
103. Richter, A., Ueber die Verkalkung des Dentins. (Oesterr. Ungar. V. f. Zahnheilkunde. 1903 en 1907.)
104. Roemer, O., Zahnhistologische Studien 1899.
105. Rose, Carl, Zur Histologie der Zahnpulpa. (Deutsche Mon. schrift f. Zahnheilkunde. 1892.)
106. Id. Ueber die Entwicklung der Zähne des Menschen.
107. Roetter, Dr. F., Ueber Entwicklung und Wachstum der Schneidezähne bei Mus musculus. (Opera de Dentibus.)
108. Schaffer, Joseph, Vorlesungen ueber Histologie und Histogenese.
109. Id. Grundsubstanz, Interzellulairsubstanz und Kittsubstanz. (Anat. Anz. Bd. 19.)
110. Schaeffer, Prof., The Essentials of Histology. 1916.
111. Scheff, Handbuch der Zahnheilkunde.
112. Schenk, Grundriss der normalen Histologie. 1885.

113. Schulze Oskar, Ueber die Genese der granula in den Drüsenzellen. (Anat. Anz. Bd. 38.)

114. Hopewell Smith, A Dental Microscopy. 1895.

115. Id. The Histology and Pathohistology of the teeth and associated Parts. 1907.

116. Sobotta, J. Histologie und microscopische Anatomie. (Lehmann's med. Atlanten Bd. 9.)

117. Graf Spee. Ueber die ersten Vorgänge der Ablagerung des Zahnschmelzes. (Anat. Anz. Bd. 1887.)

118. Stöhr, Ph., Lehrbuch der Histologie.

119. Studnicka, F. K., Ueber einige Grundsubstanzgewebe. (Anat. Anz. Bd. 31.)

120. Id. Zur Lösung der Dentinfrage. (Anat. Anz. Bd. 34.)

121. Toldt, C., Lehrbuch der Gewebelehre.

122. Tomes, Dental Anatomy.

123. Thulin S., Etudes sur la dégéneration des fibres musculaires striées chez les embryons de mammifères. (Bibliografia Anat. Bd. 24.)

124. Tsaschin, T., Ueber die Chondriosomen der Urgeschlechtszellen bei Vogelembryonen. (Anat. Anz. Bd. 37.)

125. Tomes, John, Ein System der Zahnheilkunde.

126. Waldeyer, Bau und Entwicklung der Zähne. (Stricker's Handbuch der Lehre von den Geweben. 1871.)

127. Id. Untersuchungen ueber die Entwicklung der Zähne. 1864.

128. Walkhoff, Prof. O., Die normale Histologie menschlicher Zähne. 1901.

129. Id. Mikrophotographischer Atlas der normale Histologie menschlicher Zähne. 1894.

130. Id. Zum feineren Bau des Schmelzes und zur Entwicklung des Zahnbeins. (D. Mon. f. Zahnh. 1898.)

131. Id. Mikroskopische Untersuchungen ueber pathologische Veranderungen des Dentins. (D. Mon. f. Zahnh. 1885.)

132. Id. Biologische Studien ueber das Wesen der Zahnkaries. (Deutsche Zahnheilkunde, heft 42.)

133. Wiedersheim, P., Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere.

134. Williams, J. Leon, On the formation and structure of dental enamel. (The Dental Cosmos 1896.)

135. Woerdeman, Beiträge zur Entwicklungsgeschichte von Zähnen und Bebiss der Reptilien. (Archiv f. mikr. Anat. Bd. 95.)