

*Uit het Pathologisch-anatomisch laboratorium van de Universiteit van Amsterdam.*

*Hoofd: Prof. Dr. C. A. Wagenvoort.*

## HISTOLOGISCHE VERSCHILLEN TUSSEN DE PERIODONTIA VAN GEBITSELEMENTEN MET EEN CONTINUE EN EEN BEPERKTE ERUPTIE

W. BEERTSEN

Dr. J. SNIJDER

### *Inleiding en literatuuroverzicht*

Onder eruptie in strikte zin wordt verstaan: het proces van doorbraak door de gingiva en de verdere opschuiving van een gebitselement. Het is speciaal van knaagdieren bekend, dat het opschuiven van elementen ook na het bereiken van het occlusievlak, ter compensatie van de afslijting, nog voortgang vindt. Bij andere soorten, waaronder hond, aap en mens (Jenkins, 1966), is dit in principe eveneens het geval, maar de opschuiving is kwantitatief van zo geringe betekenis, dat van een beperkte eruptie kan worden gesproken.

Wanneer de eruptie zover is gevorderd, dat het element aan de kauwfunctie gaat deelnemen, of althans mechanisch wordt belast, zullen aan het periodontium, in het bijzonder bij dieren met een continue eruptie, tegenstrijdige eisen worden gesteld. Immers, enerzijds moet de bevestiging van het element in de tandkas voldoende stevig zijn om de onvermijdelijke mechanische belasting te kunnen doorstaan, maar anderzijds zal de oraalwaartse verschuiving van het element voortgang moeten kunnen vinden.

Uit de literatuur blijkt, dat de auteurs, die zich met dit probleem hebben beziggehouden, een oplossing ervoor hebben gezocht in de histologische structuur van het periodontium. Sicher (1923), wiens opvattingen een centrale plaats innemen, was de eerste, die het probleem scherp formuleerde en een poging tot verklaring deed. Bij de bestudering van het periodontium van de continu erupterende molaren van de volwassen cavia kwam hij tot de conclusie, dat de gangbare voorstelling als zouden

de collagene vezels, welke het alveolaire bot met het element verbinden ononderbroken bundels vormen, onjuist is. Hij meende te kunnen vaststellen, dat zowel de bundels welke van het alveolaire bot uit het wortelvlies intrekken, als die welke in het cement verankerd liggen, zich in een halverwege het periodontium gelegen gebied opsplitsen in fijne vezels, welke onderling een dicht netwerk vormen. Deze zone, waarin fijne vezels niet alleen innig met elkaar zouden zijn vervlochten, maar ook om elkaar heen geslagen, noemde hij plexus intermedius. In de plexus zouden voortdurend verbindingen tussen vezels onderling verloren gaan en nieuwe met andere vezels worden aangegaan. Hierdoor zou een verschuiving van het element ten opzichte van de tandkas mogelijk blijven, terwijl het toch voldoende stevig verankerd blijft om volledig aan de kauwfunctie te kunnen deelnemen. Een argument voor deze hypothese zag Sicher ook daarin, dat de plexus zich, zowel met hematoxyline-eosine als met een bindweefselkleuring volgens Mallory, dieper kleurde dan de rest van het periodontium; dit zou er op wijzen, dat de fijne vezels van de plexus niet uit rijp, maar uit onrijp collageen bestaan. Later beschreef dezelfde auteur (1942) een plexus intermedius in het periodontium van de snijtanden van de volwassen rat en ten slotte (1959) ook in het periodontium van menselijke gebitselementen tijdens het doorbreken. Bovendien zouden kerndelingen in de plexus in een hogere frequentie voorkomen dan elders in het periodontium.

Ook een aantal andere auteurs is van het bestaan van een plexus intermedius overtuigd, hetzij in het algemeen, hetzij bij bepaalde diersoorten of onder bepaalde omstandigheden. Zo accepteerde Weinmann (1955) het bestaan van een plexus intermedius in zijn algemeenheid. Hunt (1959) vond een plexus intermedius in het periodontium van volwassen caviamolaren. Eccles (1959) bestudeerde in eerste instantie het periodontium van rattendmolaren bij dieren van verschillende leeftijd. Hij vond bij deze elementen slechts een plexus intermedius zolang het element nog niet was doorgebroken; was dit laatste wel het geval, dan was niet langer een plexus zichtbaar. Vervolgens kwam Eccles (1961) tot gelijklopende conclusies voor molaren van enkele andere dieren met een beperkte eruptie, nl. die van de hond en de kat, terwijl daarentegen bij de continue erupterende molaren van het konijn en de cavia, ook bij volwassen dieren, steeds een plexus intermedius werd aangetroffen. Dit was ook het geval bij de snijtanden van de rat (Eccles, 1964). Later trachtte deze auteur het vraagstuk experimenteel te benaderen (1965). Werde de continue eruptie van rattesnijtanden kunst-

matig tot stilstand gebracht (hetzij door verwijdering van de pulpa, hetzij door het element aan het kaakbot te fixeren of door verhinderend van de afslijting door het opzetten van kronen) dan bleek de plexus intermedius te verdwijnen; na verloop van tijd waren tand en tandkas dan verbonden door ononderbroken bundels van collagene vezels. Eccles' eindconclusie luidde, dat een plexus intermedius bestaat, zolang eruptie van enige betekenis plaats heeft. Hindle (1967) onderzocht eveneens het wortelvlies van rattesnijtanden, waarbij hij o.a. de anisotropie van de collagene vezels kwantitatief bestudeerde. Ook deze auteur besloot tot het bestaan van een plexus intermedius, opgebouwd uit dooreengevlochten fijne collagene vezels van recenter oorsprong dan de vezels in de bundels in de rest van het periodontium.

Andere auteurs zijn echter tot tegengestelde conclusies gekomen. Santoné (1935) vond soms een aanduiding van een plexus intermedius in het periodontium van de molaren bij foetale cavia's, maar niet bij dieren in meer gevorderde stadia van ontwikkeling. Kerébel en Balouet (1967) deden vergelijkbare ervaringen op bij het onderzoek van elementen van mens, aap, hond en kat. Hinrichsen (1955) vond bij de goudhamster geen plexus intermedius. Bernick (1960) noch Trott (1962) slaagden erin om een plexus aan te tonen bij de molaren van foetale of van oudere ratten. Evenmin gelukte dit aan Zwarych en Quigley (1965) in het periodontium van volwassen muizemolaren. Deze auteurs zagen weliswaar in sommige preparaten beelden, die het bestaan van een plexus intermedius suggereerden, maar dit was alleen het geval in coupes, die in een bepaalde snijrichting waren vervaardigd. Ciancio, Neiders en Hazen (1967) deden eenzelfde ervaring op voor het periodontium van konijnmolaren. Mörike en Konstandinidou (1965) zochten niet alleen vergeefs naar een plexus intermedius bij normale rattesnijtanden, maar ook bij ratte-incisieven, waarvan de eruptiesnelheid kunstmatig was vergroot, door de elementen in te korten.

Mèt Fullmer (1967) moet men vaststellen, dat het niet is gelukt om op grond van histologische onderzoeken een aanvaardbare verklaring voor de „paradox” (Ness, 1967) van Sicher te geven: de stellige mening van sommigen, dat juist in één bepaalde zone van het periodontium een voortdurend aangaan en weer verloren gaan van verbindingen tussen bindweefselvezels plaats heeft, wordt door anderen met even grote stelligheid tegengesproken.

Bij de tegenwoordige stand van het inzicht, nu duidelijk is geworden,

dat er in het organisme een voortdurende vervanging plaats heeft op moleculair niveau, ook van schijnbaar stabiele structuren, behoeft dit ook niet zo'n verwondering meer te wekken. In dit verband treffen te meer de woorden, die Von Brunn enkele generaties geleden (1891) schreef: „Ueberall sehen wir bestehende bindegewebige Verbindungen gelöst werden. Wie das geschieht ist freilich zur Zeit nicht zu sagen, dass es geschieht, unzweifelhaft.”

Inmiddels werd het periodontium door sommige auteurs onderzocht met behulp van een typisch op de moleculaire dynamiek van het weefsel gerichte methode, de autoradiografie.

Bij onderzoek van het periodontium worden hiertoe vooral bepaalde aminozuren gebruikt, die bouwstenen zijn van het collageen, zoals het proline en het glycine. Zij worden, gemerkt door inbouw in het molecuul van radio-actieve waterstofatomen, aan proefdieren toegediend. Vervolgens worden op verschillende tijdstippen coupes van het weefsel vervaardigd. In het donker worden deze met een dunne laag fotografische emulsie bedekt en gedurende geruime tijd bewaard. Waar radio-activiteit in het weefsel aanwezig is, ontstaan na ontwikkeling microscopisch zichtbare zwarte puntjes. Met deze techniek kan men o.a. nagaan op welke plaatsen en in welk tempo de vervanging van collageene bindweefselvezels plaatsheeft.

Tot de eerste publikaties, die resultaten van autoradiografisch onderzoek van het periodontium vermelden, behoren die van Crumley (1962, 1964) en van Stallard (1963, 1964). Carneiro en Fava de Moraes (1965) vonden bij volwassen muizen, dat het periodontium van de molaren in 45 dagen in zijn geheel werd vernieuwd, terwijl de vervanging van andere weefsels, zoals die van pezen, ligamenten, gingiva, cement en alveolair bot een duidelijk langere tijdsperiode in beslag nam. Ramos en Hunt (1967), Thomas (1967) en Anderson (1967) onderzochten autoradiografisch de periodontia van elementen met continue eruptie, nl. die van molaren van resp. volwassen cavia's, jonge konijnen en goudhamsters. Bij geen enkele diersoort werden aanwijzingen gevonden als zou de „ombouw” in één bepaalde, met een plexus intermedius overeenkomende, zone van het periodontium met een hoger tempo plaatsvinden dan elders in dit orgaan. Hoewel de resultaten van autoradiografisch onderzoek tegen het bestaan van een plexus intermedius pleiten, maar er op wijzen, dat het periodontium als geheel tot de vervulling van zijn functies in staat is, dank zij een „ombouw” op moleculair niveau, blijft het aannemelijk, dat toch ook aan de organisatie op microscopisch niveau functionele betekenis toekomt.

Zo wekte een oppervlakkige vergelijking van de histologische bouw

van periodontia van elementen met een continue eruptie met die van elementen met een beperkte eruptie bij ons de indruk, dat er een relatie zou kunnen bestaan tussen de eruptiesnelheid enerzijds en de ruimtelijke oriëntatie van de collageen vezels anderzijds. Dit was aanleiding tot een vergelijkend histologisch onderzoek, waarvan de resultaten in dit artikel worden beschreven.

### *Materiaal en methoden*

Voor een redelijke vergelijking van periodontia van elementen met een continue en met een beperkte eruptie kwamen alleen die van molaren of van premolaren in aanmerking; de periodontia van snijtanden zijn voor dit doel ongeschikt door de afwijkende vorm van de incisieven bij knaagdieren. Bovendien werden volwassen dieren bestudeerd, omdat men mag verwachten, dat eventuele verschillen daar het duidelijkst tot uiting zullen komen. Als voorbeelden van molaren met een continue eruptie dienden die in de onderkaak van het konijn (3 dieren) en van de cavia (3 dieren); als voorbeelden van molaren met een beperkte eruptie die van de rat (3 dieren, A x c stam), terwijl van de hond (2 dieren) molaren en premolaren werden bestudeerd. Onmiddellijk na de dood werden de onderkaken uitgerepareerd en gefixeerd in een 10% oplossing van formaline. Ontkalking vond plaats in een 5% oplossing van salpeterzuur onder controle met röntgenfoto's. Na ontkalking werd het materiaal op de gebruikelijke wijze geneutraliseerd, ontwaterd en ingebed in Paraplast\*). Er werden seriecoupes ter dikte van  $7\mu$  vervaardigd. Van één kaakhelft werden deze in een mesiodistaal vlak gesneden, van de andere zoveel mogelijk loodrecht op de lengteas van de elementen. Achtereenvolgende coupes werden gekleurd met resp. hematoxyline-eosine, volgens Van Gieson, met de azanmethode volgens Heidenhain en met de zilverimpregnatie voor reticuline- en collageen vezels volgens Gomori. Later kon op eenzelfde wijze een eerste premolaar van een 45-jarige man in mesiodistale coupes worden onderzocht.

Vooraf kunnen ter oriëntatie enkele bijzonderheden omtrent het gebit van de onderzochte diersoorten worden samengevat. Voor de gebitselementen van het konijn en de cavia geldt, dat zij geen wortels bezitten, terwijl het glazuurorgaan tijdens het volwassen leven blijft bestaan.

De gebitsformule van het konijn luidt (Gerhardt, 1909; De Terra, 1911):

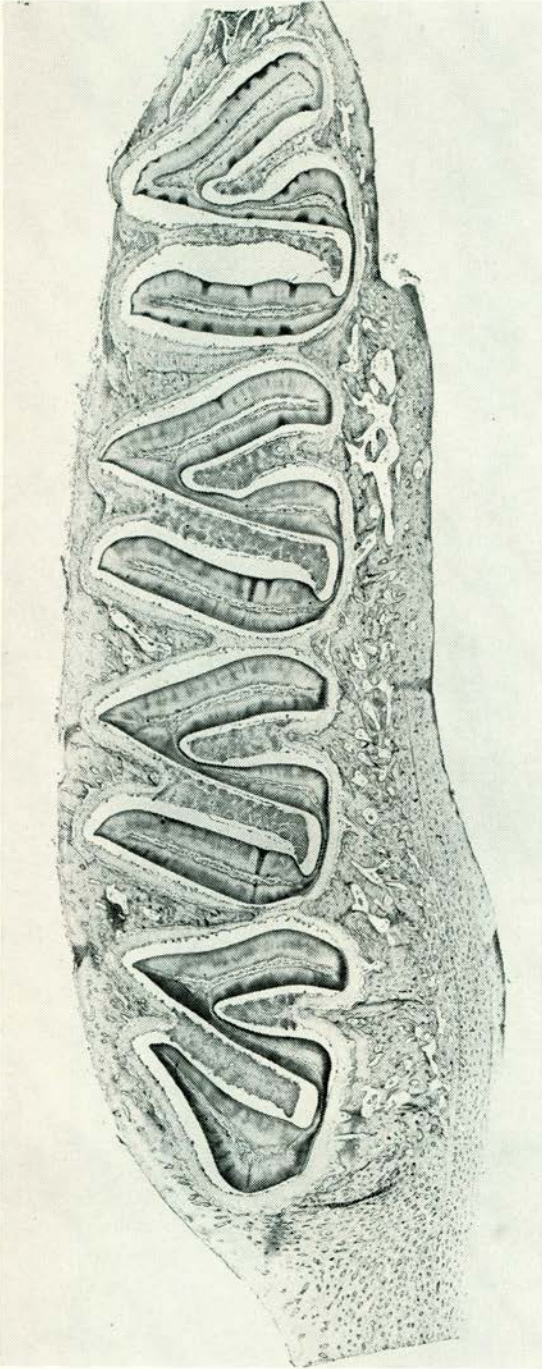
$$I \frac{2}{1}; C \frac{0}{0}; P \frac{3}{2}; M \frac{3}{3}. \text{ De premolaren en de molaren van de onderkaak (afb. 1)}$$

\*) Paraplast, R. Brunswick, Health and Science Ltd.



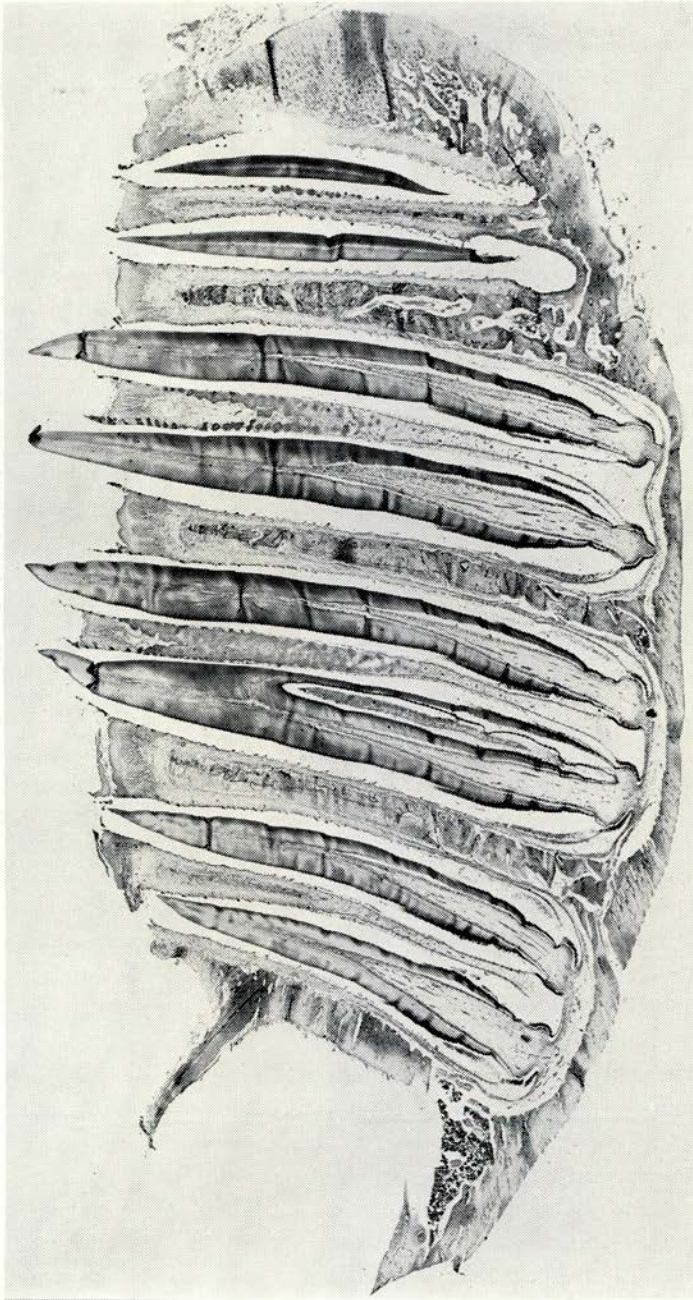
Afb. 1. *Konijn*. Kiezen in onderkaak in coupe evenwijdig aan de lengteassen; apicaal de blijvende glazuurorganen; elke kies bestaat uit 2 dentinecilinders, waarin pulpaweefsel; het rijpe glazuur is tijdens de ontkalking verdwenen. (Kleuring H.E.; oorspr. vergr. 13  $\times$ .)

BOVENZIJDJE



Afb. 2. *Cavia*. Premolaar en molaren in loodrecht op de lengteassen gelegen coupe door de onderkaak; het glazuur is tijdens de ontkalking verdwenen; de cementparels zijn op sommige plaatsen nog juist als kleine puntjes herkenbaar. (Kleuring H.E.; oorspr. vergr. 13  $\times$ .)

BOVENZIJD



Afb. 3. *Cavia*. Premolaar en molaar in coupe evenwijdig aan de lengteassen. (Kleuring H.E.; oorspr. vergr. 13 ×)



bestaan uit twee dentinecilinders, die aan de linguale zijde door een dunne dentinebrug met elkaar zijn verbonden. Zij zijn grotendeels bekleed met glazuur en geheel omgeven door een dunne laag acellulair cement. In de buccale spleet tussen beide plooiën van elk element bevindt zich cellulair cement. De continue eruptie vindt met een aanzienlijke snelheid plaats; volgens Hovinga (1968) bedraagt deze 1 mm tot 1,5 mm per week.

De gebitsformule van de cavia luidt (Scott en Symons, 1964):

$I \frac{1}{1}; C \frac{0}{0}; P \frac{1}{1}; M \frac{3}{3}$ . De kiezen (afb. 2, afb. 3) zijn nog sterker geplooid dan die

van het konijn. In de onderkaak bestaan zij uit 3 met elkaar samenhangende dentinecilinders, waartussen zich 2 diepe glazuurplooiën bevinden, nl. een mesiale, die in buccolinguale richting en een distale, die in linguobuccale richting verloopt. De elementen zijn, behalve aan de linguale zijde, bekleed met glazuur. Het acellulaire cement bestaat bij de cavia niet uit een ononderbroken dunne laag, maar uit kleine haardvormige veldjes, de cementparels (Von Brunn, 1891). Alleen op de linguale zijde bevindt zich een ononderbroken laagje acellulair cement. De glazuurplooiën zijn opgevuld met een op kraakbeen gelijkend cement. De snelheid waarmee de continue eruptie plaatsvindt is niet nauwkeurig bekend, maar is waarschijnlijk van dezelfde orde als bij het konijn.

De kiezen van de rat en de hond hebben eenzelfde structuur als die van de mens.

De tandformule van de rat luidt:

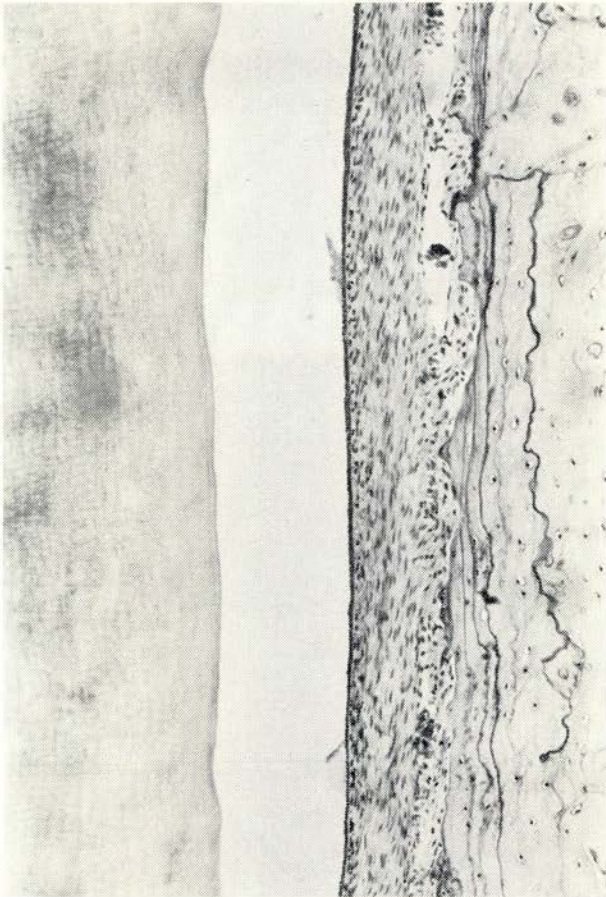
$I \frac{1}{1}; C \frac{0}{0}; P \frac{0}{0}; M \frac{3}{3}$ . Bij de rat hebben de 1e en de 2e molaar in de onderkaak

4 wortels, de 3e 3 wortels. Hoewel rattendmolaren in principe een beperkte eruptie hebben, heeft ook op volwassen leeftijd in samenhang met een toeneming van het cement nog een langzame oraalwaartse opschuiving plaats, die mogelijk (relatief) iets groter is dan bij de hond en de mens (Schour en Massler, 1949).

### Resultaten

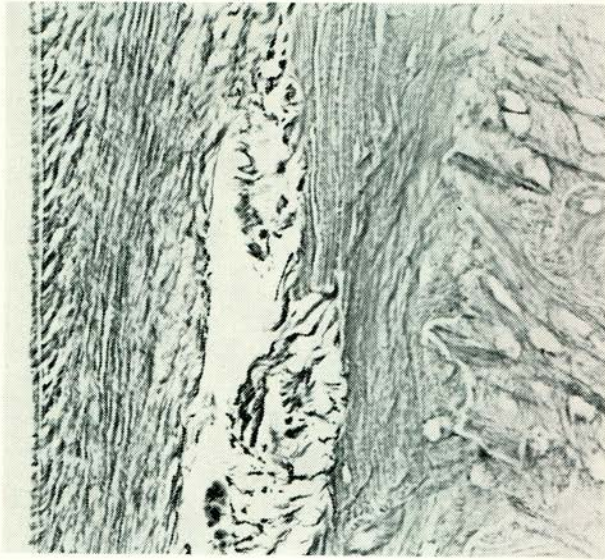
**Konijn:** De apex van de kiezen is omgeven door het glazuurorgaan (afb. 1). Het binnenste glazuurepitheel zet zich oraalwaarts voort tot aan een bovengrens, die op ongeveer één tiende tot één achtste gedeelte van de totale hoogte van de molaar is gelegen (in de glazuurplooi ligt deze grens hoger). Het buitenste glazuurepitheel is alleen in het epitheldiafragma herkenbaar.

Het apicale gedeelte van het periodontium bestaat, tot even beneden de bovengrens van het binnenste glazuurepitheel, uit losmazig relatief celarm bindweefsel, dat weinig, voornamelijk reticuline vezels bevat. Oraalwaarts verandert het echter tamelijk abrupt van aspect: het aantal fibroblasten neemt toe en er verschijnen in toenemend aantal collageen vezels. Van even oraalwaarts van de bovengrens van het binnenste glazuur-epitheel af behoudt het weefsel dan verder tot aan de crista alveolaris hetzelfde aspect (afb. 4).

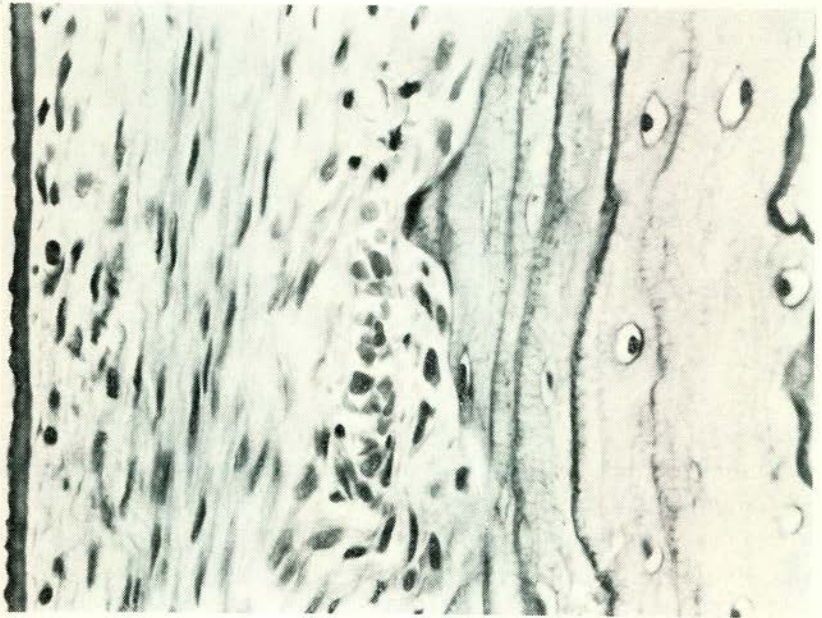


Afb. 4. *Konijn*. Periodontium in coupe door de lengteas van een kies; van rechts naar links alveolair bot, celrijk periodontium met bloedvaten en acellulair cement, spleet waar glazuur tijdens de ontkalking uit verdwenen is en dentine; steil vezelbeloop. (Kleuring H.E.; oorspr. vergr. 260  $\times$ .)

De breedte van het periodontium is over grote afstanden tamelijk gelijkmatig en bedraagt  $100\mu$ – $150\mu$ . De bloedvaten zijn hoofdzakelijk in de onmiddellijke nabijheid van het alveolaire bot gelegen; zij zijn het grootst en het talrijkst in het apicale één derde gedeelte. Van de bovengrens van het binnenste glazuurepitheel af is het element bekleed met een dun laagje cement. Dit word oraalwaarts geleidelijk iets dikker, totdat een maximum van ca.  $15\mu$  is bereikt. Het alveolaire bot en het cement zijn verbonden door collagene vezels, die aan weerszijden als vezels van Sharpey in het bot, resp. het cement zijn verankerd. De in



Afb. 5. *Konijn*. Oriëntatie als in afb. 4; de collagene vezels liggen zeer steil in een netwerk georiënteerd. (Zilverimpr. volgens Gomori; oorspr. vergr. 650  $\times$ .)



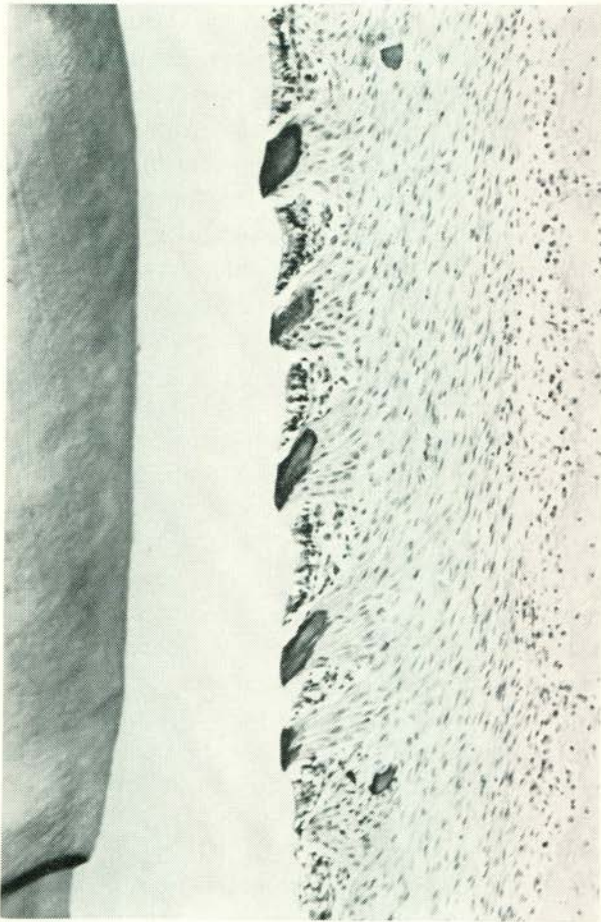
Afb. 6. *Konijn*. Oriëntatie als in afb. 4; celrijk bindweefsel met zeer steil vezelbeloop. (Kleuring H.E.; oorspr. vergr. 1040  $\times$ .)

het bot gefixeerde bundels zijn wat zwaarder dan die in het cement. Individuele vezelbundels die als zodanig het periodontium overbruggen zijn er niet; de bundels vormen een netwerk met lange en smalle mazen, waarin de fibroblasten liggen. In een vlak ongeveer loodrecht op de lengteas van het element is de oriëntatie van de vezels hoofdzakelijk radiair, in de lengterichting van het element lopen zij van het bot af in apicaalwaartse richting steil naar het element; zij maken met parallel aan de buitencontour van het element in het periodontium gedachte lijnen hoeken in een grootte-orde van  $\pm 10\mu$  (afb. 5). In de nabijheid van het alveolaire bot is het vezelnetwerk onderbroken door lacunes, waarin de bloedvaten lopen.

De fibroblasten zijn talrijk; zij zijn parallel aan de vezels in het netwerk georiënteerd. De kernen zijn matig chromatinerijk (afb. 6). Er wordt een sporadische mitose gevonden. Reticuline vezels komen alleen in directe relatie met de bloedvaten voor.

*Cavia*: Ook bij dit dier is de apex van de kiezen omgeven door het glazuurorgaan (afb. 3). Het binnenste glazuurepitheel zet zich oraalwaarts ononderbroken voort tot aan een bovengrens, die op ongeveer één derde van de totale lengte van de molaar is gelegen; de epitheelcellen worden over deze afstand geleidelijk wat lager. Van de genoemde grens af tot aan de gingiva bevindt zich eveneens nog glazuurepitheel, maar dit wordt hier op korte afstanden telkens onderbroken door kleine haardjes van verkalkt bindweefsel, die op het glazuur gefixeerd zijn: cementparels van Von Brunn (afb. 7, 8). De cellen van het buitenste glazuurepitheel zijn alleen in het epitheeldiafragma nog aanwezig. Het, tamelijk volumineuze, reticulaire epitheel van het glazuurorgaan blijft oraalwaarts over geruime afstand van het eigenlijke periodontium gescheiden door een duidelijk aantoonbare basale membraan.

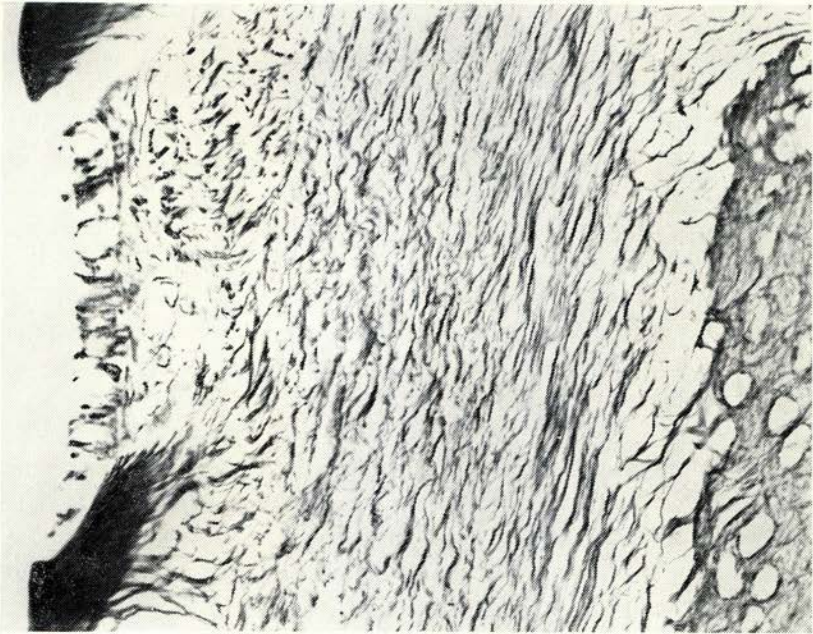
Het periodontium is in het gebied van het glazuurorgaan smal. Het is hier relatief celarm; het bevat een aantal reticulinevezels, die parallel aan het oppervlak van het element zijn gerangschikt, doch geen collage-vezels. Oraalwaarts grenst hieraan een zone, waarin het aantal cellen tamelijk abrupt toeneemt, terwijl er ook in snel toenemend aantal collage-vezels in verschijnen. Het eigenlijke periodontium wordt hier, evenredig met de oraalwaartse versmalling van het glazuurorgaan, snel breder. Oraalwaarts vanaf een niveau op ongeveer één vierde van de totale hoogte van het element gelegen, behoudt het periodontium, dat hier een breedte heeft van  $\pm 100\mu$ , eenzelfde histologisch aspect (afb. 7); wel wordt het geleidelijk nog iets breder en wel tot een maximum



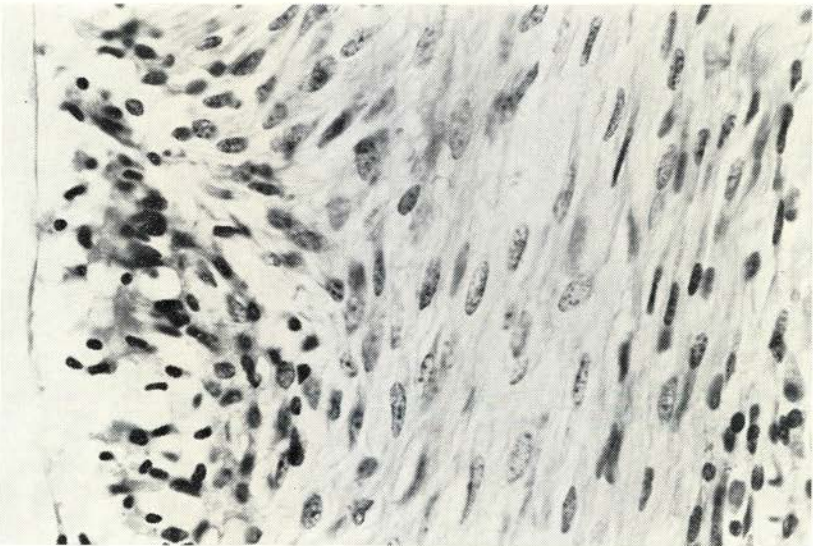
Afb. 7. *Cavia*. Periodontium in coupe door lengteas van een kies; van rechts naar links alveolair bot, celrijk periodontium met steil vezelbeloop, cementparels gescheiden door glazuurepitheel, spleet waar glazuur tijdens de ontkalking uit verdwenen is en dentine. (Kleuring H. E.; oorspr. vergr. 260  $\times$ .)

van  $\pm 180\mu$  ter hoogte van de crista alveolaris. De bloedvaten liggen hoofdzakelijk in de onmiddellijke nabijheid van het alveolaire bot. Zij zijn, vergeleken met die bij het konijn, wat geringer in aantal en diameter.

Van het niveau af, waarop de cementparels verschijnen, overbruggen collagene vezelbundels het periodontium. Aan de zijde van het element eindigen zij in de parels. Evenmin als bij de andere onderzochte soorten is hier sprake van vezelbundels, die individueel het gehele wortelvlies



Afb. 8. *Cavia*. Oriëntatie als in afb. 7; de steil verlopende collageene vezelbundels vormen een netwerk; let op de cementparels. (Zilverimpr. volgens Gomori; oorspr. vergr. 650  $\times$ .)



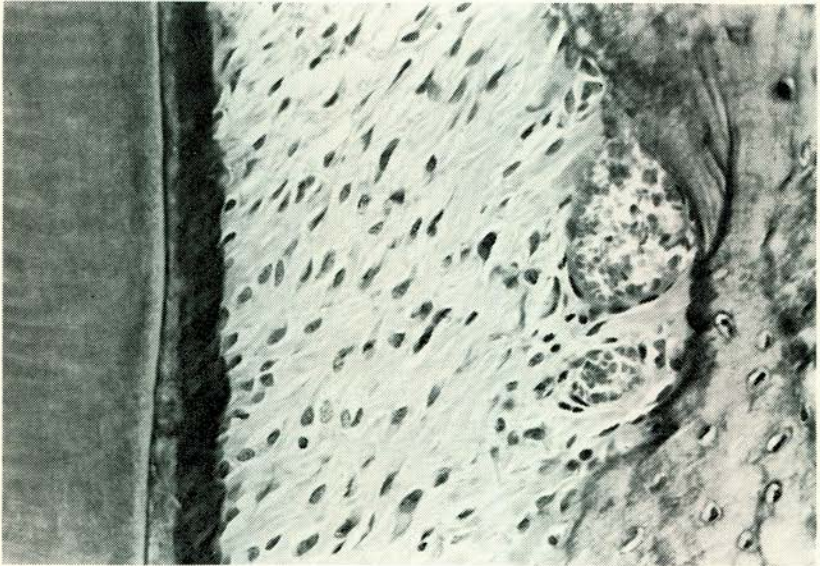
Afb. 9. *Cavia*. Oriëntatie als in afb. 7; celrijk bindweefsel met grote, blazige kernen, die duidelijke nucleolen bevatten; steil vezelbeloop. (Kleuring H.E.; oorspr. vergr. 1040  $\times$ .)

overbruggen. Zij vormen een netwerk met langwerpige, smalle mazen, waarin de fibroblasten zijn gelegen. De bundels verlopen iets minder steil dan bij het konijn. Zij maken met evenwijdig aan de buitenste contour van het element in het periodontium gedachte lijnen hoeken in een grootte-orde van  $\pm 20^\circ$  (afb. 8). Waar de bundels in de cementparels eindigen, lopen zij minder steil dan elders in het periodontium. Alleen in de nabijheid van de crista alveolaris wordt het vezelbeloop in zijn geheel minder steil.

Het aantal fibroblasten is ongeveer gelijk aan dat bij het konijn; de kernen zijn iets groter (afb. 9). Ook hier worden sporadische mitosen gevonden. Reticuline vezels zijn alleen aanwezig in de wanden van de bloedvaten en perivascularair.

*Rat:* Bij de rat worden in het periodontium als resten van het glazuurorgaan slechts eilandjes van Malassez teruggevonden. De wortels van de molaren zijn in het apicale gebied bedekt met een vrij brede laag cement, dat oraalwaarts smaller wordt. In het apicale gebied bevat het cement cementocyten, meer coronairwaarts is het acellulair.

De breedte van het periodontium is op alle niveaus ongeveer dezelfde



Afb. 10. *Rat.* Periodontium in coupe door lengteas van een kies; van rechts naar links alveolair bot, wat celarmer bindweefsel dan bij de cavia, cement en dentine. (Kleuring H.E.; oorspr. vergr. 650  $\times$ .)

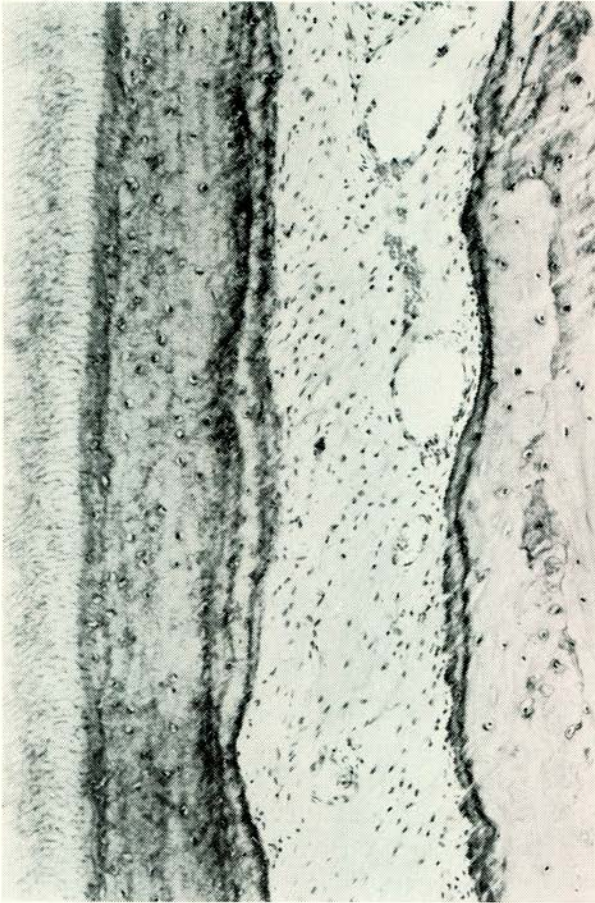


Afb. 11. *Rat.* Oriëntatie als in afb. 10; minder steil beloop van in een netwerk gelegen collagene vezels. (Kleuring Van Gieson; oorspr. vergr. 1040  $\times$ .)

en bedraagt  $\pm 120\mu$ . Het wortelvlies bestaat uit bindweefsel (afb. 10) dat, anders dan bij het konijn en de cavia, noch wat de cel- en vezelrijkdom, noch wat de aard van de tussenstof aangaat, regionale verschillen toont. Ook hier bevinden de meeste bloedvaten zich in de onmiddellijke nabijheid van het alveolaire bot; zij zijn apicaal het talrijkst. De collagene vezelbundels vormen ook hier een netwerk waarvan het patroon analoog is aan dat bij de reeds beschreven dieren; het beloop is echter minder steil (afb. 11). Met evenwijdig aan de buitencontour van het element in het wortelvlies gedachte lijnen maken zij hoeken in een grootte-orde van  $40^\circ$  tot  $50^\circ$ . Het aantal fibroblasten is kleiner; de grootte van de cellen en van de kernen is iets geringer dan bij het konijn en de cavia. Mitosen worden niet gevonden. Reticulinevezels komen vrijwel uitsluitend in relatie met de bloedvaten voor.

*Hond:* De organisatie van het wortelvlies is analoog aan die bij de rat. De periodontiumspleet is het breedst tussen het element en het interalveolaire bot:  $\pm 275\mu$ , en het smalst tussen de wortels en het interradiculaire septum:  $\pm 180\mu$ . Op korte afstand van het cement bevinden zich eilandjes van Malassez. Ook bij de hond is het apicale gedeelte van het periodontium het rijkst aan bloedvaten; zij liggen verspreid over de





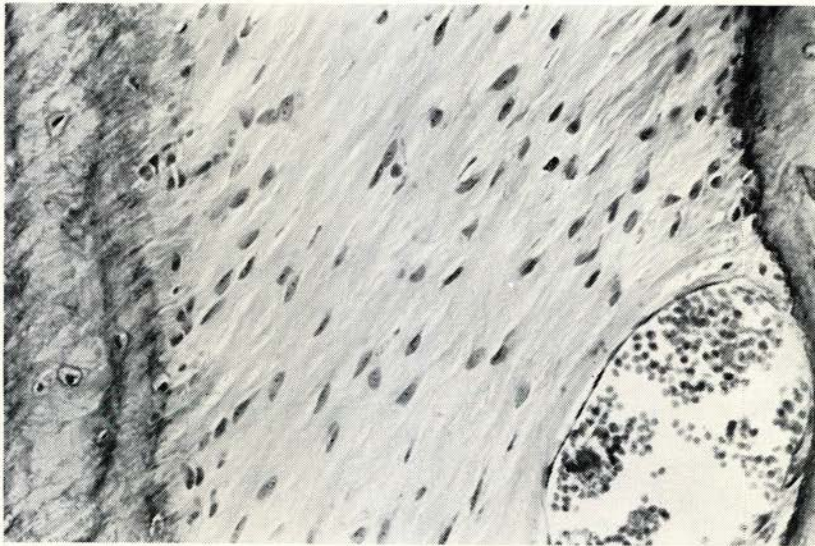
Afb. 12. *Hond*. Periodontium in coupe door lengteas van een kies; rechts tandkas, links element; betrekkelijk celarm bindweefsel met minder steil vezelbeloop dan bij konijn en cavia. (Kleuring H.E.; oorspr. vergr. 260  $\times$ .)

gehele breedte van het wortelvlies. De collageen vezels vormen een netwerk dat bestaat uit tamelijk zware vezelbundels. De mazen van het netwerk zijn iets wijder, maar de vezels lopen ongeveer even steil van het alveolaire bot naar het cement als bij de rat; de fibroblasten, waarvan de kernen iets kleiner zijn, zijn geringer in aantal. Mitosen worden niet gezien (afb. 12, 13 en 14).

*Mens*: De structuur van het wortelvlies van de eerste premolaar uit de onderkaak toont grote overeenkomst met het periodontium van de hond. De periodontiumspleet is ongeveer halverwege de wortel het



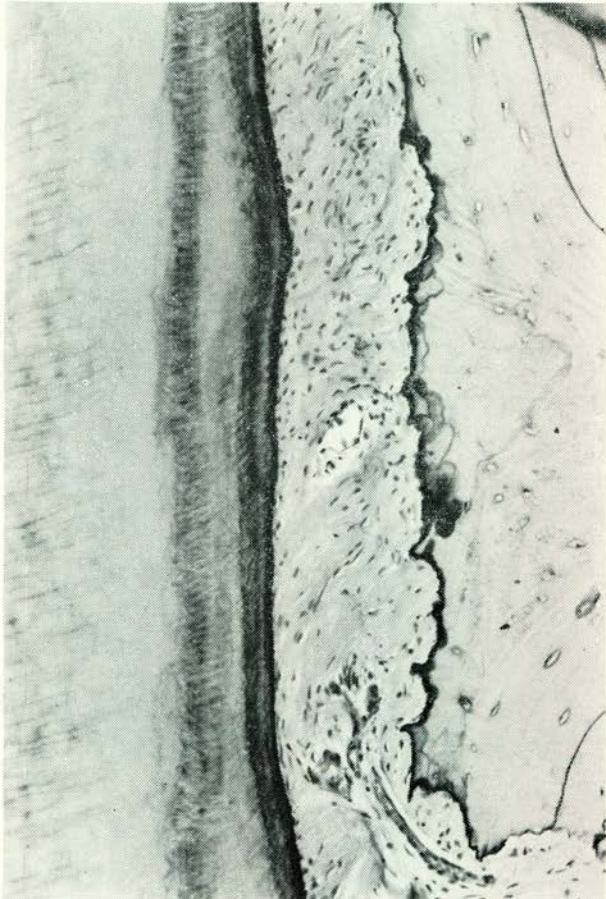
Afb. 13. *Hond*. Oriëntatie als in afb. 12; de vezels verlopen minder steil dan bij konijn en cavia. (Kleuring Van Gieson; oorspr. vergr. 650  $\times$ .)



Afb. 14. *Hond*. Oriëntatie als in afb. 12; betrekkelijk celarm periodontium. (Kleuring H.E.; oorspr. vergr. 650  $\times$ .)

smalst:  $\pm 150\mu$ ; apicaalwaarts en oraalwaarts daarvan neemt de breedte toe tot resp.  $\pm 250\mu$  en  $\pm 200\mu$  maximaal. Dit geldt zowel aan de mesiale als aan de distale zijde. De bloedvaten zijn op dezelfde wijze verdeeld als bij de hond, doch zij zijn van iets groter kaliber.

De collagege vezelbundels zijn iets zwaarder dan bij de hond; zij vormen op dezelfde wijze een netwerk; de steilheid van het vezelbeloop is bij beide soorten van ongeveer dezelfde orde (afb. 16). De fibroblasten zijn iets talrijker dan bij de hond (afb. 15), hun kernen zijn meer langwerpig, met een iets dichter chromatine structuur. Mitosen worden niet gezien. Ook hier komen reticulinevezels vrijwel uitsluitend in nauwe relatie tot de bloedvaten voor.



Afb. 15. *Mens.* Periodontium van de eerste premolaar; tamelijk celarm bindweefsel. (Kleuring H.E.; oorspr. vergr. 260  $\times$ .)



Afb. 16. *Mens*. Weinig steil verlopende, in een netwerk gelegen collagene vezels. (Kleuring Van Gieson; oorspr. vergr. 1040  $\times$ .)

De histologische preparaten zijn ongeschikt om de graad van steilheid, waarmee de vezels zijn georiënteerd, exact morfometrisch vast te stellen. Dit is o.m. te wijten aan de onmogelijkheid om coupes te vervaardigen welke nauwkeurig door de lengteas van een element of zuiver loodrecht daarop gelegen zijn. Wèl was het mogelijk om de graad van steilheid op een wat meer objectieve wijze te benaderen.

Hiertoe werden van elke onderzochte soort in een mesiodistaal vlak gesneden coupes uitgezocht, die zoveel mogelijk door de lengteas van het element waren gelegen. Hiervan werden van, halverwege de apex van het element en de crista alveolaris gelegen, gedeelten van het periodontium microfoto's (vergr. 200  $\times$ , 500  $\times$ ) vervaardigd. In de foto's werden op verschillende plaatsen in het periodontium, o.a. halverwege de wortelspleet, lijnen aangebracht die aan de buitencontour van het element evenwijdig liepen. Van een groot aantal vezels werd nu de hoek gemeten, die elke vezel met de ingetekende lijn vormde.

Hieruit bleek, dat deze hoeken bij het konijn in een orde van grootte liggen van omstreeks  $10^\circ$  en bij de cavia van omstreeks  $20^\circ$ , terwijl bij de mens, de hond en de rat hoeken van een grootte-orde van omstreeks  $50^\circ$  werden gevonden.

### *Beschouwingen*

Bij elementen met een continue eruptie blijft het glazuurorgaan tijdens het gehele leven bestaan. Het bindweefsel om dit tandkiemweefsel in de

apicale zone is celarmer en losmaziger dan elders in het periodontium: het bevat slechts schaarse reticuline- en in het geheel geen collagene vezels. Afgezien echter van dit regionaal afwijkende karakter (en van een soortspecifiek verschil als het voorkomen van cementparels in plaats van een bekleding met een ononderbroken laagje cement bij de cavia) is de histologische organisatie van het wortelvlies bij elementen met een continue eruptie in principe gelijk aan die bij elementen met een beperkte eruptie.

In het alveolaire bot en in het cement liggen de vezelbundels van Sharpey verankerd. In het eigenlijke periodontium splitsen deze zich spoedig in fijnere bundels, die zich op hun beurt nog verder splitsen maar ook weer samengaan met andere. Er zijn geen individuele bundels die als zodanig de gehele wortelspleet overbruggen, doch de vezels vormen een netwerk met langwerpige en nauwe mazen. Ook anderen zijn tot eenzelfde conclusie gekomen, o.a. Zwarych en Quigley (1965) voor de muis, Wetzel (1967) voor enkele apensoorten, rund, hond, konijn, cavia en vleermuis en Ciancio en medewerkers (1967) voor het konijn. Opsplitsing en samenvoeging van fijnere vezelbundels zijn niet beperkt tot een betrekkelijk smalle plexus intermedius.

Doordat zij een zeer langgerekt netwerk vormen zijn de vezels, afgezien van de meest apicale en de in de onmiddellijke nabijheid van de cristae alveolares gelegen gebieden, overal met slechts geringe afwijkingen in gelijke zin georiënteerd. In coupes dwars op de lengteas van de elementen zijn de vezels hoofdzakelijk radiaal gerangschikt; in de lengterichting lopen zij van oraal aan de zijde van het alveolaire bot schuin apicaalwaarts naar het element.

Uit de resultaten van vergelijkend histologisch onderzoek blijkt nu, dat er naast alle principiële overeenkomsten toch ook bepaalde verschillen bestaan tussen de periodontia van enerzijds elementen met een continue eruptie (konijn en cavia) en anderzijds die van elementen met een beperkte eruptie (mens, hond en rat). Zo zijn de periodontia van elementen met een continue eruptie duidelijk rijker aan fibroblasten. Deze laatste hebben bovendien kernen van wat grotere afmeting met duidelijke nucleoli. Ook worden hier, zij het in gering aantal, mitosen aangetroffen, hetgeen bij de soorten met een beperkte eruptie nauwelijks het geval is. Bovendien zijn bij de eerstgenoemde dieren de vezelbundels minder zwaar.

Het meest treffend is echter het verschil in vezelbeloop. Bij de elementen met een continue eruptie zijn de vezels in het netwerk zeer steil

georiënteerd, bij de volwassen elementen met een beperkte eruptie daarentegen veel minder steil. Aan dit aspect van het vezelbeloop is tot dusverre door slechts enkelen aandacht geschonken. Hinrichsen (1955) vermeldt dat bij de goudhamster (*mesocricetus auratus*), een dier met snel groeiende elementen, het vezelbeloop veel steiler is dan bij de mens, bij wie de doorbraak veel trager verloopt. Bernick (1960) vond, dat het vezelbeloop in het periodontium van rattemolaren tijdens de eruptie steiler is dan in oudere stadia. Trott (1962) beschreef bij rattemolaren tijdens de eruptie een steiler vezelbeloop dan bij elementen, die het occlusievlak hadden bereikt. Levy en Bernick (1968) vonden hetzelfde voor melkelementen van de meerkat. Algemeen wordt aangenomen dat het karakteristieke, schuin apicaalwaarts op de tand georiënteerde, vezelbeloop een functionele aanpassing van het periodontium aan de kauwfunctie vertegenwoordigt: de typische oriëntatie verzekert een soepele bevestiging van de elementen.

Het bestaan van een constant verschil in de graad van steilheid van het vezelbeloop tussen elementen met een beperkte en met een continue eruptie wijst erop dat juist ook dit verschil een functionele betekenis moet hebben. Zoals uit het literatuuroverzicht bleek, moet worden aangenomen, dat het periodontium dank zij een voortdurende metabole activiteit in staat is om tijdens de eruptie de functie van fixatie van een element te combineren met het toelaten van een oraalwaartse opschuiving van dat element, m.a.w. dank zij een voortdurende „ombouw”. Wij menen, dat de mate van steilheid van het vezelbeloop nu juist in dit verband van betekenis moet zijn en wel op grond van de volgende overwegingen.

Het opschuiven van een erupterend element impliceert een verschuiving in oraalwaartse richting van de vezelaanhechtingen aan de tand ten opzichte van die aan het alveolaire bot. Zouden de individuele vezels bij deze verplaatsing als zodanig in stand blijven, dan zou hun beloop steeds minder steil worden, hetgeen implicaties zou hebben voor hun mechanische functie tijdens de belasting van het element. Bovendien zou de lengte van elke vezelbundel in toenemende mate de werkelijke lengte gaan overschrijden, die nodig is om de kleiner wordende afstand tussen de aanhechtingspunten aan tand en alveolair bot te overbruggen. Een eenvoudige geometrische beschouwing leert nu, dat bij een gegeven breedte van de periodontiumspleet en bij een gegeven eruptiesnelheid dit „lengte-overschot” van de vezel afhankelijk is van het oorspronkelijke beloop en wel in die zin, dat het „overschot” verhoudings-

gewijs kleiner is, naarmate de vezel oorspronkelijk steiler was georiënteerd.

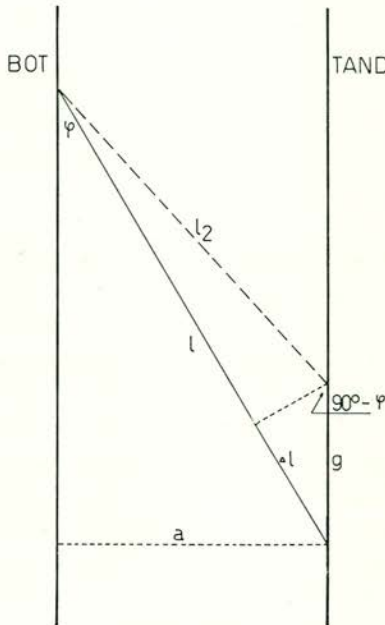
Ter vereenvoudiging wordt aangenomen, dat tand en alveolair bot door ononderbroken individuele vezels zijn verbonden. Stellen wij de grootte van de hoek die een vezel 1 met de tand (en met het alveolaire bot) maakt op  $\varphi$ , de breedte van de periodontiumspleet op  $a$ , de verplaatsing bij de eruptie op  $g$ , en noemen wij de vezel aan het eind van de eruptie  $l_2$  (afb. 17), dan bedraagt de korting van de vezel  $\Delta l$  tengevolge van de eruptie over de afstand  $g: l - l_2$ . Bij benadering geldt nu  $a =$

$l \cos (90 - \varphi) = l \sin \varphi$ . Dus  $l = \frac{a}{\sin \varphi}$ . Verder geldt (eveneens bij benadering)  $\Delta l =$

$g \cos \varphi$ . De relatieve verkorting van de vezel 1 als functie van de hoek  $\varphi$  ('de steilheid') kan dus als volgt worden uitgedrukt:

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{g \cos \varphi \sin \varphi}{a} = \frac{g \sin 2\varphi}{2a}$$

Uit deze vergelijking volgt dat de relatieve verkorting van de vezel tengevolge van de eruptie (althans voor beginhoeken van  $0^\circ - 45^\circ$ ) kleiner is, naarmate de beginhoek kleiner (en de steilheid dus groter) was. Bij dieren met een continue eruptie ligt de hoek in de orde van  $10^\circ$  à  $20^\circ$ , bij dieren met een beperkte eruptie in een grootte orde van  $\pm 50^\circ$  (dus dichterbij  $45^\circ$ ).



Afb. 17.

Dit betekent dat de vezels langer in stand kunnen blijven zonder hun mechanische betekenis voor de functie van het periodontium te verliezen, naarmate hun beloop steiler is. Aldus zal een steiler vezelbeloop tijdens de doorbraak van elementen met een beperkte eruptie en bij elementen met een continue eruptie ook daarna, het periodontium in staat kunnen stellen om aan de gestelde functionele eisen te voldoen met behulp van een moleculaire ombouw op een relatief lager niveau. Een steiler vezelbeloop kan m.a.w. een besparend effect op de stofwisseling inhouden en vertegenwoordigt bij elementen met een continue eruptie dan inderdaad een aanpassing aan de functies van het periodontium op histologisch niveau.

De veronderstelling lijkt gewettigd, dat bij volwassen dieren met een continue eruptie verhoudingsgewijs hogere eisen aan de stofwisseling in het periodontium zullen worden gesteld, dan bij volwassen dieren met een beperkte eruptie. Dit in aanmerking genomen, zouden de grotere celrijkdom en de cytologische tekenen van een grotere activiteit van de celkernen (groter kernvolume, voorkomen van meer mitosen) bij dieren met een continue eruptie eveneens morfologische uitingen van een functionele aanpassing kunnen vertegenwoordigen.

#### *Samenvatting:*

Bij knaagdieren tonen soms alleen de incisieven, soms alle elementen continue eruptie. Sicher vroeg zich af hoe het periodontium in staat is om een voortdurende verplaatsing toe te laten en het element toch voldoende stevig te fixeren. Blijkens de literatuur is een verklaring voor deze „paradox” hoofdzakelijk in de histologische structuur van het wortelvlies gezocht.

Sommigen menen met Sicher, dat er een plexus intermedius bestaat. Hiermede wordt bedoeld een halverwege de tandkas en het element gelegen zone, waarin de collageen vezelbundels zich zouden opsplitsen in fijne vezels, waartussen voortdurend onderlinge verbindingen zouden ontstaan en weer verloren gaan. Andere auteurs konden het bestaan van een plexus intermedius echter niet bevestigen. De resultaten van het in de laatste jaren toegepaste autoradiografische onderzoek van het wortelvlies leveren evenmin aanwijzingen op voor het bestaan van een plexus intermedius, maar suggereren dat het weefsel aan ogenschijnlijk tegenstrijdige eisen kan voldoen door middel van een voortdurende „ombouw” op moleculair niveau. Het blijft niettemin aannemelijk, dat de histologische structuur van het wortelvlies is aangepast aan functionele eisen. Van dit gezichtspunt uit werd de histologische bouw van volwassen periodontia van dieren met een continue eruptie: konijn, cavia, vergeleken met die van soorten met een beperkte eruptie: mens, hond, rat. De resultaten kunnen als volgt worden samengevat.

Er bestaat een principiële overeenkomst in histologische bouw tussen periodontia van volwassen elementen met een continue en met een beperkte eruptie.

Er worden geen individuele vezelbundels gevonden, die als zodanig de wortel-



spleet overbruggen, maar de collagege vezels vormen een netwerk. Dit is echter zo langgerekt en engmazig, dat de vezels niettemin bij benadering in éénzelfde richting georiënteerd liggen.

Bij alle principiële overeenkomst in de organisatie bestaan toch bepaalde verschillen tussen de periodontia van elementen met een continue en met een beperkte eruptie. Bij een continue eruptie is het weefsel celrijker en suggereert het cytologische aspect van de fibroblastenkernen een grotere activiteit.

Het meest treffende verschil bestaat echter daarin, dat bij een continue eruptie de collagege vezelbundels veel steiler van het alveolaire bot apicaalwaarts naar het element verlopen dan bij een beperkte eruptie. Bij een continue eruptie maken de vezels in lengtecoupes, met parallel aan de buitencontour van het element in het periodontium gedachte lijnen, hoeken in een orde van grootte van  $10^\circ$  à  $20^\circ$ , terwijl deze hoeken bij een beperkte eruptie van een grootte orde van omstreeks  $50^\circ$  zijn.

Deze constante verschillen zijn niet eerder als zodanig gesignaleerd. Zij zijn naar onze mening echter belangrijk, want zij kunnen worden beschouwd als een morfologische aanpassing aan functionele eisen, passend in de conceptie van een voortdurende „ombouw” van het weefsel op moleculair niveau. Uit een geometrische beschouwing blijkt nl., dat de vezels bij een continue eruptie langer in stand kunnen blijven zonder hun mechanische functie te verliezen, naarmate hun beloop steiler is. De afstand, die door de vezels moet worden overbrugd, wordt door de oraalwaartse beweging van het erupterende element verkort; deze verkorting is echter relatief geringer, naarmate het vezelbeloop steiler is. Het steilere vezelbeloop bij elementen met een continue eruptie kan dus een sparend effect hebben op de metabole activiteit van het periodontium, welke nodig is om voortdurend collagege vezels te vervangen.

De grotere celrijkdom en de cytologische aanwijzingen voor een grotere activiteit van de fibroblastenkernen in het periodontium van elementen met een continue eruptie passen in de veronderstelling dat hier de moleculaire ombouw zich op een hoger niveau zal afspelen dan bij elementen met een beperkte eruptie.

#### *Summary:*

Rodents possess continuously erupting teeth and as Sicher has pointed out, the question arises in which way the periodontal membrane of such species succeeds in fixating the tooth adequately, yet permitting it to move continuously upwards. Most authors, in looking for an explanation of this apparent paradox, have done so by studying the histological structure of the membrane.

Some agree with Sicher's views in accepting the existence of a so-called intermediate plexus. By this term a narrow zone is meant, localized in the periodontal membrane about halfway between the tooth and its socket, in which zone the collagen fibre bundles become split up into thin fibres. Within this plexus the thin fibres would continuously become connected and disconnected, thus enabling the periodontal membrane to meet the functional requirements involved in continuous eruption. Others however, could find no evidence for the existence of such a plexus. Nor did autoradiographic studies in recent years yield data consistent with the existence of a specialized zone in the periodontal membrane. They do in fact suggest, that the mechanical demands can be met because of a continuous turn-

over on a molecular level in the cells as well as in the intercellular substance, including the fibres.

Even so it is likely that also on a light-microscopical level the structure of the membrane will be adapted to its mechanical functions. For that reason the histological structure of the periodontal membranes of continuously erupting teeth in adult rabbits and guinea pigs has been compared with that of the membranes of non-continuously erupting adult teeth in man, dogs and rats. From this study the following conclusions may be drawn.

The periodontal membrane does not contain bundles of collagen fibres bridging completely the distance between the tooth and its socket, but the fibres are arranged in a network with meshes so narrow, that all fibres are virtually orientated in the same direction.

Though the histological organization of the periodontal membranes of continuously erupting teeth is essentially the same as that of the membranes of non-continuously erupting adult teeth, certain constant differences on the other hand do exist between them. The membranes of continuously erupting teeth are more cellular, but moreover the appearance of the nuclei of the fibroblasts suggest these to be more active than those of the membranes of non-continuously erupting teeth.

Most striking however, is the fact that in descending from the socket towards the tooth, the course of the collagen fibres is much steeper in continuous eruption than in non-continuous eruption. Actually, in sections through the axis of the tooth, the angle between the fibres and a line parallel to the outer contour of the tooth, varies approximately from  $10^{\circ}$  to  $20^{\circ}$  in rabbits and guinea pigs, whereas in the non-continuously erupting teeth of man, dogs and rats, this angle is about  $50^{\circ}$ .

It is surprising that up till now little attention has been paid to this consistent difference, as it can well be considered to represent a morphological adaptation to functional requirements, fitting in with the concept of a continuous turnover taking place in the tissue. From a geometrical point of view it is evident, that in continuous eruption, the steeper the course of the fibres, the longer they may persist without losing their mechanical function. As the tooth moves, the distance bridged by the fibres becomes gradually shorter; the extent of this shortening however, will be smaller according to an increasing steepness of the fibres. Therefore, in continuous eruption the steeper course of the fibres may bring about a sparing effect on the metabolic activity needed for the steady replacement of fibres.

Furthermore the greater cellularity and the evidence of greater nuclear activity in the periodontal membranes of continuously erupting teeth are consistent with a molecular turnover at a higher level than in the membranes of non-continuously erupting teeth.

Wij danken Dr. J. Strackee voor zijn hulp.

#### Literatuur:

1. *Anderson, A. A.* (1967): The protein matrices of the teeth and periodontium in hamsters. *J. Dent. Res.* 46: 67.
2. *Bernick, S.* (1960): The organization of the periodontal membrane fibres of the developing molars of rats. *Arch. Oral Biol.* 2: 57.

3. *Brunn, A. von* (1891): Beiträge zur Kenntnisse der Zahnentwicklung. Arch. f. mikr. Anat. 38: 142.
4. *Carneiro, J., Fava de Moraes, F.* (1965): Radioautographic visualization of collagen metabolism in the periodontal tissues of the mouse. Arch. Oral Biol. 10: 833.
5. *Ciancio, S. C., Neiders, M. E., Hazen, S. P.* (1967): The principal fibres of the periodontal ligament. J. Am. Soc. Period. 5: 76.
6. *Crumley, P. J.* (1962): geciteerd door S'ern, I. B. (1964): An electron microscopic study of the cementum, Sharpey's fibers and periodontal ligament in the rat incisor. Am. J. Anat. 115: 377.
7. *Crumley, P. J.* (1964): Collagen formation in the normal and stressed periodontium. J. Am. Soc. Period. 2: 53.
8. *De Terra, P.* (1911): Vergleichende Anatomie des menschlichen Gebisses und der Zähne der Vertebraten. Gustav Fischer, Jena Verlag.
9. *Eccles, J. D.* (1959): Studies on the development of the periodontal membrane. The principal fibres of the molar teeth. Dent. Practit. 10: 31.
10. *Eccles, J. D.* (1961): Studies on the development of the periodontal membrane. The apical region of the erupting tooth. Dent. Practit. 11: 153.
11. *Eccles, J. D.* (1964): The development of the periodontal membrane in the rat incisor. Arch. Oral Biol. 9: 127.
12. *Eccles, J. D.* (1965): The effects of reducing function and stopping eruption on the periodontium of the rat incisor. J. Dent. Res. 44: 860.
13. *Fullmer, H. M.* (1967): Connective tissue components of the periodontium. In: A. E. W. Miles, Ed. Structural and chemical organization of teeth. vol. 2: p. 349. Acad. Press; New York - London.
14. *Gerhardt, U.* (1909): Das Kaninchen. Verlag Dr. Werner Klinckhardt, Leipzig.
15. *Hindle, M. O.* (1967): The intermediate plexus of the periodontal membrane. In: The mechanisms of tooth support. A symposium. p. 66. Ed. Anderson, D. J., Eastoe, J. E., Melcher, A. H. and Picton, D. C. A., Wright, Bristol.
16. *Hinrichsen, K.* (1955): Funktionsentwicklung des Paradontium beim Goldhamstermolaren. Acta Anat. 23: 161.
17. *Hovinga, J.* (1968): Replantatie en transplantatie van tanden. Een experimenteel en klinisch onderzoek. Diss. Amsterdam.
18. *Hunt, A. M.* (1959): A description of the molar teeth and investing tissues of normal guinea pig. J. Dent. Res. 38: 216.
19. *Jenkins, G. N.* (1966): The physiology of the mouth. p. 194. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
20. *Kérébel, B., Balouet, G.* (1967): Observations sur le plexus intermédiaire du ligament parodontal. Actualités Odontostomat. 80: 395.
21. *Levy, B. M., Bernick, S.* (1968): Studies on the biology of the periodontium of Marmosets: II. Development and organization of the periodontal ligament of deciduous teeth in Marmosets (*Callithrix jacchus*). J. Dent. Res. 47: 27.
22. *Mörike, K. D., Konstandinidou, E.* (1965): Zur Problematik des Faserumbaus im Periodontium der permanent wachsenden Nagerschneidezähne. Z. f. mikr.-anat. Forsch. 73: 73.
23. *Ness, A. R.* (1967): Eruption - A review. In: The mechanisms of tooth support. A symposium. p. 84. Ed. Anderson, D. J., Eastoe, J. E., Melcher, A. H., Picton, D. C. A., Wright, Bristol.

24. Ramos, A. B., Jr., Hunt, A. M. (1967): Remodelling of the periodontal ligament of guinea pig molars. In: The mechanisms of tooth support. A symposium. p. 107. Ed. Anderson, D. J., Eastoe, J. E., Melcher, A. H., Picton, D. C. A., Wright, Bristol.
25. Santoné, P. (1935): Studien über den Aufbau, die Struktur und die Histogenese der Molaren der Säugetiere. I. Molaren von *Cavia Cobaya*. Z. mikr.-anat. Forsch. 37: 49.
26. Schour, I., Massler, M. (1949): The teeth. In: The rat in laboratory investigation. 2-nd. p. 104. Ed. Farris, E. J., Griffith, J. Q., Lippincott Company, Philadelphia.
27. Scott, J. H., Symons, N. B. B. (1964): Introduction to dental anatomy. 4-th ed., p. 368. Livingstone Ltd., Edinburgh, London.
28. Sicher, H. (1923): Bau und Funktion des Fixationsapparates des Meerschweinchenmolaren. Z. Stomatol. 23: 580.
29. Sicher, H. (1942): Tooth eruption: the axial movement of continuously growing teeth. J. Dent. Res. 21: 201.
30. Sicher, H. (1959): Changing concepts of the supporting dental structures. Oral Surg., Oral Med., Oral Path. 12: 31.
31. Stallard, R. E. (1963): The utilization of H<sup>3</sup>-Pro by the connective tissue elements of the periodontium. J. Am. Soc. Period. 1: 185.
32. Stallard, R. E. (1964): The effect of occlusal alterations on collagen formation within the periodontium. J. Am. Soc. Period. 2: 49.
33. Thomas, N. R. (1967): The properties of collagen in the periodontium of an erupting tooth. In: The mechanisms of tooth support. A symposium. p. 102. Ed. Anderson, D. J., Eastoe, J. E., Melcher, A. H., Picton, D. C. A., Wright, Bristol.
34. Trott, J. R. (1962): The development of the periodontal attachment in the rat. Acta. Anat. 51: 313.
35. Weinmann, J. P. (1955): The adaptation of the periodontal membrane to physiologic and pathologic changes. Oral Surg., Oral Med., Oral Path. 8: 977.
36. Wetzel, W. (1967): Zur funktionellen Struktur des Parodontiums einiger Säuger. Stoma 20: 50.
37. Zwarych, P. D., Quigley, M. B. (1965): The intermediate plexus of the periodontal ligament: history and further observations. J. Dent. Res. 44: 383.

James Rosskade 13III, Amsterdam.  
Eikbosserweg 111, Hilversum,