

De Sub-microscopische structuur van het anorganische tandmateriaal

door Dr. W. G. Perdok

Conservator a. h. Kristallografisch Instituut der R. U. te Groningen

Het is overbekend, dat de tanden en kiezen van den mensch voor een zeer belangrijk deel zijn opgebouwd uit anorganisch materiaal en slechts weinig organische stof bevatten. Onder organische stoffen verstaat men verbindingen, waarin het element koolstof voorkomt en onder anorganische stoffen verbindingen, die uit atomen der andere elementen zijn opgebouwd.

Tusschen deze beide soorten van verbindingen, de organische en de anorganische dus, bestaan een aantal merkwaardige verschillen. De organische verbindingen (die dus koolstof bevatten), hebben, om een physischen vakterm te gebruiken, een hoogen energie-inhoud. Dat een chemische verbinding energie kan bevatten, vindt men het duidelijkst gedemonstreerd in de springstoffen, die bij hun explosie een enorme hoeveelheid energie leveren, welke van te voren in de stof zelf aanwezig moet zijn geweest. Maar ook de vreedzame verbranding van hout, papier, turf en kolen is een demonstratie, dat er in deze organische stoffen energie aanwezig was, die bij de verbranding met zuurstof als warmte vrij komt. Een nog vreedzamere verbranding van organische stoffen heeft plaats in het lichaam en het is deze oxydatie in de weefsels, waaraan de energie voor de levensprocessen wordt ontleend. Volgens de klassieke voedingsleer zijn koolhydraten, eiwitten en vetten onze voornaamste voedingsmiddelen en deze zijn wel bij uitstek organische verbindingen: hun koolstofgehalte is resp. 40 % voor de koolhydraten, 50 % voor de eiwitten en 70 % voor de vetten.

Maar niet alleen dienen de organische stoffen als energiebron voor de levensprocessen, ook het levende weefsel is opgebouwd uit organische stoffen en het zal op den duur wel blijken, dat het leven zelf berust op de gekoppelde afbraak en opbouw van zeer ingewikkelde organische moleculen.

De anorganische stoffen zijn doorgaans opgebouwd uit enkele elementen en zuurstof en wel in zoo'n vorm, dat een verdere toevoeging van zuurstof, een verbranding dus, niet meer mogelijk is. Bij

¹⁾ Voordracht gehouden in de vergadering van de Ver. van Ned. Tandartsen op 7 Dec. '46.

anorganische stoffen denken we direct aan zand, steenen en rotsblokken, die in het algemeen zijn opgebouwd uit silicium, aluminium, calcium en zuurstof, en het behoeft wel geen betoog, dat dergelijke stoffen eet- noch brandbaar zijn.

Bij steenen en rotsblokken denken we ook direct aan hardheid en daarmee kom ik op een ander belangrijk verschilpunt tusschen anorganische en organische stoffen. De anorganische stoffen zijn in het algemeen hard en stevig, zooals amaryl, gesteentevormende silicaten, glas, edelsteenen als kwarts, saffier, enz.; de organische zijn echter veel zachter, men denke maar aan vaseline, vet, kamfer e.d. Het verschil in hardheid hangt samen met den aard van de chemische binding. Bij anorganische stoffen zijn de bindingskrachten van polair-electrischen aard: wanneer enkele atomen een anorganische verbinding gaan vormen, wisselen ze eerst electriche ladingen uit en wel zoo, dat sommige een positieve en andere een negatieve lading verkrijgen en deze electriche geladen deeltjes trekken elkaar met zeer groote krachten aan, zoodat de vaste stof buitengewoon stevig wordt. De atomen bestaan uit een positief geladen kern en uit negatief geladen electronen; een positief geladen atoom ontstaat doordat het electronen verliest, een negatief atoom doordat het electronen tot zich trekt, en men noemt zulke geladen atomen: ionen.

De bindingskrachten tusschen de moleculen van een organische vaste stof zijn van geheel anderen aard, men kan de organische moleculen gemakkelijk over elkaar heenschuiven, van daar b.v. het gebruik van vet en vaseline als smeermiddel. Ik zal hierop niet verder ingaan. Het is alleen mijn bedoeling geweest het verschil tusschen organische en anorganische stoffen even weer levendig voor den geest te roepen.

Wanneer we nu bedenken — om het zeer schematisch voor te stellen — dat anorganische stoffen beteekenen: harde, stevige stoffen, die in de doode natuur worden aangetroffen en organische: zachte, plooi-bare stoffen, die in het levende weefsel voorkomen, dan zal het ons niet verwonderen, dat de levende wezens voornamelijk zijn opgebouwd uit organische stoffen en dat de anorganische slechts dáár in een vrij groote hoeveelheid voorkomen, waar in het levende wezen hardheid en stevigheid wordt vereischt, dus b.v. in het pantser van schelpdieren, in dunne, lange grashalmen, die door kiezelzuur zijn verstevigd en in de beenderen en tanden der hoogere dieren. In den tand wordt wel heel duidelijk gedemonstreerd hoe de hardheid samenghangt met het gehalte aan anorganische stof.

De tand heeft als voornaamste functie het afbijten en fijnmalen van het voedsel. Het gedeelte van den tand, dat hierbij rechtstreeks werkzaam is — dat is dus de buitenkant van het deel dat uit het tandvleesch steekt —, moet natuurlijk het hardste zijn en inderdaad bestaat de omhulling, het glazuur dus, voor 98 % uit anorganische stof en slechts voor 2 % uit organische. Het glazuur is verreweg de hardste bouwstof van ons lichaam, maar dat er toch nog organische stof in

voorkomt, hangt natuurlijk samen met het feit, dat de tand een levend orgaan is en er ook in het glazuur transportbanen moeten zijn voor allerlei stoffen. Ik ben er van overtuigd, dat in de toekomst nog wel vele belangrijke functies van deze organische stof zullen worden ontdekt.

Naar binnen, dus naar het dentine, wordt het leven van den tand al intensiever en is hardheid niet meer zóó vereischt als in het glazuur en inderdaad bestaat dit dan ook slechts voor 72% uit anorganische stof. Het moet echter ter ondersteuning van de dunne glazuurlaag nog wel stevig zijn en heeft dus een soortgelijke functie en ook chemische samenstelling als de beenderen; de naam tandbeen voor dentine is dan ook zeer juist. Tenslotte komt de pulpa, waarin het leven van den tand is geconcentreerd en die men kan beschouwen als een holte in het harde tandmateriaal, opgevuld met uitsluitend organische stoffen.

Thans zullen we de merkwaardige anorganische stof, die de groote hardheid en stevigheid van den tand bepaalt, nader bezien. Ik kan als bekend aannemen, dat het glazuur van den tand voor 90 % uit fosforzure kalk bestaat, terwijl er verder nog koolzure kalk, fosforzure magnesium, calciumfluoride en sporen van andere zouten aanwezig zijn, maar het is minder bekend, welke samenstelling deze fosforzure kalk precies heeft. Bij de calciumzouten van het fosforzuur denken we direct aan de drie calciumfosfaten, welke men op de H.B.S. leert:

1e. het z.g.n. *primaire* calciumfosfaat $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, de bekende kunstmest superfosfaat.

2. het z.g.n. *secundaire* calciumfosfaat CaHPO_4 , het bekende fosphas calcicus.

3e. het z.g.n. *tertiaire* calciumfosfaat $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, dat in water zeer weinig oplosbaar is en dat vroeger werd verondersteld het calciumfosfaat van beenderen en tanden te zijn.

Toch is het gebleken, dat geen van deze drie zouten in beenderen en tanden voorkomen; het onderzoek van de tanden met behulp van Röntgenstralen, niet op de manier zooals de tandarts foto's van verdachte elementen maakt, maar volgens een techniek die ik zoo dadelijk zal uiteenzetten, heeft uitgewezen, dat dit calciumfosfaat niet de formule $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ had, maar $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ en identiek was met een in de natuur in prachtige kristallen voorkomend fosfaat, genaamd apatiet. Het natuurlijke apatiet bevat vaak fluoor in plaats van de groep OH en men onderscheidt dan ook het fluoorapatiet $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ en het hydroxylapatiet $\text{Ca}_5(\text{O}_4)_3(\text{OH})$, die beide precies dezelfde sub-mikroskopische structuur hebben. Ik verwacht, dat het woord fluoor reeds nu speciale aandacht zal trekken, maar ga daarop straks verder in.

Alvorens over te gaan tot de behandeling van de sub-mikroskopische structuur van de anorganische stof, wil ik nog even de mikroskopische structuur van het glazuur in herinnering brengen. Reeds bij vergrotingen van enkele honderden malen ziet men dat het glazuur

is opgebouwd uit vezelachtige elementen die in een dwarse doorsnede een hoekigen vorm blijken te bezitten en dus ruimtelijk een prismatischen vorm moeten hebben. Men noemt deze vezelachtige elementen dan ook glazuurprisma's. Deze prisma's bestaan geheel uit anorganische stof, dus hydroxylapatiet. Tusschen deze prisma's bevindt zich de interprismatische substantie. Deze benaming zegt wel al, dat deze stof nog min of meer onbepaald is; het voornaamste bestanddeel is weer hydroxylapatiet, maar er komt ook organische stof in voor, die in een laagje tusschen de prisma's en de interprismatische substantie ligt. Met het gewone mikroskoop komt men niet veel verder dan deze resultaten.

Hoe kan men nu meer te weten komen over verdere details van den opbouw van het glazuur? Het is bekend, dat men met het mikroskoop geen willekeurig kleine voorwerpen zichtbaar kan maken door de vergrooting steeds sterker op te voeren, en dat de grens van zichtbaarheid samenhangt met de golflengte van het gebruikte licht. Het licht is immers een golfbeweging, evenals de radio, en het zien van een object berust in principe hierop, dat het allerlei storingen veroorzaakt in de golfjes van het licht. Als men zich een rustig kabbelend meer voorstelt, waarop een bootje drijft, dan worden de golfjes van het meer door het bootje gestoord en kunnen we alleen al aan deze golfjes zien, dat er een voorwerp op het water drijft, al was de boot ook van volkomen doorzichtig glas. Maar werpen we een lucifershoutje in het water, dan „trekken de golfjes zich daar niets van aan" en kabbelen ongestoord verder. Zoo- dra de afmetingen van het storende voorwerp kleiner zijn dan de golflengte der golfjes, worden deze niet meer gestoord, ze spoelen er a.h.w. omheen. Evenzoo kunnen we de objecten niet meer waarnemen wanneer ze kleiner zijn dan de golflengte van het licht (deze golflengte is $0,4-0,8 \mu$), hoe sterk we ook vergrooten. De grens van de zichtbaarheid ligt voor het gewone mikroskoop bij $0,2 \mu$ en het blijkt geen zin te hebben, mikroskopen te construeeren, die sterker vergrooten dan 1200 à 1500 maal. Alles wat dus kleiner is dan $0,2 \mu$ is niet meer te zien met het gewone mikroskoop en wordt sub-mikroskopisch genoemd.

Wil men nu details waarnemen, die beneden deze grens van zichtbaarheid liggen, dan is men dus aangewezen op licht van kortere golflengte, d.w.z. op onzichtbaar licht en men moet dus fotografische waarnemingsmethodes te hulp roepen. Men kan b.v. denken aan

Röntgenstralen, die een golflengte bezitten van ongeveer $\frac{1}{100.000.000}$ cm = 10^{-8} cm of $0,1 m\mu$, dus slechts een vijf-duizendste deel van het zichtbare licht. Men kan echter den loop der Röntgenstralen niet, zooals de lichtstralen, door lenzen beïnvloeden en het gevolg is, dat met Röntgenstralen geen beeldvorming kan worden verkregen.

Men heeft daarom in plaats van Röntgenstralen electronenstralen

genomen, die bestaan uit zeer snel voortvliegende electronen (de negatief geladen elementaire deeltjes), welke hun hooge snelheid hebben verkregen in een sterk electricch veld. Deze snelle deeltjes gedragen zich als een golfbeweging van zeer kleine golflengte (ongeveer $0,002 \text{ m}\mu$) en het belangrijke is nu, dat deze bewegende electriche ladingen door electriche en magnetische velden precies zoo kunnen worden beïnvloed als de lichtstralen door een lens. De electronen kunnen dus een beeldvorming geven en het beeld kan worden gefotografeerd of zichtbaar gemaakt op een fluoresceerend scherm. De grens van zichtbaarheid verschuift daardoor van $0,2 \mu$ tot $0,002 \mu$ en is dus een factor 100 gunstiger geworden.

Als demonstratie van wat men ook met het electronenmikroskoop op tandheelkundig gebied zal kunnen doen kan ik enkele foto's laten zien¹⁾ van het tandoppervlak. Ik doe dit echter zonder commentaar, omdat de foto's buitengewoon rijk aan details zijn en niemand nog weet wat deze precies beteekenen. Ik moet er aan toevoegen, dat de bruikbaarheid van het electronenmikroskoop sterk wordt beperkt door het feit, dat electronen slechts een uiterst gering door-dringsvermogen hebben. Een praeparaat mag in het algemeen niet dikker zijn dan één duizendste millimeter en men verkrijgt de foto's van het tandoppervlak dan ook langs een omweg en wel als volgt: men perst een thermoplastische kunsthars tegen het oppervlak en verkrijgt daardoor een negatieven afdruk ervan. Vervolgens dampst men kwarts in hoogvacuum op dit negatief in een uiterst dunne gelijkmatige laag; men maakt het kwartslaagje dan los van het kunstharsmateriaal en plaatst dit vliesje in het electronenmikroskoop. Men moet dan natuurlijk nog afwachten, of op deze wijze een natuurgetrouw beeld ontstaat.

Ik heb al gezegd, dat de Röntgenstralen ons bij het onderzoek van de sub-mikroskopische structuur in den steek laten, doordat zij geen beeldvorming geven, maar er is toch een zeer speciale techniek, die de Röntgenstralen tot een machtig hulpmiddel voor het onderzoek van sub-mikroskopische structuren maakt en waarvan ik het principe zal uiteenzetten.

Gelijk bekend ontstaan Röntgenstralen in het algemeen als een stroom van snelle electronen plotseling wordt afgeremd, b.v. door ze te laten botsen tegen een metaal. In een moderne Röntgenbuis wordt de electronenstroom geleverd door een gloeienden draad — de kathode —; deze electronen krijgen een groote snelheid doordat ze in het luchtledige een spanningsverschil van b.v. 100.000 Volt doorloopen, hetwelk tusschen de gloeikathode en een stevig stuk metaal — de anode — bestaat. De electronen botsen op dit stuk metaal, dat dientengevolge in allerlei richtingen Röntgenstralen gaat uitzenden, die door een venstertje van dun glas of licht metaal naar buiten kunnen treden. De metalen anode wordt natuurlijk buitengewoon

¹⁾ Niet afgebeeld. Red.

heet door het remmen van al die electronen en moet dan ook op de een of andere wijze worden gekoeld.

De Röntgenstralen zijn, zooals bekend, physisch precies hetzelfde verschijnsel als licht en radio, alleen de golflengte ervan is zoo klein, dat ons oog ze niet als licht kan waarnemen. De golflengte is des te korter, naarmate de versnellende spanning hooger is en des te door- dringender zijn de stralen tevens. Bij hooge spanning krijgt men z.g.n. harde stralen. Dergelijke harde stralen gebruikt men bij het door- lichten van patiënten en bij het fotografeeren van afwijkingen aan been- deren en tanden. Het is wel duidelijk, dat hierbij geen sprake is van een beeldvorming zooals bij een electronenmikroskoop. Men krijgt eenvoudig een schaduwbeeld op ware grootte.

Maar nu nemen we een plaatje uit een kristal in plaats van een tand en bovendien geen breede, wijde bundel Röntgenstralen, maar een zeer smalle van ongeveer 1 mm in het vierkant. We zetten de foto- grafische plaat niet direct tegen het plaatje, maar b.v. 10 cm er achter fig. 1. Als we deze nu een uur belichten en daarna ontwikkelen, dan vertoont zich iets zeer merkwaardigs: op de plaat zijn dan n.l. een groot aantal stipjes te zien, juist alsof in dat kristal vele spiegeltjes aanwe- zig waren, die ieder voor zich de Röntgenstralen hebben teruggekaatst. (fig.2). Inderdaad is zoiets het geval. Het is misschien bekend, dat een kristal op een regelmatige wijze uit atomen is opgebouwd. Die regel- matigheid bestaat hierin, dat de atomen in alle richtingen van de ruimte op rechte lijnen zijn gerangschikt en wel steeds op onderling precies gelijke afstanden. Deze rechte atoom-rijen vormen platte vlakken, die weer op regelmatige wijze met atomen zijn bezet en het zijn nu deze vlakken, welke als spiegeltjes voor de Röntgenstralen werken. Het is nu mogelijk uit de plaats van de reflecties op de film de afstanden tusschen de atomen uit te rekenen en bovendien kan men, maar dat is moeilijker, uit de mindere of meerdere zwarting van deze stippen afleiden, welke deze atomen zijn en hoe ze zijn gerangschikt. Het is wel duidelijk, dat hier geen sprake is van een direct zien van de sub-mikroskopische structuur, maar door een combinatie van al deze spiegelbeeldjes kan men zich een zuiver en nauwkeurig beeld construeeren van de rangschikking der atomen in een vaste stof.

Als men kristallen beschouwt (bergkristal of steenzout) dan valt het op, dat deze een regelmatigen vorm bezitten. Aan een steenzout kristal herkent men direct hoeken van 90° , aan bergkristal hoeken van 120° en als men andere kristallen in de natuur onderzoekt, vindt men overal van deze wetmatigheden. Zij zijn weer een uiting van de strenge regels, waaraan de rangschikking der atomen in het kristal voldoet en het is niet verwonderlijk, dat bij symmetrische kristallen ook de atoomspiegeltjes, welke de Röntgenstralen terug- kaatsen, symmetrisch zijn gerangschikt (fig. 2).

Er is nog een andere methodiek van Röntgenonderzoek, die ge- noemd moet worden. Deze gaat niet uit van een volledig kristal, maar

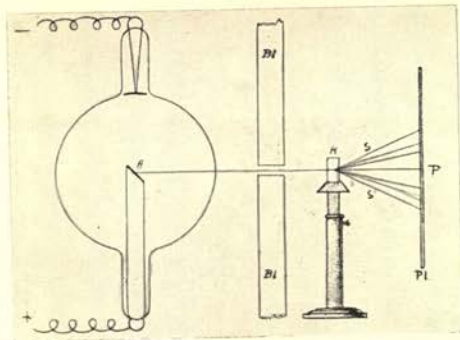


Fig. 1 (naar Ewald)

A - anode. Bl - spleet, die slechts een nauwe bundel doorlaat. K - kristal.
S.S. - afgebogen stralen. P - centrale vlek. Pl - plaat.

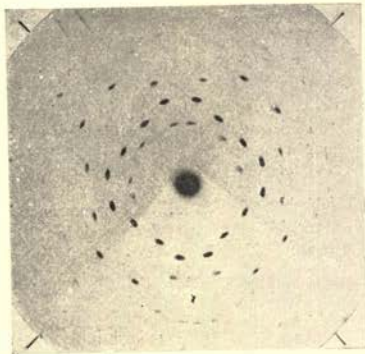


Fig. 2 (naar Ewald)

Buigingspatroon van Röntgenstralen door een zinkblendekristal

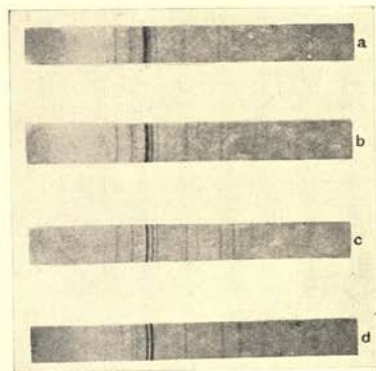


Fig. 3 (naar Thewlis)

Röntgenfoto's van poedervormig materiaal

- a. tandglazuur
- b. hydroxylapatiet
- c. fluoorapatiet
- d. chloorapatiet

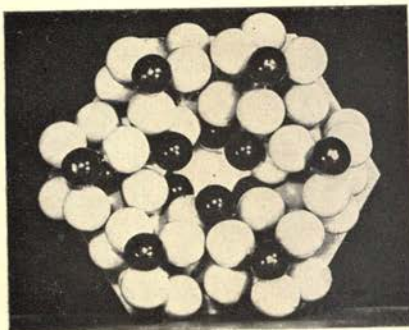


Fig. 4. Model van de kristalstructuur van apatiet

Lichte bollen — zuurstof
Donkere bollen — calcium
Door verwijdering van de OH- of F-ionen is het centrale kanaal duidelijk zichtbaar

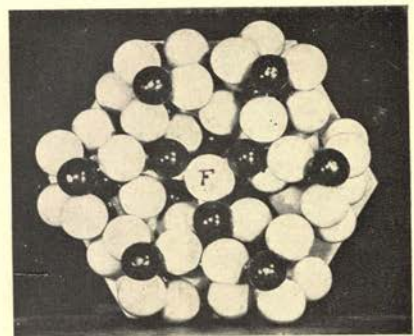


Fig. 5. Model van de kristalstructuur van apatiet

Lichte bollen — zuurstof
Donkere bollen — calcium
Het F- of OH-ion (aangegeven door F) is nauw omgeven door drie calciumionen



van kristalpoeder. Op daarvan gemaakte Röntgenfoto's staan geen aparte, scherpe stippen, maar cirkels. En dit is ook wel begrijpelijk, want de kristalfragmentjes liggen nu willekeurig georiënteerd, en in plaats van één stip op een bepaalden afstand van het nulpunt van de film, ontstaat er nu een ononderbroken reeks van stippen, die alle op gelijke afstanden van het middelpunt liggen en dus een cirkel vormen. Dergelijke cirkels wijzen op een willekeurige oriëntering van kristalfragmentjes, terwijl het voorkomen van duidelijke stippen samenhangt met een parallele rangschikking van kristalfragmentjes of op een volledig kristal.

Men is nu tegenwoordig zeer ver gevorderd, uit de merkwaardige rangschikking dezer zwarte stippen, de atoomrangschikking in het kristal te reconstrueeren. Zelfs voor hoogst ingewikkelde stoffen als penicilline is men er in geslaagd de atoomconfiguratie in het molecuul zeer nauwkeurig te bepalen; ik zal echter slechts iets naders vertellen over de eenvoudigste structuren.

Als voorbeeld kan dienen steenzout of keukenzout, een stof die bestaat uit evenveel natrium- als chlooratomen; formule: NaCl . Als anorganische stof is het keukenzout echter niet uit neutrale, maar uit electrisch geladen atomen samengesteld, dus ionen, en wel uit positieve natriumionen en negatieve chloorionen. Wanneer men zich nu gesmolten keukenzout voorstelt, waarin het krioelt van positieve en negatieve ionen, en men beschouwt een bepaald positief natriumion, dan is het wel zeker, dat zich om dat positieve ion heen in hoofdzaak negatieve ionen zullen bevinden. Immers, de wet van Coulomb leert ons, dat tegengesteld geladen electriciteit elkaar aantrekt en dat gelijknamige ladingen elkaar afstooten. Evenzoo zullen zich om een negatief chloorion in hoofdzaak positieve natriumionen bevinden. Eenzelfde beeld vindt men nu in het kristal, zooals uit het Röntgenonderzoek is gebleken. Men heeft n.l. gevonden, dat ieder natriumatoom in het keukenzoutkristal regelmatig is omgeven door 6 chlooratomen en deze zijn gelegen in de hoekpunten van een regelmatig achthoek of octaëder. Op dezelfde wijze is ieder chlooratoom omgeven door 6 natriumatomen en men ziet wel dat, als zich dit voortdurend herhaalt, steeds opnieuw hetzelfde patroon ontstaat. Dit nu is zeer typisch in den opbouw van een kristal uit atomen: er is een klein eenheidspatroon, wat men noemt een elementaire cel, dat zich in alle richtingen van de ruimte voortdurend herhaalt, zooals b.v. ook een behangsel bestaat uit een zich voortdurend herhalend klein patroon. Een kristal is dus opgebouwd uit een reusachtig groot aantal van deze celletjes en men kan gemakkelijk de afmetingen van de celletjes bepalen. Bij het keukenzout is deze cel een kubus die ribben heeft ter lengte van 5,628 honderd millioenste cm of \AA ; een klein kristal van 1 mm grootte bestaat dus uit ongeveer 8 trillioen elementaire celletjes.

Als men nu weet, hoe de structuur van één cel is, dan behoeven

we deze cellen alleen maar naast elkaar te leggen om de structuur van het kristal precies te kennen.

Aldus zeer schematisch iets over de methode, om door middel van Röntgenstralen de rangschikking der atomen te bepalen. We mogen hier wel met recht spreken van een sub-mikroskopische structuur, want de hier verkregen detaillering gaat zelfs aanzienlijk uit boven de waarneembaarheid van het electronen mikroskoop.

Wat leert ons nu dit Röntgenonderzoek van het anorganische materiaal der tanden? Allereerst dat het materiaal identiek is met het hydroxyl-apatiet, zooals ik al heb verteld een caciumfosfaat dat als mineraal in de natuur voorkomt en dat de samenstelling $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$ heeft. (fig. 3).

Men ziet in deze figuur, dat de twee foto's van hydroxyl-apatiet en van den tand practisch identiek zijn, maar bovendien dat het fluoorapatiet er precies op gelijkert en het chloorapatiet $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$ ook wel, maar veel minder. Fluoorapatiet en hydroxyl-apatiet gelijken niet alleen precies op elkaar wat hun celvulling betreft, maar ook de afmetingen van de cel zijn vrijwel gelijk. De hoogte is n.l. in beide gevallen 6,87 Å, terwijl de lengte-afmetingen van het grondvlak voor fluoorapatiet 9,36 en voor hydroxy-apatiet 9,41 Å zijn; een klein verschil dus, maar een verschil dat toch zeer essentieel is. Hoe klein deze afmetingen overigens zijn, kan men zich eenigszins voorstellen als men bedenkt, dat een glazuurprisma ongeveer 5 μ in doorsnede is en 0,5 mm lang of in Å : 50.000 Å in doorsnede en 5.000.000 Å lang. Het totaal aantal elementaire cellen in een glazuurprisma is dus ongeveer $10^6 \times 10^4 \times 10^4 = 10^{14}$ is 100 biljoen. Als men zich verder nog herinnert, dat de diameter van een prisma (5 μ) slechts 25 maal grooter is dan de grens van de mikroskopische zichtbaarheid (0,2 μ), dan mogen we bij deze elementaire cellen zeer zeker spreken van sub-mikroskopisch.

Het is al ongeveer 15 jaar lang bekend, op welke wijze de elementaire cel van apatiet met ionen is gevuld, maar men heeft daaraan niet meer aandacht gewijd dan aan een der andere mineralen. Na de ontdekking echter van den gunstigen invloed van fluoriden op de resistentie der tanden tegen caries, staat de apatietstructuur plotseling midden in de belangstelling en er is dan ook in September 1946 een nieuw artikel verschenen over deze materie van den bekenden Schotschen kristallograaf C. A. Beevers. Ik zal trachten duidelijk te maken, hoe de apatietstructuur is opgebouwd volgens Beevers en welke interessante gezichtspunten daarbij naar voren komen met betrekking tot de beschermende werking van fluoor tegen caries.

Het is de gewoonte om deze atoomstructuren aanschouwelijk voor te stellen door bollen van verschillende grootte en kleur. Men mag n.l. voor den opbouw van kristalstructuren de atomen of ionen beschouwen als stevige bollen met een bepaalden diameter. Ik heb dan ook zoo'n model gemaakt van hydroxyl-apatiet, dat de rangschikking van atomen in de elementaire cel kan verduidelijken. (fig. 4 en 5).

Welke atomen zijn er nu in deze cel aanwezig? De chemische samenstelling was $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$ en er zijn dus aanwezig calciumionen, zuurstofionen, fosforionen en hydroxylionen. De calciumionen worden voorgesteld door roode bollen, de zuurstofionen door grootere, paarse bollen en de OH-groepen door groene. De fosforionen heb ik wegge laten, omdat zij zoo klein zijn en toch niet zouden opvallen.

Als men een dergelijk model bekijkt, zal men zeker worden getroffen door het feit, dat die bollen wel erg dicht op elkaar liggen en maar weinig tusschenruimte over laten. Inderdaad is het een zeer algemeen principe bij den opbouw van de kristallen, dat de ionen zich zoo dicht mogelijk op elkaar trachten te pakken. De natuur springt buitengewoon zuinig om met de ruimte in kristalroosters. Heel vaak liggen de atomen in een theoretisch zoo dicht mogelijke stapeling van bollen.

Een tweede algemeen principe is verder, zooals wij hebben gezien bij keuzenzout, dat positieve ionen zich met zooveel mogelijk negatieve trachten te omgeven en negatieve omgekeerd met zooveel mogelijk positieve. Men ziet in het model b.v. hoe de roode positieve calciumionen omgeven zijn met 9 negatieve zuurstofionen en hoe de groene negatieve OH-ionen omgeven zijn door telkens drie positieve calciumionen.

Verder zal het u opvallen, dat de zuurstof reeds op het eerste gezicht een zeer belangrijke rol speelt. Dit is ook weer kenmerkend voor anorganische verbindingen: men kan ze veelal beschouwen als een pakking van zuurstofionen, waar de andere ionen tusschengestrooid zijn in de holten. Onze geheele buitenste aardkost is ongeveer zoo opgebouwd; een vrij dichte pakking van zuurstofionen, waarvan de tusschenruimten zijn gevuld met veel siliciumionen en verder met aluminium, calcium, magnesium, kalium, natrium enz.

Verder wil ik nog wijzen op den regelmatigen zeshoekigen vorm van dit model. U ziet, dat het plankje zeshoekig is en in vorm doet denken aan glazuurprisma's. Men heeft wel gedacht, dat de symmetrie van dezen opbouw de oorzaak was van den zeszijdigen vorm der prisma's, maar dit is niet waarschijnlijk. De vorm der glazuurprisma's zal wel worden bepaald door de geometrie van de rangschikking der glazuurvormende cellen, de ameloblasten. De vorm van het apatietkristal wordt echter weer bepaald door die van de elementaire cel en die is dan ook mooi zeshoekig.

Wanneer ik de OH-ionen uit het structuurmodel verwijder, dan ziet men een kanaal ontstaan. (fig. 5). De grootte van dit kanaal wordt nu voornamelijk bepaald door de rangschikking der calcium-, zuurstof- en fosforionen en dit is een zeer stabiele en stevige configuratie. Verder ziet men, dat de OH-groepen door drie calciumionen nauw zijn omgeven. (fig. 5). Deze twee factoren maken, dat men maar niet ieder willekeurig ion in zoo'n kanaal kan leggen, (b.v. geen chloorion) en dat de structuur zeer kieskeurig is. De eenige negatieve ionen, die in dit kanaal passen, zijn het OH-ion en het fluorion. Deze zijn bijna even groot, maar het OH-ion is iets grooter. Beide ionen bezitten 10

electronen, maar het F-ion heeft één kern met een lading +9 en het OH-ion twee kernen met lading +8 en +1F, vandaar dat het OH-ion iets grooter is. De structuur van het hydroxyl-apatiet is daardoor ook iets „uitgezet”, in vergelijking met het fluoorapatiet (9,41 resp. 9,36 Å). De structuur van het hydroxyl-apatiet zal dus inkrimpen als een OH-ion door een fluoorion wordt vervangen en dit inkrimpen beteekent altijd een winst aan energie en een grootere stabiliteit. Wanneer er dus fluoor-ionen in de buurt van hydroxyl-apatiet komen en er is een mogelijkheid om met een OH-ion van plaats te verwisselen, dan dringt het fluoorion in het kristalrooster en het OH-ion krijgt geen kans meer, omdat het fluoorion er steviger verankerd is. Dit zien we ook in werkelijkheid gebeuren. Wanneer men beenderen opgroef, die honderden jaren in den grond hebben gelegen, dan bleken deze zeer rijk aan fluoor te zijn, ofschoon de grond en het water slechts sporen fluoor bevatten. Honderden jaren hebben die weinige fluoorionen steeds langs die beenderen gestroomd, welke ook uit hydroxyl-apatiet bestaan. Steeds zijn er enkele fluoorionen in het rooster bijgekomen en evenveel OH-ionen geëlimineerd. En als de fluoor er zich in had gedrongen, ging deze niet weer op zij voor een OH-ion. Daardoor worden beenderen, die in aanraking komen met zelfs uiterst verdunde fluooroplossingen, steeds rijker aan fluoor. Om dezelfde redenen worden ook de tanden rijker aan fluoor als men ze in aanraking brengt met een fluoride-oplossing, b.v. door spoelen.

Het gevolg van de grootere stabiliteit van de structuur met fluoorionen is wel, dat deze minder gemakkelijk snel in zuren oplost en het ziet er naar uit, dat dit een van de factoren is, van belang voor het begrijpen van den merkwaardigen, beschermenden invloed van fluoor tegen tandcaries.

DE SUB-MICROSCOPISCHE STRUCTUUR VAN HET ANORGANISCH TANDMATERIAAL

Gedachtenwisseling

De heer *Perdok* antwoordt op een vraag van den heer *Van Houte*, dat het fluor-probleem zeer gecompliceerd is. Het is ook van invloed op de bacteriënfloora in het speeksel e.d. Wanneer men de tanden aan den buitenkant bestrijkt met een natrium fluoride-oplossing, dan verkrijgt men daardoor een duidelijk hogere resistentie tegen caries. Wanneer men de eene helft bestrijkt en de andere niet, dan ziet men b.v., dat de cariesfrequentie van de bestreken helft met een belangrijk percentage terugloopt. Wel degelijk is dus vastgesteld, dat men door toediening van fluor, niet alleen in het drinkwater, maar ook door te spoelen met een fluor-oplossing, de cariesresistentie gunstig beïnvloedt.

De heer *Van Hartingsvelt* verklaart in verschillende boeken over kristallen gezocht te hebben naar de structuur van de apatietkristallen, doch deze niet te hebben kunnen vinden. Spr. vraagt, of Dr. *Perdok* daarover ook eenige literatuur zou kunnen opgeven.

De heer *Perdok* zegt, dat de heer *Van Hartingsvelt* daarvoor zou kunnen nemen het boek van *Bragg*: „Atomic structure of minerals”. Daar staat de apatietstructuur in. En het allernieuwste op dit gebied wordt gevormd door de resultaten van het onderzoek van *C. A. Beevers* te Edinburgh, gepubliceerd in het Septemбернаummer van het *Mineralogical Magazine*. Het boek van *Bragg* is wat ouder en in details niet heelemaal meer juist.

De heer *Land* zou nog graag even willen terug grijpen op het begin van de voordracht van den heer *Perdok*. Deze heeft het gehad over de hardheid van de organische en de anorganische stoffen en daarbij opgemerkt, dat de organische stoffen vrij zacht zijn. Nu hebben de tandartsen de laatste jaren nogal te maken met een stof, die organisch is opgebouwd en één van de klachten over de kunsthars is, dat het te zacht is. Spr. vraagt of Dr. *Perdok* het mogelijk acht om deze zoo hard te maken, dat het de hardheid van glazuur of zelfs van porselein benadert, dan wel of zulks uitgesloten is.

De heer *Perdok* lijkt het vrij problematisch of kunsthars is te gebruiken als vervangingsmiddel voor porselein, dus b.v. voor jacketkronen. Men kan kunsthars buitengewoon hard maken, maar hij gelooft niet, dat men het voor het bovengenoemde doel zou kunnen gebruiken. Evenwel, wat de toekomst daaromtrent brengen zal, weet spr. natuurlijk niet, maar het lijkt hem thans nog niet zoover. Of men er op den duur toe zou kunnen komen om het tegen alle mogelijke slijtage bestand te doen zijn, is twijfelachtig, hij althans gelooft het nog niet.

Bijdrage tot de kennis van enkele gebitsanomalieën

door DR. Th. E. de Jonge,
privaat-docent aan dezelfde Universiteit

Zevende mededeeling

Het is niet de eerste maal, dat wij de belangstelling vragen voor het onderwerp. Waaraan wij in het onderstaande wederom enkele woorden willen wijden, Reeds in ons proefschrift (I) hebben wij de progressieve differentiatie der mesiale randcrista als de meest marquante kroonanomalië van den tweeden ondermolaris beschreven en afgebeeld¹⁾: en in een latere mededeeling in dit tijdschrift (II) hebben wij met name de geleidelijke ontwikkeling van den vóór de eigenlijke mesiolinguale cuspis gelegen overtolligen oralen randknobbel uitvoeriger nagegaan. Wij gelooven derhalve, inleidende beschouwingen gevoegelijk achterwege te kunnen laten — twee bijzonderheden nochtans vragen opnieuw de aandacht.

In de eerste plaats dan herinneren wij eraan, dat de overtollige mesiolinguale cuspis zich op de kronen van tweeden en derden molaris zoowel bij vijf- en vierknobbelige vormen als bij het véél zeldzamere drieknobbelige patroon manifesteert — in parenthesi zij opgemerkt, dat wij haar als even uitzonderlijke difformiteit bovendien bij de beide praemolares in de onderkaak aantreffen (III).

Welnu, in nagenoeg geen enkel ander opzicht vormt onze eerste molaris een zóó scherp contrast met zijne distale synergeten als wel in de ontwikkeling van dit overtollige element. Zóó opvallend is deze tegenstelling, dat men als vanzelf geneigd is, naar een verklaring te zoeken. Reeds eerder meenden wij

„deze gevonden te hebben in de functioneele beteekenis, welke dit gebits-element bij de totstandkoming eener normale articulatie toekomt. Schwarz (IV) te Weenen heeft daarop reeds eerder de aandacht gevestigd en als factoren, welke desgelijks in deze richting wijzen, noemen wij naast zijne vrijwel volkomen symmetrie in vorm en grootte aan weerszijden van de mediaanlijn zijn buitengewoon snelle, uitwendig waarneembare doorbraak [Wuorinen (V)]. Herinneren wij er bovendien aan, dat Schwarz óók eene nauwkeurige interdigitatie van crista en fovea van bijzonder belang acht voor de totstandkoming eener zuivere gebitsharmose, dan kunnen wij in het uitblijven van vormanomalieën in dit voor ons kauwmechanisme zoo gewichtige centrum slechts een wijze voorzorg zien, welke, reeds tijdens de tandwisseling, de totstandkoming eener normale relatie tusschen boven- en onderkaak slechts ten goede kan komen”²⁾!

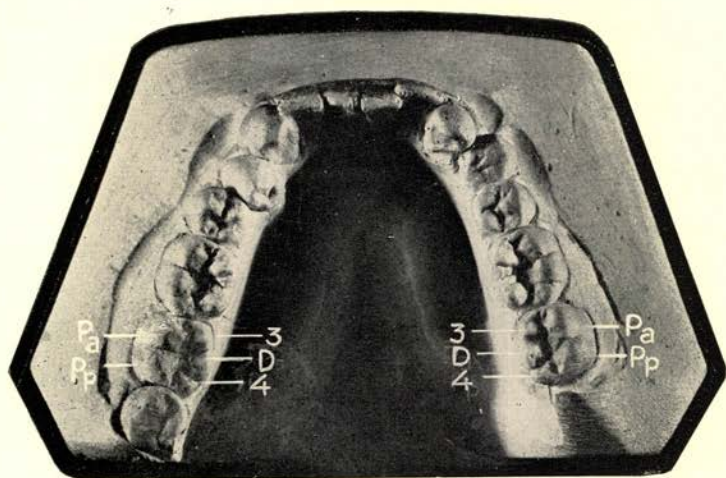
Een tweede opmerking is vooral van differentieel-diagnostische beteekenis. Wanneer het overtollige mesiolinguale tuberculum bij de vijf- resp. vierknobbelige kroonvormen tot ontwikkeling komt, dan zal het in den regel nauwelijks eenig bezwaar opleveren, dit als zoodanig te determineeren. Niet aldus, wanneer door de manifestatie van dit adventieve element het *morphologisch*-drieknobbelig kroon-

type $\left(\frac{PaPp}{D}\right)$ zich geëvolueerd heeft tot een *anatomisch*-vierknobbelligen vorm $\left(\frac{PaPp}{3D}\right)$

van zóó groote gelijkvormigheid met het gewone; ook *morphologisch* vierknobbelige type $\left(\frac{PaPp}{D4}\right)$, dat aanstonds de vraag rijst, hoe deze twee van elkander te onderscheiden.

¹⁾ l.c. pag. 130, 131 en 135 en plaatfiguur 34 en 35.

²⁾ l.c. pag. 402 en 403.





Ook deze vraag hebben wij in ons boven geciteerd artikel reeds beantwoord:

„twee verschillen”, aldus schreven wij op pag. 401, „nochtans maken het stellen eener differentieele diagnose in ieder geval mogelijk: terwijl bij de echte quadrituberculairen $\left(\frac{PaPp}{D4}\right)$ de voorste of mesiolinguale *D*-cuspis als oorspronkelijke hoofdknobbel altijd hooger blijkt dan de achterste of, distolinguale knobbel 4, zoo blijft óók bij het andere vierknobbelige type $\left(\frac{PaPp}{3D}\right)$ de achterste of distolinguale *D*-knobbel als primair element constant op een hooger niveau dan de mesiolinguale cuspis 3. Een tweede aanwijzing geeft ons het verloop der groeve, welke beide linguale knobbels vaneen scheidt. Bij de gewone vierknobbeligen normaliter steeds loodrecht op de lengteas der kroon geplaatst, wijkt zij bij het andere type al naar gelang van den ontwikkelingsgraad van den mesiolinguale 3-conus in haar verloop lingualwaarts steeds eenigermate naar mesiaal af.”

* * *

Na het voorafgaande kan de eigenlijke beschrijving van ons geval (zie afb.) kort zijn. Terwijl de andere postcanine gebitselementen geenerlei morphologische afwijking vertoonen, heeft bij de beide tweede molares de overtollige orale cuspis zich in hare ontwikkeling op harmonische wijze aan het overige kauwvlakrelief aangepast. Begrijpelijk derhalve, dat de aldus gestructureerde vijfknobbelige kroon-

vorm — morphologisch geformuleerd: $\frac{PaPp}{3D4}$ — op het eerste gezicht den indruk wekt van een 180° geroteerden vijfknobbeligen kroonvorm van de normale con-

figuratie $\frac{PaPp2}{D4}$.

Besluiten wij met een korte beschouwing over de opmerkelijke bilaterale symmetrie van ons geval. Vloeit deze dan niet noodzakelijkerwijze voort uit dezelfde symmetrie van onze geheele gebitsstructuur, zal men zich afvragen. Geenszins. Deze toch stelt slechts een ideaaltoestand voor, die bijkans nooit ten volle verwezenlijkt wordt: want de ervaring leert, dat in werkelijkheid hare ontwikkeling vrijwel altijd doorkruist wordt door een aantal afwijkingen in de détailstructuur, welke te zamen het beeld der physiologische asymmetrie zijnen vorm geven. Reeds bij vroegere gelegenheid merkten wij dienaangaande op,

„dat zich niet slechts in numerieke samenstelling doch evenzeer in vorm en grootte — somwijlen vrij belangrijke — verschillen tusschen de overeenkomstige gebitselementen aan weerszijden van de mediaanlijn manifesteren kunnen. Geldt zulks in de eerste plaats voor de fronttanden — incisivi en cuspidati — het ligt voor de hand, dat bij de postcanine elementen met hunne morphologisch immers veel progressiever gedifferentieerde structuur van kroon en wortel óók de asymmetrieën veel duidelijker geaccentueerd zullen blijken” (VI)³⁾.

Welnu, hetgeen wij in een andere studie (VIII) statistisch konden vastleggen ten aanzien van de frequentie van een aantal normale kroonvormen — slechts de eerste molaris maakte uit hoofde van zijne bijzondere geaardheid ook ten deze een uitzondering — geldt ongetwijfeld in hoogere mate nog voor de morphologische anomalieën: in de overwegende meerderheid der gevallen solitair optredend, dragen deze slechts bij uitzondering het symmetrische karakter, dat ook onzen casus tot zulk zeldzaam phaenomeen stempelt.

Samenvatting

Beschrijving en afbeelding van een geval van bilateraal-symmetrischen aanleg van een overtollig mesiolinguaal kroontuberculum bij den tweeden ondermolaris.

³⁾ l.c. pag. 498.

Résumé

Description et figuration d'un cas de développement bilatérale-symétrique d'un tubercule coronaire mésiolingual supplémentaire dans le second molaire inférieur.

Zusammenfassung

Beschreibung und Abbildung eines Falles bilateral-symmetrischer Anlage eines überzähligen mesiolingualen Kronentuberkels beim zweiten unteren Molaris.

Summary

Description and photo of a bilateral-symmetrical development of a superfluous mesio-lingual tubercle of the crown in the second lower molar.

GECITEERDE SCHRIJVERS

- I. De Jonge-Cohen, Th. E. Die Kronenstruktur der unteren Prämolaren und Molaren. Ein Beitrag zu der Morphologie des menschlichen Gebisses. *Proefschrift*, Utrecht—Zürich, 1917.
- II. Dezelfde Bijdrage tot de kennis van enkele gebitsanomalieën. Derde mededeeling. *Tijdschrift voor Tandheelkunde*, Jaargang XXXVII, afl. 5 — 1931.
- III. Dezelfde De ontwikkeling van een mesiolinguaal randtuberculum bij de onderkaakspraemolares van 's menschen gebit. *Tijdschrift voor Tandheelkunde*, Jaargang XLI, afl. 3 — 1934.
- IV. Schwarz, A. M., . . . Die Einstellung der Sechsjahrmolaren hinter dem Milchgebiss. *Zeitschrift für Stomatologie*, Band XXV, Heft 5/7 — 1927.
- V. Wuorinen, T. A. . . . Beitrag zur Kenntnis des Zahnwechsels bei den Finnen. Helsinki — 1926.
- VI. De Jonge-Cohen, Th. E. Radix præmolarica unilateralis. *Tijdschrift voor Tandheelkunde*, Jaargang XLIII, afl. 4 — 1936 en *Nederlandsch Tijdschrift voor Geneeskunde*, Jaargang LXXX, afl. 35 — 1936.
- VII. Dezelfde De knobbelformatie der postcanine ondertanden, bijdrage tot de odontographie van 's menschen gebit. *Tijdschrift voor Tandheelkunde*, Jaargang XXXVI, afl. 6 — 1929.

MANIFESTEERT DE CARIES DENTIUM ZICH ALLEREERST DOOR HET OPTREDEN VAN LYMPHINFARCTEN?

*Een critische beschouwing naar aanleiding van de publicatie van
Dr. J. J. de Vries in het T. v. T. van Dec. 1946*

door H. H. W. Verdenius,

tandarts en plv. docent voor tandh. pathologie a/d R. U. te Utrecht.

Met veel belangstelling heb ik kennis genomen van de publicatie van Dr. J. J. de Vries in het Dec. nummer van het T. v. T.

Hierin wordt immers een theorie ontwikkeld, die een geheel anderen kijk geeft op het initiale gebeuren bij de caries van het tandstelsel.

Zooals men daarin heeft kunnen lezen, zijn het de zeer omschreven circulatiestoornissen in de pulpa, die de schrijver als eerste symptoom beschouwt.

Deze zijn het gevolg van de prikkeling van de in den vaatwand voorkomende sympathische zenuwdraden.

Deze circulatie-stoornissen zouden speciaal die deelen van het vaatstelsel betreffen, die zich als eindcapillairen in de omgeving van de odontoblasten vertakken.

Het gevolg hiervan is, dat geen of althans onvoldoende bloedvloeistof in de omgeving van de odontoblasten kan worden afgegeven.

Deze cellen worden dan op hun beurt in te geringe mate van omspoeling van weefselvocht voorzien, hetwelk zich ook uit in de protoplasma uitloopers, de fibrillen van Tomes.

Het hiermede overeenkomende deel van dentine en glazuur krijgt daardoor gebrek aan vocht, hetwelk zich manifesteert aan de periferie van het tandoppervlak en wel in den vorm van een omschreven „witte” plek.

Dit laatste verschijnsel — de „witte” vlek — dat algemeen als het beginstadium van caries wordt beschouwd, heeft volgens Dr. de Vries geen zelfstandige betekenis: het is het gevolg van een omschreven lympestase in de perifere pulpavaten.

Ongetwijfeld is deze zienswijze belangwekkend genoeg en daarom is er reden te over om van deze publicatie nauwkeurig kennis te nemen.

Wanneer deze opvatting juist zou zijn, dan zou men zoowel bij de cariestherapie als bij de cariesprophylaxe totaal andere wegen moeten inslaan.

Het is mijn bedoeling, deze beschouwingswijze hier kritisch te bezien, daarbij voor oogen houdende, dat het gemakkelijker is critiek te oefenen dan nieuwe gezichtspunten naar voren te brengen. Deze laatste zal men in het hier volgende niet aantreffen.

De belangrijkste vraag, die bij het lezen van de publicatie van Dr. de Vries naar voren komt is deze:

Is deze theorie, in verband met de gronden waarop zij steunt in principe aanvaardbaar of niet?

Dr. de Vries heeft bezwaren tegen de theorie van Miller; hij vindt het onbegrijpelijk dat, indien deze theorie juist was, het zorgvuldig gebruik van den tandenborstel ons niet tegen het optreden van caries beschermt.

Dit bezwaar lijkt mij ongegrond; ieder practicus weet uit ervaring, dat de fissuur caries — zeker in de jeugd — de meest voorkomende vorm van tandbederf is.

De reden hiervan is door talrijk histologische onderzoekingen van slijppraeparaten voldoende opgehelderd:

In de fissuren van molaren en praemolaren bevinden zich vaak diepe spleten van zeer geringe breedte, waarin voedselbestanddeelen kunnen worden geperst of in elk geval koolhydraathoudende stoffen kunnen diffundeeren.

Voor deze retentieplaatsen kan de tandenborstel geen reinigende werking uitoefenen.

Hetzelfde geldt voor de interdentale ruimten, wanneer de tandvleesch papillen

door degeneratieve veranderingen zijn getroffen en deze ruimten niet meer volledig opvullen.

Ook hier kunnen voedselresten worden vastgehouden, die door het gebruik van de tandenborstel niet in voldoende mate kunnen worden geëlimineerd.

En dit zijn nu juist de plaatsen, waar het tandbederf zich het veelvuldigst manifesteert.

Hieruit is de m.i. volkomen juiste conclusie getrokken, dat er een belangrijke relatie bestaat tusschen het optreden van tandbederf en de plaatsen waar voedselresten — uit den aard der zaak koolhydraathoudend — worden vastgehouden en wel in dien zin, dat deze voedselretentie het optreden van caries in zeer sterke mate bevordert.

Deze opvatting wordt gesteund door de resultaten van het cariesonderzoek in streken waar koolhydraten vrijwel geheel aan het voedsel ontbreken.

Verder heeft de auteur zijn verwondering uitgesproken over het optreden van cariëuze defecten op plaatsen, waar voedselretentie allermindst mag worden verwacht n.l. aan de incisale randen van de snijtanden en op de punten van de hoektanden.

Een belangrijk deel van deze gevallen van caries zou ik willen zien als het gevolg van een plaatselijke degeneratie van het ameloblasteem, waaraan zoowel endogene als exogene factoren ten grondslag kunnen liggen.

Bovendien zal het voor een bepaald geval, zonder histologisch onderzoek, zeer moeilijk kunnen zijn, uit te maken, of men te doen heeft met een echte caries met verval van het glazuurweefsel, of dat een exogeen pigment in het, van origine minderwaardige glazuur, heeft weten door te dringen. Nu is het een ervaringsfeit, dat caries op gladde oppervlakten in belangrijk mindere mate voorkomt, dan dit bij de fissuren en aan de proximale vlakken het geval is, ondanks het voorkomen van microscopische holtevormingen waarop Dr. de Vries de aandacht vestigt.

De resistentie van deze plaatsen, lijkt mij door de gemakkelijke toegankelijkheid voor de physiologische en kunstmatige reiniging echter voldoende verklaard.

De bovengenoemde ervaring wordt ondersteund door het frequente optreden van caries aan de buccale vlakken van de laatste bovenmolaren waar beide mogelijkheden van reiniging meermalen onvoldoende blijken.

Uit een publicatie van von Beust, haalt de schrijver een zinsnede aan, waarin de stelling wordt uitgesproken, dat de tandcaries uit het inwendige van den tand haar oorsprong neemt, zonder dat hij — von Beust — daarin aangeeft, hoe hij zich dit proces voorstelt. Men zou hier aan kunnen toevoegen: en deze theorie heeft dus geen wetenschappelijke beteekenis.

Het is op grond van een nauwkeurig en nauwlettend onderzoek der tanden, dat Dr. de Vries is gaan twifelen aan de zuurtheorie.

Het is hem opgevallen, dat er vaak witte plekken op het glazuerooppervlak kunnen worden waargenomen, soms meerdere aan één gebitselement.

Deze waarneming zal door iederen practicus kunnen worden bevestigd. Het gaat er alleen maar om, onder welke omstandigheden deze plekken zijn ontstaan!

En hier zou men de volgende vragen kunnen stellen:

1e. maakten deze gebitselementen deel uit van een gesloten tandenrij, of stonden zij solitair?

2e. waren de locale mogelijkheden van reiniging gunstig of ongunstig?

3e. hoe stond het met den feitelijken hygiënischen toestand van deze elementen?

Wanneer bij een primaire oclusale caries ook een proximale wand in het proces wordt betrokken, dan zal het proximale vlak van de nabuur vaak een bleke vlek gaan vertoonen.

Wordt nu het eerstgenoemde element geëxtraheerd, dan blijkt, dat in vele gevallen, deze beginnende aantasting stationnair blijft.

Zelfs na jaren is nauwelijks verschil in „klinische hardheid” vast te stellen. De eenige verandering lijkt te bestaan in een kleurverandering, waardoor een donkere vlek ontstaat, die als gevolg van exogene pigmentering is te verklaren.

Ik zou niet graag willen beweren, dat er geen absolute hardheidsvermindering is opgetreden; klinsch kan men echter in zoo'n geval van stationnaire caries spreken.

Zeker is dit niet de eenige mogelijkheid waarin een dergelijk proces zich kan ontwikkelen. Deze gevallen komen echter voor en zij zijn niet zeldzaam.

Een andere vorm, waarin een zoodanige „witte” plek zich aan het tandoppervlak kan voordoen, is die, waarbij de hardheid der mate is verminderd, dat — zooals Dr. de Vries het uitdrukt — „een rond boortje zonder eenigen weerstand in de diepte glijdt”.

In de praktijk heeft men meermalen gelegenheid dit verschijnsel te constateeren; het is deze vorm, die de schr. in het middelpunt van zijn betoog plaatst. Hij zegt hiervan:

„Het glazuurweefsel stuift als meelpoeder weg, het is kurkdroog, men krijgt den „indruk, dat het glazuur daar ter plaatse niet meer doordrenkt wordt met weefsel-„vocht.

„Dit is nu een geheel nieuwe voorstelling van het initiaal-proces; het eerste affect „is dus niet een oplossing van kalkzouten, maar een „drooglegging” van glazuur, „waardoor dit weefsel teekenen geeft van uiteenvalling, althans een verandering in „conditie, met als gevolg een defect, een caviteit.”

Nu is het naar mijn meening niet geoorloofd tot „droogheid” van dit glazuurdeel te besluiten op grond van de waarneming, dat het weefsel als meelpoeder wegstuift.

Boort men met (te) hoog toerental in dentine of chirurgisch vrijgelegd kaakbot, dan stuift het boorsel ook weg en deze weefsels zijn zekerlijk niet „droog” in de beteekenis, die Dr. de Vries hier bedoelt.

Eenige alinea's verder, merkt de schrijver op:

„Het vermoeden nu, dat zoo'n witte plek de uitdrukking zou kunnen zijn van „droogte van het glazuurweefsel brengt als vanzelf de vraag naar voren:

„Hoe komt het, dat het glazuurweefsel daar zoo droog is?”

Dit „vermoeden” lijkt mij echter een onvoldoende basis voor verdere vraagstelling.

Logischer ware geweest, te probeeren, hierover meer exacte gegevens te krijgen b.v. door het vochtgehalte van een dergelijk stukje glazuur te vergelijken met een niet aangetast glazuurdeel van hetzelfde tandelement. Wanneer bij de uitkomst van een aantal van dergelijke onderzoeken zou blijken, dat men hier inderdaad met een droger weefseldeel te doen heeft, dan zou men mogen besluiten, dat hier een afsluiting van de lymphediffusie heeft plaats gehad.

Persoonlijk acht ik zoo'n uitkomst mogelijk, al stel ik mij de totstandkoming ervan geheel anders voor; in het volgende zal ik daar nog op terugkomen.

Dat men bij gelijk watergehalte van de te vergelijken stukjes, niet mag concluderen, dat de lymphedoordrenking blijkbaar intact is, zal duidelijk zijn, als men bedenkt, dat ook door de omgevende mondvlloeistof, het vochtgehalte van zoo'n gebied op peil gehouden zou kunnen worden.

De schrijver haalt trouwens zelf een publicatie aan, waaruit dit laatste zou kunnen blijken.

(Lukomsky en Rywkina: „Absterben und Tod des Zahnes führen zu einer erhöhten Durchlässigkeit seines Schmelzes”).

Het is duidelijk, dat in een publicatie, als de hier besprokene, ook de vraag aan de orde wordt gesteld of glazuur een levend of een dood weefsel is.

Het komt mij voor, dat men het hier niet gemakkelijk over eens zal worden en wel om deze reden, dat het zoo moeilijk is te definieeren, wat men nu eigenlijk onder levend verstaat.

Met het opnoemen van de primaire kenmerken van het leven, stofwisseling, prikkelbaarheid en voortplanting (deeling) komt men bij het glazuur niet veel verder.

Op grond van oudere en recente publicaties meen ik, dat het verantwoord is, aan te nemen, dat in het glazuur — uit den aard der zaak in het organisch gedeelte daarvan — inderdaad een mogelijkheid tot lymphedoordrenking aanwezig is; hierbij zijn in de eerste plaats de prisma-scheeden en verder de glazuurlamellen en tufts van beteekenis.

Dr. de Vries beschouwt dus zoo'n plekje glazuur als een lokalen „glazuurdood” en zegt, dat hier, in een verdergevoerd stadium, sprake is van *afstooting* van het

necrotisch glazuurgedeelte. Zoo'n glazuurstukje zou dus hetzelfde lot treffen als elders in het lichaam afgestorven weefseldeelen.

Deze voorstelling van zaken is m.i. onjuist:

Wanneer men spreekt over afstooten, dan bedoelt men daarmee een actief proces, waaraan een bepaalde energie ten grondslag ligt.

Deze energie wordt dan geleverd door den druk, die het demarcatieweefsel kan uitoefenen, dank zij den daarin aanwezigen verhoogden celdeelingsdrang (granulatieweefsel). De tandarts ziet dit verschijnsel in de uitstooting van necrotische wortelpunten.

Hier kan men dus zeker komen tot een mechanische voorstelling, waarbij naar het oppervlak gerichte krachten werkzaam zijn.

In het bovenstaande noemde ik eenige primaire eigenschappen van de levende structuur; wanneer wij deze op het glazuur toepassen mogen wij aannemen, dat er een — waarschijnlijk geringe — stofwisseling bestaat; dat er een prikkelbaarheid zou bestaan, mag men theoretisch niet geheel uitsluiten, maar wel is zeker, dat een voortplanting (vermeerdering), zooals te vergelijken met het groeiende granulatieweefsel, niet voorkomt.

Op één der afbeeldingen, die Dr. de Vries geeft, wordt de organische matrix van het glazuurweefsel getoond. Het is jammer dat hierbij niet is aangegeven volgens welke techniek dit praeparaat is vervaardigd en of het beschreven beeld — de reticulaire bouw van de matrix — steeds zichtbaar is te maken.

Keeren wij echter terug naar de voorstelling van zaken zooals de schrijver deze verder uiteenzet.

De beteekenis van zoo'n „witte" plek is volgens hem een stukje drooggelegd glazuur door uitschakeling van den lymphestroom.

De schrijver vervolgt dan:

„Leggen wij een slijpcoupe aan, welker vlak loodrecht staat op de lijn, welke het „midden van zulk een witte, gele of geelbruine vlek met de pulpa verbindt¹⁾, dan „teekent zich op het slijpvlak een beeld af van een bijzondere structureele verandering „der tandweefsels (glazuur en dentine), dat den vorm heeft van een wig, in de ruimte „dus een kegel, waarvan de punt gelegen is aan de periferie van de pulpa en de „basis aan den buitenkant van den tand."

Deze waarneming, n.l. die van de veranderingen in glazuur en dentine, is door vele tandh. histologen beschreven en verklaard als gevolg van de *uitwendige* invloeden, die de perifere uiteinden van de fibrillen van Tomes treffen. Zij zijn beschreven als zijnde stofwisselingsstoornissen in het protoplasma van de odontoblastenuitloopers.

Deze stoornissen uitten zich in eerste instantie in een degeneratieve *vervetting* zooals deze ook dikwijls in andere pathologisch veranderde weefsels, als uitdrukking van degeneratie, wordt gevonden.

In de tweede plaats treedt daarna een amorphe kalkneerslag op, doordat de kalkzouten, eveneens als gevolg van de stofwisselingsstoornis, niet meer in oplossing kunnen worden gehouden.

Het is deze tweede verandering, die aanleiding geeft tot de vorming van het transparante dentine.

Dat door deze verkalking van de tandbeenfibrillen de lympheverplaatsing in die gebieden tot stilstand komt, is duidelijk. Men kan in deze omstandigheden zeker van een lymphestase spreken: de oorzaak wordt hier echter gezocht in van buitenaf werkende invloeden.

Het is echter niet alleen op grond van de bestudeering van slijppreparaten en theoretische overwegingen, dat Dr. de Vries tot het opstellen van zijn caries-theorie is gekomen.

Ook met gegevens uit de praktijk meent hij deze opvatting te kunnen motiveeren.

¹⁾ Waarschijnlijk is hier bedoeld, een slijpvlak, waarvan het vlak gaat door, of op geringen afstand evenwijdig loopt aan, de lijn, die het midden van de witte plek met het corresponderende deel van de pulpa verbindt. V.

Hij betreft hierin gevallen van pijnklachten waarvoor, op een bepaald tijdstip, geen oorzaak is aan te wijzen. Eenige dagen later blijkt echter een groot defect aanwezig, ontstaan door instorting van de glazuurlaag, die het dak vormde boven een zich in het dentine ontwikkeld hebbende holte.

Dr. de Vries verklaart deze gevallen door aan te nemen, dat een lymphinfarct een dermate acuut karakter kan vertoonen, dat binnen enkele weken of zelfs dagen, een diepe holte kan ontstaan.

Dat deze gevallen voorkomen, zal wel geen praktizeerend tandarts ontkennen. De verklaring, die ik hiervoor zou willen aanvoeren is echter anders dan die, welke Dr. de Vries geeft.

Wanneer het gaat om een defect aan het occlusale vlak, hebben wij te maken met een uitgebreide ondermijnende dentine caries, die zich langzamerhand heeft ontwikkeld als gevolg van bij de ontwikkeling van de kroon overgebleven en in de diepte voerende glazuurspletten of glazuurlamellen.

Wanneer in zoo'n acuut „pijngeval”, een occluso-approximale caviteit aan het licht komt, ben ik geneigd aan te nemen, dat deze ons bij het onderzoek is ontgaan. Er zal wel geen practicus bestaan, die zonder uitgebreid R. onderzoek durft te zeggen dat hem nooit zoo'n holtevorming is ontgaan!

De theorie, die Dr. de Vries ontwikkelt over de mogelijke gevolgen van abnormale sympathische innervatie, laat ik buiten beschouwing daar ik mij niet competent acht daarover een oordeel uit te spreken.

Aan het slot van zijn publicatie bespreekt de schrijver de wenschelijkheid de door hem beschreven lymphinfarcten experimenteel op te wekken om daardoor een juist inzicht in deze materie te krijgen.

Aansluitend hieraan kan men constateeren, dat, waar de pulpabehandeling tot het dagelijksch werk van vele tandartsen behoort, deze evenzoo vele malen een volkomen lymphie-afsluiting van het dentine en glazuur bewerkstelligen.

En al zal als gevolg daarvan, het glazuur een verhoogde broosheid gaan vertoonen, van een generaliseerd optreden van een verkleuring in den zin van de „witte” plek is geen sprake; om nog maar niet te spreken van het achterwege blijven van een volledig verval van de glazuurkap, die volgens de theorie van Dr. de Vries hierop toch zou moeten volgen.

De exogene cariestheorie, waarbij zuurvorming een belangrijke rol speelt, acht ik door de zienswijze van Dr. de Vries, noch op grond van zijn waarneming, noch op grond van zijn bewijsvoering, aangetast.

Op grond van de overwegingen, die hier naar voren zijn gebracht, meen ik de vraag, die aan het begin van dit artikel is gesteld ontkennend te moeten beantwoorden.

EEN GEVAL VAN MULTIPLE REDUCTIE VAN HET GEBIT

Ten gerieve van de collegae, die zich bezig houden met de studie van de reductieverschijnselen in het menschelijk gebit, meen ik opname van bijgaande X-foto status van het gebit van een 10-jarig meisje, te mogen vragen.

Het betreft een geval van multiële reductie van het gebit. Het gebit vertoont slechts één blijvend ondersnijtand en vier blijvende molaren, terwijl de blijvende hoektanden in de onderkaak agenetisch zijn. De laterale bovensnijtanden vertoonen gereduceerde afmetingen en zijn kegelvormig.

Het gebitschema ziet er als volgt uit:

5	3		5
7	4	□ □	2 1
7	5	4 □ □	1
		□ □	4 5 7

De in de onderkaak aanwezige molaren hebben den vorm van tweede molaren, de bovenmolaren zijn gerooteerd.

Hoewel de moeder meent, dat bij haar dochtertje slechts melkkiezen getrokken werden, geloof ik toch, dat het waarschijnlijk is, dat de vier eerste molaren geëxtraheerd zijn. Is dit niet het geval, dan zou men dus van agenesis van de vier eerste molaren mogen spreken.

De kiemen van de derde molaren zijn blijkens de X-foto niet aanwezig, hoewel het patiëntje reeds tien jaar is.

Dat in het onderfront elementen verwijderd zijn is niet aan te nemen. Waarschijnlijk kunnen we dus besluiten tot agenesis van drie ondersnijtanden en twee onderhoektanden van het blijvende gebit.

De moeder deelde nog mede, dat het patiëntje op zevenjarigen leeftijd eenige maanden ernstig ziek geweest is. Zij heeft echter geen veranderingen in de mondholte opgemerkt; ook zouden geen tanden uitgestooten zijn.

Wat de familie-anamnese betreft komen noch bij de ouders, noch bij het zusje van het meisje afwijkingen in het gebit voor.

M. DE BOER

