

De opvatting omtrent de levensverschijnselen in verband met de moderne natuurkunde¹⁾

door Prof. dr. R. Brinkman

Als men met de verklaring van de levensverschijnselen in het algemeen bedoelt het terugvoeren van de waargenomen feiten op de wetten van de doode natuur, op de wetten van de natuurkunde en van de scheikunde, dan kunnen wij nu wel zeggen, dat deze manier van bestudeeren heeft gefaald, dat het niet is gegaan. Dit wil niet zeggen, dat deze wijze van studie niet van ontzaglijk belang is geweest voor de kennis van de levensverschijnselen, integendeel, zij is zeer noodzakelijk geweest, maar men heeft ten slotte wel ingezien, dat deze wijze van beschouwen uiteindelijk niet kan leiden tot de verklaring van de levensverschijnselen.

Aan den anderen kant moet hier volstrekt niet in worden gezien, dat de toepassing van de klassieke natuurwetten op de biologische verschijnselen niet van groot belang en noodzakelijk is geweest. Als wij nagaan wat de toepassing van de organische chemie in dit opzicht heeft tot stand gebracht, dan zien wij wel, dat men hiermede wel zeer ver gekomen is. Indien derhalve als ideaal gesteld wordt het kennen van alle bouwstoffen van de levende stof en ook van allerlei verrichtingen in de levende stof, dan kunnen wij nu wel zeggen, dat het ideaal al voor een groot gedeelte is verwezenlijkt en dat er geen reden is om te denken, dat dat ideaal van de volledige kennis van den bouw der stoffen die het organisme vormen, niet volledig zal worden bereikt. Het is natuurlijk nog niet zoo ver, maar men ziet geen principieele reden waarom dat niet zou gelukken. Indien het er dus om gaat om bij wijze van spreken, een organischen en physischen catalogus te maken van alles wat in het levende milieu kan worden gevonden, dan kan men zeggen, dat zulks al voor een groot gedeelte is gelukt en dat men ook nog wel verder zal slagen.

Evenwel, daarmede hebben wij nog altijd alleen maar te maken met een inventaris van de doode structuur, echter nog niet met de levende. Op deze wijze is men derhalve van den grooten overgang nog geheel

1) Voordracht gehouden in de Vergadering van de Ver. v. Ned. Tandartsen op 7 December 1946.

verwijderd. Nu is het natuurlijk ook niet zóó, dat de scheikunde en de natuurkunde en de bio-chemie de zaak aldus opgevat hebben, dat het alleen maar ging om een chemische inventarisering. Men is zich wel degelijk bewust, dat een organisme, een levende structuur, moet worden opgevat dynamisch, zooals b.v. de structuur van een vlam, derhalve als een evenwicht tusschen een onophoudelijke afbraak en een voortdurenden wederopbouw. De stof verkeert in de levende structuur dus maar betrekkelijk korten tijd en als niettemin die structuur toch blijft bestaan, dan is het omdat de te verdwijnen stof onophoudelijk wordt aangevuld door nieuwe. Wij kunnen dus inderdaad zoo'n levende structuur opvatten als een vlam. De snelheid nu, waarmede de stof door de blijvende structuren heenstroomt, is veel grooter dan men wel dacht. Ook zelfs structuren als een bot en een tand, zijn dynamische structuren, die alleen maar bestaan tengevolge van een aanvulling van de stof die voortdurend verdwijnt. Juist de studie van den laatsten tijd, met behulp van isotopen, waarmede de lotgevallen van de moleculen in een lichaam precies kunnen worden gevolgd, heeft aangetoond, dat men een tand volstrekt niet moet zien als een structuur die er nu eenmaal is en er ook moet blijven. De stof toch in zulk een tand is binnen niet al te langen tijd verdwenen en vervangen door een zelfde, maar nieuwe stof. Alles verjongt zich dus onophoudelijk. Dat is een belangrijke uitkomst en deze opvatting heeft men alleen maar begrijpelijk kunnen maken door de alomtegenwoordigheid in alle leven aan te nemen van enzymen-systemen, van biologische katalysatoren, welke dus de stof tot snelle uitwisseling, tot transformaties in staat stelt, zooals bij een niet aanwezig zijn van die katalysatoren eenvoudig onmogelijk zou zijn. Als wij dus de samenstellende bestanddeelen van al onze weefsels bij elkaar brengen in het een of ander milieu, dan gebeurt er heel weinig en de aanwezigheid van enzymen is zeker noodig, opdat deze tezamen snel op elkaar inwerken. Met die aanwezigheid nu van enzymen raakt men al aan een probleem, waar onze kennis veel vager gaat worden. Er is al veel bekend omtrent de structuur van die enzymen en ook wel over hun verrichtingen en eveneens in kwantitatief opzicht, maar omtrent de kern van het eigenlijke probleem, hoe het n.l. mogelijk is, dat iets, hetwelk buiten het lichaam bijna niet meer plaats vindt, ineens met zoo groote snelheid en met zoo groote gemakkelijkerheid verloopt, is nog niet zooveel bekend. Dat ligt nog niet binnen het bereik van onze natuurbeschouwing.

Ik kom dus langzamerhand op een gebied waarover wij, langs dezen weg, nog zeer weinig kunnen zeggen. Men kan wel allerlei dingen begrijpen, als het organisme wordt opgevat als een machine, maar als men nu in aanraking komt met, wat men wel zou kunnen noemen de zichzelf-problemen, dan wordt het minder gemakkelijk. Wij zijn goed ingelicht omtrent de chemische samenstelling van de cel, maar wij kunnen niet zeggen, hoe het nu mogelijk is, dat deze cel zich zoo onophoudelijk handhaaft, hoe deze cel zich reproduceert, dus zichzelf onophoudelijk in dienzelfden toestand nieuw weet te vormen. Dat zijn al verschijnselen die op het oogenblik nog buiten ons kunnen vallen, die niet door

de klassieke natuurwetten kunnen worden verklaard. En als ik die zichzelf-problemen nog een beetje verder ga uitbreiden en als ik eraan denk, dat men ook zou kunnen vragen: Hoe is het mogelijk, dat zoo een structuur van zichzelf bewust is, en: Hoe is het mogelijk, dat die moleculen, die ten slotte toch de dragers van het leven zijn, zichzelf gaan bestudeeren, dan komt men op gebieden, waarvan u al direct zult voelen, dat de klassieke natuurwetten eigenlijk volledig moeten falen, waarbij wij dus het gevoel krijgen, er op deze manier niet te komen.

Als ik het organisme opvat als een machine, dan is dus duidelijk dat ik daar moet eischen, dat het zich geheel en al gedraagt volgens de klassieke natuurwetten. D.w.z., dat, als ik b.v. op een oogenblik alles van die machine afweet, als ik dus precies de concentraties en de snelheid en de op elkaar inwerkende krachten nauwkeurig zou kunnen beoordeelen, ik dus ook met zekerheid kan zeggen wat die machine het volgende oogenblik zal gaan doen. Als ik daarbij de causaliteit, het vaste verband tusschen oorzaak en gevolg, aanneem — en dat moet ik überhaupt doen als ik aan een machine zou kunnen denken — dan moet het dus bij een volledige kennis van de structuur en van de daarin aanwezige krachten, mogelijk zijn, om het geheele verdere verloop van het systeem te beschrijven en ook, om het verleden van het systeem te overzien. Dat alles berust dus op de aanwezigheid van vaste onveranderlijke natuurwetten. Ik bedoel hiermede zoiets als de wet van het behoud van het arbeidsvermogen, of de beschrijving van de drukverdeling in een gas, of het kennen van de soortelijke warmte. Als ik die wetten eenmaal ken, zijn ze ook overal toe te passen en als dat mogelijk is, kan ik ook een machine opbouwen, die doet wat ervan verwacht wordt en zulks ook altijd weer op dezelfde manier doet. Het blijkt dus zooals gezegd, geheel te berusten op de veronderstelling van onze vaste natuurwetten.

Nu is het evenwel goed om eens even na te gaan hoe het eigenlijk met die vastheid van onze natuurwetten gesteld is. Velen zullen aanstonds begrijpen wat bedoeld wordt als ik zeg, dat deze natuurwetten alleen maar een statistisch karakter hebben. Daar wordt mede bedoeld, dat ik wel b.v. het gedrag van een gas, van een vloeistof of van een vaste stof kan beschrijven, maar niet het gedrag van de afzonderlijke deeltjes, die dat gas, die vloeistof of die vaste stof samenstellen. Elke molecule van een gas doet om zoo te zeggen wat zij wil, volkomen onvoorspelbaar, geheel onregelmatig. Dat ik dan ook de uitkomst van het gedrag van een gas volledig kan voorspellen en in een natuurwet kan beschrijven, vloeit ten slotte alleen hieruit voort, dat er zoo enorm veel deeltjes zijn en dat juist door die geweldige aantallen de individualiteit van elk deeltje volkomen wordt genivelleerd. Doordat een aantal deeltjes naar rechts gaat, weet ik zeker, dat er evenveel deeltjes naar links gaan, zoodat dus de som der effecten nul zal zijn. En als men verder analyseert — en dat is juist in de klassieke natuurkunde met zoo groote doordringing gedaan — dan bemerkt men, dat door al onze natuurwetten dat statistisch karakter blijft, dat zij dus alleen maar gemiddeld waar zijn, doch dat voor elk klein deeltje afzonderlijk deze natuurwet

heelemaal niet behoefte te gelden, maar dat wij juist, omdat alle mogelijkheden in zoo ruime mate vertegenwoordigd zijn, kunnen voorspellen, wat de gemiddelde uitkomst zal zijn. Een natuurwet zal derhalve ook slechts dáár gelden, waar men te maken heeft met zeer groote aantallen en dat is dus bij een machine ook zeer zeker het geval. In het boek van Schrödinger, dat een jaar of twee geleden is verschenen en waarin getracht is deze zaak te analyseeren, wordt b.v. de vraag gesteld: Waarom is een atoom nu eigenlijk zoo klein? En dát het verschrikkelijk klein is, onvoorstelbaar klein, kan men b.v. uit een eenvoudige berekening afleiden. Denkt men zich een glas water en men zou alle moleculen, die dat glas water samenstellen, kunnen merken, zoodat ze zouden zijn te herkennen. Zou dat glas water worden uitgegoten in den oceaan en de inhoud gelijkmatig gemengd door het water van alle zeven oceanen van de geheele wereld en daaruit dan weer een glas water genomen, dan vond ik in dat glas nog 100 moleculen van dat eerste glas. Het is natuurlijk niet precies juist, men zou daarin gemiddeld honderd moleculen terugvinden. De spreiding is ongeveer de wortel, dus wij zouden daarin terugvinden honderd moleculen plus of min tien. Dit geeft ons wel een indruk van de ontzaglijke aantallen, welke het juist mogelijk maken om dit te voorspellen.

De vraag, waarom een atoom zoo klein is, moet men natuurlijk omdraaien. Men moet eerder vragen: Waarom is een mensch zoo groot?, want wij zijn gewoon afmetingen te vergelijken met onze eigen maten. Het antwoord luidt dan: Een mensch, of een cel, die den mensch opbouwt, is zoo groot, omdat ik te maken heb met die enorme aantallen moleculen. Immers, was dit niet het geval, dan ging de statistische natuurwet niet op, dan was er geen causaliteit meer, dan kon ik niets meer voorspellen, ook geen regelrechte ordelijke gevolgen. Schrödinger zegt het zóó: Als de orde er niet was, dan was er geen orde in het leven. Men kan het zich inderdaad niet anders voorstellen dan dat een ordelijke wijze van denken, een ordelijke wijze van de inrichting van het leven, gebaseerd moet zijn op een volkomen ordelijke machinestructuur van elk levend organisme en die, zou men op grond van de klassieke natuurkunde zeggen, is alleen maar mogelijk als het altijd weer gaat om groote getallen, zoodat men statistisch van vaste wetten kan spreken. Dat is dus het uitgangspunt.

Maar thans rijst de vraag: Is het nu werkelijk waar, dat wij in de levensverschijnselen altijd te maken hebben met groote aantallen? In de laatste tijden is echter gebleken, dat men daaraan zeer sterk moet twijfelen. Laat ik beginnen met een eenvoudig experiment te beschrijven. Als voorbeeld nemen wij een kolonie bacteriën, waarin men de levende stof in een zeer elementairen vorm kan bestudeeren. Wil men trachten daarin veranderingen teweeg te brengen, met middelen van zeer geringen omvang, omdat ik nu eens niet primair met groote getallen te maken wil hebben, dan kan dat het beste geschieden door die bacteriën te bestralen. Dan worden zij dus gebombardeerd met projectielen van atomaire dimensies, dus met uiterst kleine projectielen. Bestudeeren wij het overleven van een kolonie van bacteriën, die met een

radium- of door een Röntgenstraal worden gebombardeerd en wij zetten tegen over elkaar den duur van de bestraling en het overlevende deel van de bacteriënkolonie, dan ziet het er aldus uit: Als men b.v. 10 seconden bestraalt, is de helft van de bacteriën dood. Wordt de kolonie de volgende 10 seconden weer bestraald, dan is wederom de helft van de overblijvende kolonie dood en voor de volgende 10 seconden is opnieuw de helft van de dan overblijvende materie vernietigd. Daarmede blijkt al een zeer eenvoudige wet, die op honderden verschillende manieren altijd weer wordt teruggevonden. Als men nu gaat analyseeren wat dat eigenlijk beteekent, dan komt men tot een uitkomst, ten aanzien waarvan men eerst zegt: Neen, dat kan niet, dat geloof ik niet. Deze proef is het eerst genomen door W y c k o f f, een bekend physicus, tegenwoordig bekend door de ontwikkeling van de electro-microscopie, deze heeft de uitkomst geanalyseerd, doch aanvankelijk geweigerd om aan de geldigheid ervan geloof te schenken. Naderhand echter zijn er zoovele van dergelijke proeven gedaan, die het resultaat van W y c k o f f bevestigden, dat men er wel in móet gelooven, maar die aanvaarding beteekent dan, dat de bestraling een bacterie ongedeerd laat, tenzij deze getroffen wordt op een bepaalde plaats in het cellichaam, welke plaats niet grooter is dan tien atomen. Het is daarmede dus, alsof men een slagkruiser tot zinken zou brengen met een schot uit een kinderpistooltje. Dit is de thans algemeen erkende treffer-theorie, die dus laat zien, dat een levende structuur, bestaande uit een enorm aantal moleculen, ten slotte beheerscht wordt vanuit een plekje, dat niet grooter is dan een paar atomen. Dat is dus iets geheel anders dan men zou verwachten als gevolg van die statistische opvatting, die er van uitgaat dat men minstens met millioenen en millioenen atomen te maken moet hebben, aangezien anders het toeval overheerscht. In werkelijkheid blijkt, dat er centra zijn, die onze cellen beheerschen en die atoomcomplexen omvatten met meer dan 10 of 100 atomen, een hoeveelheid dus waarbij de trefkans door het toeval wordt beheerscht en waarbij van natuurwetten en hun toepasbaarheid geen sprake is. Nu is deze waarneming duizendvoudig bevestigd en zij kan nog steeds worden verrijkt vanuit een gebied, waarbij de consequenties veel grooter zijn, n.l. dat van de erfelijkheidsleer. Ik kan dat natuurlijk niet allemaal beschrijven, maar wel direct zeggen, dat als zeker kan worden aangenomen, dat de localisatie van de erfelijkheidseigenschappen van levende wezens zetelt in de chromosomen der cellen en wel per erfelijke eigenschap in 'één molecuul van die chromosomen. Men heeft b.v. bij objecten die daarvoor geschikt zijn, voornamelijk bij de *Drosophila melanogaster*, de bananenvlieg, aangetoond, dat zich b.v. een kaart van 2000 erfelijke eigenschappen laat aanleggen, die allemaal moeten worden gelocaliseerd in een kernlis, in een klein draadje, dat zich in de kern van een ei-cel bevindt. En als men nu het volume van zoo'n draadje door 2000 deelt, dan heeft men dus de maximale grootte, die aan de localisatie van een van de erfelijke eigenschappen wordt toegemeten en dan komt men tot een volume van de orde van grootte van 100.000 tot 1.000.000 atomen. Dat is al heel klein en

het wordt steeds geringer, naar mate men weer nieuwe erfelijke eigenschappen vindt.

Nu heeft men deze proeven nog veel intensiever kunnen nemen, door deze objecten ook weer te gaan bestralen. Wat n.l. aanwezig is voor het vastleggen van een erfelijke eigenschap, vertegenwoordigt één van de meest stabiele verschijnselen die men in de natuur kent, men denke slechts aan de kin van de Habsburgers. Die kwam 500 à 600 jaar geleden en misschien nog eerder al in dat geslacht voor. De oorzaak van die kin is, laat ons zeggen, gelocaliseerd in één of twee genen, in één of twee moleculen, die 600 jaar lang of nog langer bij 37 graden zijn bewaard en zich voortdurend hebben gereproduceerd en die nog precies zoo moeten zijn, anders was die kin niet meer verschenen. De onveranderlijkheid van die eigenschap moet dus wel buitengewoon stabiel zijn.

Aan den anderen kant is bekend, dat er soms onverwacht, ineens, een plotselinge verandering intreedt, die dan ook weer erfelijk wordt, men spreekt dan van een mutatie. De mutatie is voor de erfelijkheidsleer buitengewoon belangrijk, want dat is de grond voor alle mogelijkheid tot evolutie. Als die mutaties niet bestonden, dan zouden wij nog precies zoo zijn als honderdduizend jaar geleden. Dát die mutaties er zijn, blijkt derhalve uit onze evolutie, maar zij komen totaal onvoorspelbaar, ineens en dan zijn ze in dien vorm gefixeerd en worden dan erfelijk. Nu kan men de snelheid, waarmede mutaties optreden, beïnvloeden en sterk doen toenemen door Röntgenbestraling. Dit wordt aldus verklaard — en de juistheid dezer voorstelling is ook zuiver wiskundig bewezen — dat een projectiel van een Röntgenbestraling, dus van atomaire kleinheid, een gene treft waarin de erfelijkheidseigenschap is vervat, en daar iets aan verandert, dat het een paar atomen omdraait of er iets anders aanricht, hetgeen voldoende is om de erfelijkheidseigenschappen te wijzigen, die dan in dien nieuwen vorm gereproduceerd worden en door alle volgende generaties heen verschijnen. Als men hier nu weer de treffer-theorie gaat toepassen, dan blijkt dat het volume, waarin die erfelijkheidsverandering heeft plaats gevonden, niet grooter kan zijn dan een volume van ongeveer 1000 atomen. Ook dat is derhalve weer een gebied van uiterst geringen omvang, waarbij de statistische natuurwetten zeker niet meer kunnen gelden. Hier komt men wederom tot dezelfde uitkomst.

Indien men nu gaat vragen of die micro-physische veranderingen van atomaire dimensies zich ook voordoen in het leven van den mensch en waarneembaar zijn, dan kan op het volgende worden gewezen. Bepaalt men de kleinste hoeveelheid licht waarvoor het menselijk oog nog gevoelig is, dan blijkt deze tevens te zijn de kleinste denkbare hoeveelheid, een lichtquant. Men moet dus aannemen, dat de verandering in het netvlies, teweeg gebracht wordt door een lichttreffer, niet grooter dan die van een lichtquant en waarbij geen grooter verandering kan worden veroorzaakt dan van één of een paar atomen. De micro-physische wijziging, die derhalve begint met een verandering van een paar atomen in het netvlies is derhalve voldoende om tot ons bewust-

zijn door te dringen en een lichtgebaarwording te geven. Tevens kunnen wij daaruit afleiden dat die micro-physische veranderingen blijkbaar gekoppeld zijn aan een of ander versterkingsmechanisme zoodat zij op die wijze kunnen doordringen in onze physysche structuur en een waarneembare werking uitoefenen.

Er is ook nog een andere wijze geweest, waarop men wederom die schatting van de grootte van genen, van de localisatie van erfelijke eigenschappen, heeft kunnen bevestigen en nu niet door alleen maar afleiding, door wiskundige toepassingen, maar door directe waarneming. Er is n.l. een object gevonden, waarbij de celdeeling, dus de celverdubbeling, wel voortdurend doorgaat, maar waarbij de cellen niet uit elkaar gaan en dus de cellen, en vooral de kernen van die cellen, een grootte bereiken, overeenkomende met die van 8 generaties. Een chromosoom verdubbelt zich dus en beide laten niet van elkaar los, zij verdubbelen zich dan nog eens, maken zich evenmin van elkaar los en zoo gaat dat dus 8 generaties door, derhalve tot op een 256-voudige grootte van de oorspronkelijke structuur. Dat zijn de z.g.n. reuzenchromosomen, die o.a. worden aangetroffen in de celkernen van de speekselklier van de bananenvlieg.

Terugkeerende tot het uitgangspunt, is het dus zóó, dat vóór alles gewenscht is orde in de levende stof. Daar moet dus iets van een machineprincipe heerschen, een verband tusschen vaste oorzaken en vaste gevolgen bestaan, anders kan men zich het regelmatig gedrag van de levende stof en al haar reproducties niet voorstellen. Ik heb dan gezegd: Dat is alleen maar denkbaar als hier natuurwetten toepasbaar zijn, doch die natuurwetten hebben slechts geldigheid voor zoover het gaat om enorme getallen en nu blijkt, dat het niet gaat om enorme getallen, maar dat men te maken heeft met beheersing van een cel, uitgaande van plekjes van buitengewone kleine afmetingen, van een duizend atomen, waarbij dus van een statistische hoeveelheid niet meer kan worden gesproken. En daar zitten wij nu! Hoe moet men nu aan met deze twee dingen, die tegen elkaar ingaan? Hiervoor nu zal men zich moeten wenden tot de moderne natuurkunde, want daar heeft men denzelfden ontwikkelingsgang doorgemaakt. Bij de klassieke natuurkunde kon alles precies op zijn plaats worden gezet en vrijwel alles kon worden begrepen en voorspeld, uitgaande van die statistische natuurkunde, zoolang men nog met groote getallen werkte. Maar nadat de natuurkunde was doorgedrongen in het atoom, de atoomphysica tot ontwikkeling was gekomen, ging het niet meer om groote getallen, maar om een enkel atoom en toen bleek, dat de natuurkundige de meeste van zijn gewone voorstellingen en van zijn gewone werkwijzen volledig moest laten varen. Hij heeft in de plaats daarvan, door de feiten gedwongen, een geheel nieuwe natuurkunde moeten opbouwen, de z.g.n. quantenphysica, die principieel totaal anders van vorm is en geheel andere denkwijze heeft. In die natuurkunde gaat het b.v. niet meer om de realiteit. Men kan daar, zoo blijkt het, niet meer vragen: Wat is een electron? Wat is een atoom? Men kan alleen maar vragen: Hoe doet het zich aan ons voor als wij het op een bepaalde wijze be-

zien? Er is dus geen absolute realiteit meer, er is alleen maar een potentieele realiteit, er is alleen maar meer een vermogen om een zekeren indruk op ons te maken als wij het op een bepaalde manier beschouwen, doen wij dat op een andere wijze, dan doet het zich ook heel anders aan ons voor. Men denke slechts aan het bekende feit, dat, als men het licht op een bepaalde wijze waarneemt, het zich als een golfverschijnsel voordoet en dat het bij onderzoek op een andere manier, zich aan den beschouwer voordoet in den vorm van kogeltjes, pakjes, bombardementen. Dat zijn twee volkomen onvereenigbare dingen. Er zit dus niets anders op dan te verklaren: dat het blijkbaar op twee manieren mogelijk is, die elkaar echter volkomen uitsluiten; het hangt maar van de beschouwingswijze af wat men zal waarnemen. Hiermede is dus de realiteit verdwenen en daarmee een andere grondeigenschap, die wij bijna niet kunnen missen: de causaliteit, het vaste verband tusschen oorzaak en gevolg. Het gedrag van een afzonderlijk atoom, van elk klein deeltje, is principieel totaal onvoorspelbaar. Niet alleen omdat wij er niet genoeg van afweten, maar het is onvoorspelbaar als essentiele, primaire eigenschap, want het blijkt, dat in de natuur alles is gequantiseerd. Alles is verdeeld in deeltjes, alles gaat in sprongetjes. Principieel niet aanwezig is de geleidelijke overgang. Iets kan zijn in den toestand A, iets kan ook zijn in den toestand B, maar niet in den toestand $\frac{A+B}{2}$. Het gemiddelde van die dingen is er

niet. Het is alleen: of het een, of het ander en de overgang is er op een onbekende wijze, die wij maar een sprong zullen noemen. Wat zich daar tusschen bevindt, is onvoorstelbaar, onbeschrijfbaar en, zooals de moderne physicus zegt, onvraagbaar. Dat is ook een belangrijk punt. De moderne physica heeft geleerd, dat men niet meer moet zeggen waarom iets is. Men kan alleen nog maar vaststellen, dat het er is en men moet eraan gewennen om zich hiertoe te bepalen. Dan bevindt er zich ook niets meer achter, dan is men tevens gekomen tot het einde der dingen, het formeel aanvaarden, waarbij men moet afzien van de vraag naar het waarom.

Een ander belangrijk punt, dat hierbij ook zeer sterk naar voren komt — juist voor de biologie zoo belangrijk — is dat men deze dingen niet kan bestudeeren zonder ze te beïnvloeden. Ik heb al gezegd: Als men wil zien hoe iets zich aan ons voordoet, dan hangt het er meer van af, hoe ik het beschouw. Als ik het op de eene wijze tracht te bezien, dan vertoont het zich als een deeltje, als een bolletje, als ik het op de andere manier waarneem, dan doet het zich voor als een golf. Er is dus een onverbreekelijke betrekking tusschen het subject, dat bestudeert, onderzoekt, en het object, dat waargenomen wordt; die relatie is principieel. Als ik dus iets bestudeer, dan breng ik mijn eigen opvatting bij voorbaat in het object, dat ik onderzoek. En dat is niet te scheiden, dat is principieel aan elkaar verbonden. Deze onzekerheidsbetrekking maakt juist, dat het geheel zoo vaag wordt. Ik heb niet meer te doen met iets voorstelbaars, er is geen echte realiteit meer, er bestaat alleen een potentieele realiteit. Er is geen voorstelbaarheid meer. Ik kan niet meer

vragen: Waarom? Ik kan alleen zeggen: Hoe? Dat geheel maakt tot nu toe een buitengewoon vagen indruk.

En toch is het aan den anderen kant allesbehalve vaag, want wiskundig kan dit in formules worden gegoten van een scherpste, een exactheid en een bruikbaarheid, als nimmer te voren. De verschijnselen van de chemische bindingen, die men vroeger maar moest aannemen, kunnen nu wiskundig precies worden vastgelegd en zoo is het met ongeveer 80 à 90 % van de geheele natuurkunde die nu in wiskundige formules is vervat, abstract weliswaar en het is juist voor vele natuurwetenschappelijke onderzoekers en nog sterker misschien voor biologen zoo moeilijk om zich met deze manier van denken vertrouwd te maken, waarbij men moet afzien van het zich willen voorstellen, moet wennen aan de abstractheid van formules, gemeen goed van de hogere wiskunde, maar die den bioloog en den medicus nog veel moeite kost. En toch was het de moderne natuurkunde niet anders mogelijk. En als wij nu in de biologie met ditzelfde verschijnsel te maken krijgen, dat de besturing uitgaat van die afzonderlijke punten, waarbij geen statistische natuurkunde meer toepasbaar is, waar men bij de quantenphysica terecht komt, die deze dingen verder kan duidelijk maken, dan zullen wij evenmin kunnen ontkomen aan een formeele denkwijze.

Hoe die formules moeten luiden, dat alles zal nog moeten worden ontwikkeld, maar waar het op aan komt is, dat ons denken zich moet aanpassen, dat wij een nieuwe wijze van denken moeten veroveren, waarmede de biologie wordt benaderd, evenals de quantenphysica een nieuwe orde van denken heeft ingevoerd bij de natuurkunde en de scheikunde en daar al tot een volledige beheersching heeft gevoerd. Het is dus met de biologie aldus gesteld, dat men aan den eenen kant heeft de grootere structuren, nog onderworpen aan de natuurwetten, waarbij de machineopvatting van de levende stof een sterken steun verleent, maar dat daarnaast bestaat een besturing vanuit plekje, die te klein zijn om nog aan de natuurwetten te gehoorzamen, doch gekoppeld aan een versterker-werking, die die centra tot echte bestuurders maakt, waarvan het effect ook in de macro-physica onophoudelijk doordringt. Men ziet het aan de erfelijkheidseigenschappen. En juist die combinatie van het machinekarakter en van de onvoorstelbare quantenphysica is een kenschetsing van de levende stof. Dit is natuurlijk een begin. Als u nu gaat opmerken: Hoe is het mogelijk, dat al die dingen hier nog weer tezamen zijn geïntegreerd, dan is dat een vraag, die bijna niet gesteld kan worden. Belangrijk is, dat wij langzamerhand en juist aan de hand van de moderne natuurkunde een soort van aanvoeling krijgen van een andere wijze van denken, veel meer formeel.

Om het nu niet al te abstract en, ik zou haast zeggen, al te hopeloos voor de tegenwoordige opvatting te maken, kan ik misschien eindigen met nog een aan de natuur ontleend voorbeeld, waarbij wij de geleidelijke ontwikkeling van het leven vanuit een molecuul bijna geheel kunnen volgen, n.l. bij de studie van het virus, een oorzaak van besmettelijke ziekten, dus een agens, dat overgaat van een individu op een ander en dat dan bij het tweede individu weer een ziekte kan opwekken,

waarvan wij dus zonder twijfel kunnen aannemen dat het levend is. Nu is men in staat geweest om dat virus te isoleeren in den vorm van een gewone molecule, dat zich laat kristalliseeren. Daarmede kunnen allerlei chemische bewerkingen worden uitgevoerd. Het is geïdentificeerd als 'n ingewikkeld molecuul, dat dezelfde eigenschappen heeft als elke andere molecule, dat wij dus volkomen dood zouden noemen. Maar als ik dan dit doode molecuul breng in een levende cel, dan wordt het binnen niet al te langen tijd een deel van de erfelijke massa van die cel. Hier nu zien wij dus, in een bijna schoolsche voorstelling, het verloop van het begin tot het einde. Men kan beginnen met een molecuul, een virusmolecuul, dus een eiwitmolecuul met misschien een millioen atomen. Dat is toch nog bijzonder klein en moet geheel als een doode structuur worden beschouwd, maar dit molecuul heeft blijkbaar de bijzondere eigenschap, dat het zichzelf kan reproduceeren. En dit is de fundamenteele eigenschap van al deze dingen. Breng ik nu dat molecuul in een levende structuur, dan gaat het zich daarin ook zelf reproduceeren. Het is zelfs zóó, dat het dan de voorwaarden van reproductie voor de andere levende moleculen in die structuur gaat overheerschen en de eiwitmoleculen dwingt in zijn eigen richting. Daarom leidt het dan ook tot ziekte, maar principieel is daarmede de overgang, als wij het zoo willen noemen, van die doode molecuul naar de levende structuur, heelemaal gevolgd.

Men denke niet dat een virus slechts voorkomt als ziekteverwekkend element. Het blijkt hoe langer hoe meer, dat deze ook aanwezig zijn in allerlei gezonde structuren en het is niet buiten gesloten, dat men in staat is een dergelijk virus uit het levende milieu af te zonderen om het vervolgens als molecuul chemisch te behandelen, ten einde dit een bewuste, van te voren bekende verandering te doen ondergaan. 'Zou het daarna weer teruggebracht worden in het levende milieu en erin opgenomen, dusdanig dat het deel wordt van de erfelijke massa, dan zouden de eigenschappen, die om zoo te zeggen opzettelijk zijn aangelegd ten slotte te voorschijn komen als erfelijke factor van die levende structuur. Dit is iets waar men zich tot voor kort niet kon indenken. Ik heb het nu te sterk gekleurd; dat het nu al mogelijk zou zijn is te veel gezegd, maar dat de mogelijkheid niet is uitgesloten is geen wetenschappelijke grootspraak. Maar zoo wij dit willen begrijpen dan gaat het niet meer overeenkomstig de grondslagen der statistische natuurkunde. Voor een inzicht in die eigenschappen van zelfverdubbeling en erfelijkheid met alles wat daaraan verbonden is, hebben wij een nieuwe wijze van voorstelling noodig, zooals de quantenphysica een nieuwe beschouwingswijze heeft doen ontstaan in de moderne natuurkunde. Het zal er geheel van afhangen, welke manier van zien zich daarvoor zal moeten ontwikkelen. Het hangt juist zoo sterk af van het vage, de subject-object relatie, hoe dat zal moeten worden benaderd en dan mag ik misschien eindigen met deze letters neer te schrijven:

N E V E L	Beziet men ...	N E V E L	Beziet men ze van den bovenkant, dan staat er: Nevel, maar van onder af leest men: „Leven”.
-----------------------	----------------	-----------------------	--

Gerodontie

door Dr. C. H. Witthaus

B. O. A. T h o m a s stelt in de J. A. D. A. Februari 1946 voor, de kennis der ouderdomsziekten van het gebit als een speciaal onderdeel der tandheelkunde te qualificeeren en *gerodontologie* te noemen, de tandheelkunde voor de ouden van dagen, de gerontes. De geneeskunde spreekt reeds van *gerontologie*, de kennis van de ouderdomsverschijnselen, van *geriatrie*, de geneeskunde voor grijsaards. Voor het tandheelkundig speciaalgebied lijkt mij de term gerodontologie wat lang en, met de philosophische lettergroep ontologie (de kennis van het zijn) iets misleidend. Ik stel voor, van *gerodontie* te spreken, als de physiologie, pathologie en therapie der ouderdomsgebreken van het gebit, analoog paedodontie, orthodontie, periodontie enz.; misschien is er ook wel een bijzondere naam noodig voor een wetenschap en kunst, (die logisch niet te scheiden is van de tandheelkunde,) omdat ze er een steeds belangrijker deel van vormt. Want terwijl vroeger de ouden bij tandziekten gewoon waren, „aftands” te raken, en zich in het verlies der elementen te schikken, zijn zij thans terecht veeleischender geworden. De besten van de ouden, van ons standpunt gezien, zijn zij, die geregeld onder tandheelkundig toezicht geweest en nog voor een prothese behoeft zijn. Hun percentage neemt met de erkenning en het aanvaarden van onze prestaties van jaar tot jaar toe. *Ook het aantal der grijsaards onder de bevolking is relatief sterk gestegen.* Op een bevolking van Nederland 1859, van 3.309.128 zielen werden er 263.919 geteld van 60 jaar en ouder. Het waren 8.67% der vrouwen, 7.25% der mannen. Tachtig jaar later, anno 1939, zijn volgende cijfers genoemd: Van 8.833.977 inwoners hadden 935.547 den leeftijd van 60 jaren bereikt of overschreden, namelijk 10.93% van de vrouwen, 10.24% van de mannen. Thans zullen het gemiddeld in ons land wel 11% zijn, bijna een millioen inwoners. Over 30 jaren waarschijnlijk 13½—14%. Een gestadige relatieve toename is aan te nemen, daar door hygiënischer levenswijze en door betere medische verzorging (o.a. door chemische therapeutica) de levensgevaarlijke ziekten meer voorkómen of overwonnen worden. Dan zullen de grijsaards boven de 60 een zevende der bevolking uitmaken. Zij zullen van de hulp der tandartsen meer profiteeren dan op hun middelbaren leeftijd, en meer dan vroeger, daar intusschen de kunst om zieke tanden te herstellen en ontbrekende te vervangen, groote vorderingen maakt; ook als er verscheiden elementen verloren zijn, kan door kunstwerken een voldoende kauwactie op basis van gezonde elementen herwonnen worden. Deze kennis en kunst intensief te cultiveeren, is een dankbare taak van ons beroep.

Het is verleidelijk om het onderwerp met enkele *beschouwingen over de beteekenis van het oud worden en den duur van het leven* in te leiden. Welke is de normale levensduur van den gezonden mensch? Bestaat er op aarde een onsterfelijk leven en zou een geheel gezonde mensch onbegrensd kunnen blijven leven? Zijn de ouderdomsgebreken onvermijdelijk of alleen een vicieus gevolg van ziekten of slechte gewoonten?

Men mag wel aan het schijnbaar weinig georganiseerd subject van de virus-elementen een potentieele onsterfelijkheid toekennen, natuurlijk begrensd door externe omstandigheden. Analoge onderstellingen kunnen wij voor ééncellige organismen maken, die zich door deeling voortplanten. Zoodra bij meercelligen het voortbestaan aan specifieke, uit het celverband los te raken kiemceld is toevertrouwd, kan de ketting van dézen wel potentieel onsterfelijk genoemd worden, het organisme zelf is ten ondergang gedoemd, al telt de duur van zijn bestaan duizenden jaren, gelijk die van enkele Amerikaansche boomreuzen. Men moet Weismann bijvallen als hij verklaart¹⁾: „de dood is een in het organisme virtueel aanwezige, a.h.w. voorbestemde inrichting, het onvermijdelijke einde van een

1) August Weismann: Aufsätze über Vererbung.

ontwikkeling, die met de eicel begint, met het afstooten van de kiemcellen, d.w.z. met de voortplanting haar hoogtepunt bereikt en dan een sneller of langzamer verval ondergaat tot het natuurlijk einde van het individu". Zoo is het ook met het lichaam van den mensch. Er zijn maar weinig honderdjarigen en uiterst zelden geeft de geschiedenis een betrouwbaar lijkend relaas van een mensch, die bijna anderhalve eeuw zou geleefd hebben.

Wat het lot is der heerlijkste vrucht van het organisch leven op aarde, de ziel van den mensch, dat is geen probleem der wetenschap.

Henri Poincaré zegt: De geologische geschiedenis toont ons, dat het leven slechts een korte episode is tusschen twee eeuwigheden des doods, en dat in deze episode de bewuste gedachte maar een oogenblik geduurd heeft en zal duren. De gedachte is maar een bliksemstraal in het midden van een lange nacht. Maar die bliksem beteekent alles.

Moeten wij den dood vreezen?

Het dier heeft wel het instinct van zelfbehoud en aangeboren vluchtinstincten en afweerreflexen, maar het kan geen besef van, en dus geen angst voor den dood hebben. Bij den mensch is de doodsangst ook niet aangeboren, maar aangeleerd en door voorbeelden van smartelijk sterven ingeprent.

Metchnikoff¹⁾ onderstelt bij den mensch het bestaan van een instinctief voorgevoel van den dood, als zijn tijd gekomen is, te vergelijken met de behoefte aan slaap, en geen doodsangst, maar een aangename gewaarwording van ontspanning. Hij haalt een verhaal van Brillat Savarin aan uit diens vermaard boek over de physiologie van den smaak, over het sterven van zijn 93-jarige tante:

„Es tu là, mon neveu? me dit elle d'une voix à peine articulée. — Oui, ma tante, je suis à vos ordres et je crois que vous feriez bien de prendre un peu du bon vin vieux. — Donne, mon ami; le liquide va toujours en bas. — Je me hâtai: et, la soulevant doucement, je lui fis avaler un demi verre de mon meilleur vin. Elle se ramina à l'instant, et, tournant sur moi des yeux qui avaient été fort beaux: Grand merci, me dit-elle, de ce dernier service; si jamais tu arrives à mon âge, tu verras que la mort devient un besoin, tout comme le sommeil. Ce furent ses derniers paroles, et une demi heure après elle s'était endormie pour toujours.”

De natuur heeft het lichaam van den mensch ook niet zoo geperfectionneerd, dat hij onbegreind zou kunnen leven. Wel worden bijna alle weefsels en organen door de stofwisseling niet alleen warm en werkzaam gehouden, maar ook de versleten deelen geregenereerd; maar er zijn uitzonderingen: Het gebit vormt de meest betekenende. Ook bij matig gebruik verslijt het op den duur en het wordt niet geregenereerd (gelijk de knaagtanden bij de rodentien). *Deze obligate ondergang van ons kauworgaan* praedestineerde in den oertijd *alleen* al het menschelijk lichaam voor den dood. Hoewel de cultuurmensch het gebit door een surrogaat kan vervangen en het door toebereiding van zijn voedsel overbodig maken.

Voor de meeste menschen, voor hen die de zes kruisjes niet halen, komt de natuurlijke dood door ouderdomszwakte niet in aanmerking. Ziekten, chronische vergiftiging door genotmiddelen en traumas (oorlog, verkeersongelukken) maken er vooraf een einde aan. Als men in het bestaan van elk levend organisme op onze planeet een natuurlijk *doel* wil erkennen, dan schijnt dit alleen te zijn *zijn reproductie*. Als het tot dit doel niet meer kan bijdragen, stelt de natuur geen belang meer in zijn bestaan. Alzoo schijnt voor de vrouw althans, na het verzorgen van het laatste kind, met 60—65 jaren, dit omineus tijdstip bereikt te zijn. Bij den man is de reproductie ook op lateren leeftijd niet uitgesloten, maar toch ongewoon; de bijdrage tot de opvoeding, van de laatstgeborene trouwens minder belangrijk dan die van de moeder, maar weinig beperkt door zijn leeftijd. Voor beiden geldt wat reeds door Metchnikoff²⁾ werd verkondigd:

¹⁾ Elie Metchnikoff: Essais Optimistes.

²⁾ Metchnikoff, l.c.

„Het is te voorzien, dat wanneer de wetenschap in de menschelijke gemeenschappen de overwegende plaats zal innemen, die haar toekomt, en wanneer het hygiënisch inzicht meer gevorderd is, dat dan het menschelijk leven verlengd zal worden en dat de rol der ouderen daarin veel belangrijker zal zijn, dan ze thans is.”

Maar de hygiënische leefwijze behoort *vroeg* te beginnen, om ouderdomskwalen te voorkomen. Constitutioneele gebreken moeten bijtijds genezen worden, ook verzwakkende en langdurige ziekten, malaria, syphilis, tuberculose.

Vele artsen schrijven aan veelvuldige vergiftiging van de weefsels door toxinen de meeste ouderdomsgebreken toe, en aan de vergiftiging door langdurig overmatig gebruik van eiwitvoedsel en van genotmiddelen — alcohol, tabak, koffie — en door darminfecties. Bij de ethische opvoeding van het opgroeiende geslacht moet mijns inziens veel en veel meer gewicht gelegd worden op de beteekenis van deze factoren voor het geheele leven en op de strengste plichtsbetrachting in deze. De tandartsen moeten hun bijdrage leveren door aan te dringen op systematische preventie van caries en parodontopathiën en dus van haardinfecties der belangrijke organen. Als aan genoemde desiderata voldaan wordt, zal het langere en gezondere leven ook een rijkere inhoud verkrijgen, de mensch zal ook in de decennia na 60 nog voor nuttigen — zij het minder intensieven — arbeid geschikt blijven en langer kunnen genieten van de vruchten van veeljarig beroepswerk. De droeve periode van uiteindelijke marasmus zou daarmee verkort worden.

De welbekende ouderdomsverschijnselen tasten alle organen en weefsels in verschillende intensiteit aan; het belangrijkste is de arteriosclerose, daar met de vertraagde aan- en afvoer van het bloed de voeding der cellen en de verwijdering van afval- en toxische stoffen bemoeilijkt wordt. Ook het gebit met zijn physiologisch ensemble ondergaat er de gevolgen van: De kracht van de spieren der masticatie, der tong, der wangen en lippen vermindert, het kaakbeen wordt broozer, het slijmvlies en het wortelvlies minder elastisch, ook de speekselklieren ondergaan de involutio senilis, de afscheiding vermindert. Eigenaardig is het verslijten van de glazuurkap van tanden en kiezen, het maakt uiteindelijk een normaal gebruik van het kauworgaan onmogelijk, hetgeen bij geen enkel ander orgaan als gevolg van zijn functie geschiedt. De vermindering van de beethoogte behoeft de functie niet te beletten, daar de spieren en de kaakgewrichts-verhoudingen zich bij dit langzame gebeuren weten aan te passen. Zulks geldt ook voor de processus alveolaris, de tandkassen hebben den tijd en de eigenschap, zich naar de veranderde druk- en trekimpulsen door appositie en resorptie te voegen. Maar het wegslijten van de kroon exposeert de pulpaholte, het leidt automatisch tot pulpitis en pulpaversterf, tot infectie van wortelvlies en parodontium, en maakt door de gevoeligheid het bijten en kauwen tot een marteling. Ook leidt de druk van het gekauwde voedsel op den onbeschermden tandvleeschrand tot gingivitiden en tot expositie van den alveolairrand, dit alles bij normale functie, dus bij flinken druk van niet te zacht voedsel. De cultuurmensch kan genoemde functio laesa voorkómen resp. matigen door gebruik van zachte en papperige spijzen en hierdoor zelfs de afslijting voor tientallen van jaren vertragen, maar moet dan een zeer nauwkeurige cariespreventie toepassen, om te trachten den ondergang van zijn gebit zoo lang uit te stellen. Slaagt hij daarin, dan heeft hij kans, om nog met 90 jaar met natuurlijke tanden zonder opengesleten pulpae zijn maaltijden te kunnen genieten. Door zorgvuldig onderzoek zal onze wetenschap moeten uitmaken, welke spijzen en in welke toebereiding noch tot voortijdig verslijten van de glazuurkap, noch tot caries aanleiding geven, een dankbare en geenszins onmogelijke taak.

Ook als met het onderzoek der gevaarlijke zuurvormers spoedig begonnen mocht worden en middelen gevonden, de zuuraantasting en daarmee de caries te voorkomen, dan zal de algemeene toepassing nog wel een 10—20 tal jaren op zich laten wachten. Het gelijke geldt voor de prophylaxis van parodontosen door algemeen gebruik van voedsel, dat flinke kauwactie vereischt, door de kleuters, daar door stimulatie van den groei der kaakbeenderen en der proc. alveolares kaakmisvormingen, gedrongen stand, overbit, distale occlusie enz. en daardoor veel para-

dentopathien voorkomen worden. Intusschen presenteeen zich voor het eerst op school de kleuters nog steeds met een bijna geruïneerd melkgebit. De schooltandarts conserveert gelukkig de eerste molaren, maar kan niet meer de dispositie voor caries en de alveolaire zwakte afdoende verhelpen; de nazorg is dan inderdaad een taak vol zorgen. Alleen wanneer met het derde jaar de physiologische bijt- en kauwactie wordt ingevoerd en ook het conserveeren der melkmolaren begonnen, is het vooruitzicht op duurzame gezondheid van het gebit gewettigd. Intusschen worden alreeds door de schooltandverzorging bij een veel grooter percentage der jongeren dan vroeger veel meer elementen tijdens den middelbaren leeftijd behouden en blijft er voor veel 60-jarigen de mogelijkheid, met conservatieve behandeling, eventueel met kroon- en brugwerk voldoende kauwvermogen te behouden. Thans en zeker nog voor de volgende 50 jaren heeft daarom de gerodontie dankbare opgaven te vervullen; maar ook nog na algemeene cariespreventie en betuigeling der parodontopathiën zullen de ouden van dagen veel tandheelkundige verzorging behoeven.

Natuurlijk vormt bij de cultuurvolkeren de physiologische afslijting niet het grootste gevaar voor de tanden, maar de caries en de ziekten van het parodontium. *De caries der ouden van dagen vertoont enige bijzondere aspecten.* Bij sterke afslijting aan het kauwvlak vindt men niet zelden secundaire caries langs den rand van oude centrale amalgaamvullingen, waar de dentine weggesleten is en een spleet tusschen glazuur en vulling is geschuurd, die door spijsretentie tot caries leidt. Men moet daar dus de bruin verkleurde randen steeds goed sonderen en de vullingen, die soms al 25 en meer jaren dienst gedaan hebben — n'en déplaise Van den Berg — vernieuwen. Ook als een centrale amalgaamvulling na verloop van jaren door moleculaire krachten of door den druk van den antagonist vervormd is (flow, Black) en de randsluiting defect wordt, terwijl de vulling iets uitpuilt, openbaart zich een meestal chronische secundaire caries, die verholpen moet worden, voor ze acuut wordt, al behoeft het element geen decennia meer dienst te doen. Een napolijsen der vulling om de 3—5 jaren na de plaatsing zou vaak de vervorming met de braam, die spijsresten opvangt, onschadelijk gemaakt hebben. Met de schooltandverzorging, die de centrale caviteiten meestal met koperamalgaam doet vullen, zullen wegens wegslijten op den langen duur velen dezer, op zichzelf prachtig aansluitende vullingen vernieuwd moeten worden, een deel wel reeds op middelbaren leeftijd. Genoemd materiaal heeft ook een gisting-werende werking door sporen van zich vormende Cu-zouten. Op beschermde plaatsen, approximaal en cervicaal, waar het voedsel niet met een nieuwen maaltijd wordt weggedrongen, en de aanhechtende materie steeds weer suiker-oplossingen kan adsorbeeren, is de gisting niet geheel te beletten. Men vindt daar dan later de vulling gedeeltelijk verweekt, het Cu opgelost en het Hg kan door een watje van de vulling weggedrukt worden. Approximaal en cervicaal zijn daarom de Cu-vullingen minder geïndiceerd.

Moeilijker te vinden en te behandelen, dan de centrale, zijn primaire carieuze aantastingen op de aanrakingsvlakken der molaren bij ouden van dagen, waarbij een nauwelijks waarneembare typische verkleuring of wel een X-photo vaak nog eerder een caviteit kan doen ontdekken, dan een fijne gebogen sonde. Flinke, soms herhaalde separatie moet een toegang van den buccalen of den palatinalen kant uit mogelijk maken, als de weg van masticale richting uit te bezwaarlijk is. Dit geldt vooral voor de, door mij *seniele halscaries* genoemde caviteiten, die na atrophie van de interdental papil bij boventanden en kiezen met smallen hals zich zoo vaak voordoen. Voor het vullen komt zilveramalgaam in aanmerking, want phosphatcement lost approximaal snel op, silicaatcement bedreigt de nabije pulpa, voor gutta-percha is de vereischte absolute droogte moeilijk bereikbaar. De preparatie is lastig, daar de meestal door bacteriën en door den druk van spijsresten geïrriteerde tandvleeschrand bij aanraking tergend bloedt. De leiding van de boor stelt in de slecht overzichtelijke caviteit hooge eischen aan de handigheid van den operateur. Men kan het moeilijk klaar spelen, zonder in het hoekstuk *de rechtssnijdende boren op de geschikte plaatsen door linkssnijdende te vervangen* en de boorhals aan de contour van de kies of de buur aan te leunen. Ook de retentie der vulling

is moeilijk; ik maak het amalgaam adhaesief door een dunne onderlaag van cement-amalgaam, op welke vóór het hardworden het amalgaam vast aangedrukt wordt, ook de thermische prikkels worden hierdoor verzwakt. De interdentale ruimte moet geheel gevuld worden, om binnendringen van spijresten te voorkomen, en de vulling cervicaal kort afgerond. Een herstel van den oorspronkelijken vorm der contour is wegens de ruimte, door het verlies der interdentale papil ontstaan, ondoelmatig. Reeds bij het vullen moet men scherp opletten, dat geen amalgaam onder het tandvleesch geraakt. Het grootste deel van den vullingrand is voor het polijst-instrumentarium — disks en strips — niet bereikbaar, men kan met scherpe scrapers de randen zoo effen mogelijk maken, acht gevende, de vulling niet los te stooten. Is het gelukt, dan is de vulling duurzaam, daar noch de kauwdruk noch de borstel ze los maakt.

Op middelbaren en meer nog op hooger leeftijd zijn andere varianten van de halscaviteiten labiaal en buccaal te vinden aan tanden en kiezen; hun ontstaan is gewoonlijk te wijten aan jarenlang horizontaal schuieren met harde borstels en/of scherpe cosmetica; er bestaat retractie van het tandvleesch, het dunne glazuur nabij de tandhals is weggesleten; de weinig resistente cementlaag eveneens. De ontstane nis wordt veelal 's avonds niet schoongeborsteld, een kleverige materie van zetmeel met suikers of vruchtzuren kan 's nachts, van 19—8 uur, dus 13 uren daar ongestoord gisten en halscaries veroorzaken. Lippen en wangen, die gewoon zijn, het convexe en het gladde oppervlak schoon te veegen, glijden over de materie in de nissen heen. Bij zichtbare plaatsen zijn porseleinen inlays of silicaatvullingen geïndiceerd, bij plaatsen, die ook bij het lachen onzichtbaar blijven, gouden inlays of zilver amalgaamvullingen. Het is raadzaam, na excavatie eerst den tandvleeschrand met guttapercha of Fletcher omhoog te dringen en den volgenden dag te prepareren — langer houdt de dekvulling gewoonlijk niet. Zodoende kan de vulling cervicaalwaarts uitgebreid worden, waar het grootste gevaar voor secundaire caries bestaat. Na de vulling moeten de randen zorgvuldig gladgeslepen worden, daar de geringste braam caries inviteert. Voor gevoelige caviteiten is de injectie-anaësthesie een zegen. Niet zelden vindt men de buccale halscaviteiten bij bovenmolaren ook zonder borsteluitslijting reeds in de beste jaren, als de kiezen door buccaalwaarts te hellen of door een sterk convexe kroon een retentienis bieden. Ook hier kan ik linksboren niet missen en maak ik een cementamalgaam onderlaag.

Een typische caries der ouderen is de *circulaire halscaries*, die den tandhals geheel of grotendeels met een verweekte zône omgeeft, waarbij de ontkalking in verschillende sectoren verschillend diep is. De aetiologie is nogal afwisselend, verminderde activiteit der spieren van wang, lippen en tong geeft aanleiding tot vestiging van een film, die den tandhals bedekt, terwijl de kauwvlakken door de masticatie nog schoongewreven worden en ook van de convexe deelen der kronen de kleverige materie nog weggeschoven wordt door hetgeen er van spierbewegingen bij het spreken en eten nog gepresteerd wordt. De moeilijk te doorgronden kleverigheid van het mondslijm en de aard der mondflora spelen vermoedelijk een rol bij de vestiging van deze film: de kronen lijken uiterlijk nog weinig beschadigd en de patiënt heeft er geen besef van, dat de tandhals misschien al meer dan de helft van zijn sterkte heeft verloren. Het leerachtige, min of meer ontkalkte tandbeen is ook geen goed geleider meer voor thermische en chemische prikkels, koud, zoet, zuur irriteert niet, terwijl de pulpa nog leeft, zij het in seniele atrophie.

De zuuraantasting kan van diversen oorsprong zijn: opgerispt maagzuur, citroenzuur uit „zuurtjes”, gistingzuur uit geadsorbeerde suiker-oplossingen of een aanhechting van materia alba aan een ruwen, ongereinigden protheserand. Het beste herstel is een overkapping met behoud van de pulpa, nadat het weeke tandbeen verwijderd en door fosphaatcement vervangen is. Voor patiënten, die deze behandeling voor schijnbaar gave tanden te radicaal achten, kan men vullingen van cement of amalgaam plaatsen, men moet vier vullingen maken, eerst twee proximale en na verharding een buccale en een linguale, het amalgaam aangekleefd door de mengvulling. Na eenige jaren is er gewoonlijk apicaalwaarts secundaire caries. Het eerst pleegt de circulaire caries zich voor te doen bij de bovenste

praemolaren, daarna bij de onderste, ook bij de molaren, voorts ook bij de fronttanden, zelfs bij de onderste. Maar bij dezen blijft de linguale sector vrij, die steeds door de tongpunt schoon gehouden wordt, terwijl er zich wel nog proximale caries voordoen kan. Als pulpa en wortelvlies nog gezond zijn, mag de tandarts geen moeite ontzien, om de carieuze elementen voor de oudjes te conserveren. Een prothese komt altijd nog te vroeg.

Nog een halscaries vindt men voornamelijk bij de ouden, *de linguale halscaries der onderste molaren*. De tongbewegingen en het speeksel plagen deze plaatsen tegen caries te beschermen, maar atrophie van het tandvleesch en zwelling van zijn vaak ontstoken rand doen vooral bij linguaal overhellende tweede en derde molaren daar een zoo diepen kuil ontstaan, dat spijsresten er in blijven gisten, soms vastgehaakt aan de bifurcatie van den wortel.

Tegen het vullen pleegt de tong zich sterk te verzetten, bijgestaan door salivatie, bloeding en worgreflexen. Mijn amalgaam combinatie-vulling moet ook hier uitkomst bieden, daar zij weinig verankering behoeft, het drooghouden is echter, hoe moeilijk ook, onmisbaar, daarom lukt het vullen niet steeds bij de eerste poging.

De vele andere plaatsen, van waaruit de caries de tanden aanvalt, zijn niet karakteristiek voor de gebitten der grijsaards, integendeel, de gewone centrale en proximale caviteiten en die in kuiltjes en andere natuurlijke schuilhoekjes worden reeds in de kinderjaren en op middelbaren leeftijd gevonden. Wel doen zich als gevolg van dezen op hooger leeftijd natuurlijk meer fracturen van ondermijnde, vaak meermalen gevulde tanden en kiezen voor, die dan met de gebruikelijke porseleinen of metalen kronen hersteld kunnen worden. Voorts de lacunes van verloren elementen, die bij voorkeur met bruggen vervangen worden. Partieele plaatprotheses, hoe artistiek ook gemaakt, vormen dikwijls een bedreiging voor de elementen, aan welke ze aanleunen; daarbij is hun bijt- en kauwvermogen relatief gering en vormt het telkens uitnemen en reinigen ook een psychisch bezwaar. De tegenwoordig hooge prijs van het goud is een handicap voor zijn toepassing voor grooter brugwerk; voor een deel kan dit bezwaar ondervangen worden door het gebruik van goud van minder karaan, of door roestvrij staal: In de plaats van een gouden verbindingsbar aan twee gouden kronen te soldeeren, kan men aan elke kroon een buisje van 2—3 mm lengte soldeeren en in beide een Wipladraadje cementeeren, die de kronen verbindt en als steun voor de kunstharbasis met porseleinen elementen dienst doet. Zoo groeien ook mogelijkheden, om van kunsthar en staal een soort van gewapend beton te maken als basis voor bruggen. Zelfs als de steunpilaren al door seniele atrophie van den alveolus een deel van hun bevestiging hebben verloren, biedt zich vaak door combinatie van meerderen een redelijke kans, dat de patiënt zijn laatste jaren nog van een vast brugwerk kan profiteren. Immers de kaudruk komt gewoonlijk telkens maar op één plaats terecht en wordt dan eventueel over meerdere wortels verdeeld en aldus overbelasting voorkomen. Volgens mijn ondervinding vallen de resultaten werkelijk mee.

Wij moeten het weerstandsvermogen en de regeneratie van slijmvlies en alveolus bewonderen, wanneer wij deze weefsels meer dan een halve eeuw — van af het verschijnen der tanden tot op hoogen leeftijd — aan de chemische, thermische en mechanische prikkels in den mond weerstand zien bieden; aan heete soep en aan ijswater, aan zuren en alcaliën, aan macererende zeep en aan bijtende etherische oliën en aan tabaksrook, voorts aan de prikkels van ruw voedsel en aan de frictie van harde borstels. Maar vroeger of later is als reactie op die duizendvoudige aanvallen niet alleen een afslijting van glazuur, cement en tandbeen, maar ook een vergaan van slijmvlies, beenen alveolus en wortelvlies waar te nemen. De beschadiging en de resorptie gaat gepaard met ontstekingsverschijnselen, de wortel wordt aan den alveolairen rand ten slotte tot aan den apex toe geëxponeerd, eerst de naar de mondholte toe gekeerde kant en later ook de verdere omvang. Als de expositie den apex bereikt heeft, dan wordt het pulpaweefsel er door geïrriteerd en geïnfecteerd. Dit verschijnsel doet zich ook bij den *palatinalen wortel der bovenmolaren* voor. Echter behoeft het element daardoor niet verloren te gaan. Men kan dicht bij de kroon een perforatie maken, van daaruit de pulpa cauteriseeren, vervolgens den

palatinalen wortel amputeeren, door hem met een fissuurboor van de kroon te scheiden. Een verzorging van de buccale wortelpulpae door amputatie en mumificatie (Gysi-pasta), afsluiting met fosphaatcement en bedekken met amalgaam besluit de operatie, die het element op zijn twee steunpilaren nog wel een decennium in functie kan behouden. Voor een oudje, dat al veel kiezen mist, is het behoud van een enkele soms van groote waarde, zoodat zelfs de moeite van een wortelkanaalbehandeling gerechtvaardigd kan zijn, als er in de buccale kanalen infectie gedrongen mocht zijn. Bij een torsie van een bovenmolaris komt soms in plaats van den palatinalen, een der buccale sterk promineerende wortels open en voor amputatie in aanmerking. Bij de ondermolaren kan om andere redenen één wortel te offeren zijn, de andere nog vast en door vullen of kronen herstelbaar een bijdrage tot de kauwfunctie leveren, na scheiding en extractie van den verloren broeder. De genoemde prikkels tasten natuurlijk niet alleen de wortels van gave en gevulde, maar ook van gekroonde elementen aan; vooral wanneer de molaren te vlak zijn en de buccale convexiteit missen, dan kan de fictie van harde spijzen en van ruwe breede borstels retractie van den tandvleeschzoom en expositie van den wortel veroorzaken. Daar de aansluiting van den kroonrand niet steeds volmaakt geslaagd is, werkt deze als een braam, waaraan de spijssemulsie zich hecht, met als gevolg caries, zelfs als er nog maar geringe wortelexpositie zichtbaar is. Deze halscaries wordt licht over het hoofd gezien, en daar de afstand naar de pulpa hier gering is, bestaat er gevaar voor infectie. De carieuze verweking ontleemt aan de kroon ook een deel van de gewoonlijk niet meer sterke basis, wij moeten dus deze caries bijtijds stuiten. De beste procedure lijkt mij, eerst het verweekte weefsel met excavatoren te verwijderen, daarna, gelijk reeds beschreven, met guttapercha of Fletcher-cement de holte te vullen en met het vulsel den tandvleeschrand stevig apicaalwaarts te dringen, om hinderlijke bloeding te voorkomen en het terrein zichtbaar te maken; bij de volgende zitting de caviteit voor een amalgaam-combinatievulling te prepareren, die daar door het goud goed verdragen wordt. Bij een dergelijke *subcoronale halscaviteit* in de tweede of derde linksche ondermolaris moet de apicale caviteitsrand met linksboren omlaag uitgebreid en gevormd worden, de rand onder de kroon met peervormige kleine slijpsteentjes, daar boren hier het dunne goud zouden doen rafelen, ook distaal en mesiaal zijn daarom steentjes te prefereren. Het afsluitende, droog op de gemengde onderlaagvulling te drukken amalgaam houdt zich uitstekend, wel wordt het pikzwart. De kroon is zodoende vaak nog voor vele jaren behouden in den ouden mond, die ze ongaarne zou missen.

Ook bij de stiftanden van diversen aard, bij de Richmondkronen en vooral bij de jacketkronen doen zich na eenige of vele jaren carieuze verwekingen langs den tandhals voor, er moet dus bij de mondinspectie zorgvuldig op gelet worden; voor de bejaarde patiënten kunnen zulke kronen onschatbare diensten bezitten *als steun van losse protheses*.

Het gebit van de gerontes van heden, de ouden van 60—90 jaar, dateert ongeveer van de jaren 1865—1895, het heeft ca. 50 jaren den invloed der buitenwereld moeten trotseeren; zijn lot is bovendien in belangrijke mate afhankelijk geweest van de lotgevallen van het eerste gebit, van contróle en verzorging, van occlusiefouten en caries. In de tweede helft der negentiende eeuw was de beschikbare tandheekkundige hulp hier te lande nog betrekkelijk gering, schooltandverzorging afwezig. In deze eeuw is de verbetering langzaam maar gestadig gekomen, maar zij kon het verzuimde niet goedmaken. *Zodoende presenteren tegenwoordig de grijsaards hun gebitten met een bont museum van lacunes, carieuze, losse, verplaatste, verlengde, gekantelde elementen, met supra- en infragingivale tandsteen enz., met een zeker percentage van gekroonde en gevulde tanden en met de surrogaten, „de valsche tanden”*. Een geweldige arbeidslast wordt op de schouders der tandartsen gelegd en als er ook al geen „Neues Leben blüht aus den Ruinen” is toch onze inspanning niet vergeefs. Ik heb een bescheiden bijdrage willen geven voor het verhelpen der cariesgevolgen. Een toekomstige vroegtijdige caries-prophylaxis zal den toestand in alle opzichten en voor alle betrokkenen — tandpatiënten en focal infection lijders, tandartsen, ziekenfondsen en

bekostigers van protheses — geweldig kunnen verbeteren. Dat de maatschappij het hun wel schuldig is, betoogt Dr. P. M u n t e n d a m in een bijdrage in het T. v. Sociale Geneeskunde, Sept. 1946: Ouderdomszorg.

Den Haag, 99, J. v. Oldenbarneveltlaan

(Uit het Anatomisch-Embryologisch Laboratorium der Universiteit van Amsterdam)
Directeur: Prof. Dr. M. W. Woerdeman

De wortelvariaties van de postcanine onderelementen van het menschelijk gebit

(vervolg)

door J. B. Visser, tandarts

II. De onderpraemolaren

Nadat wij uitvoerig de morphogenese en de variaties der ondermolaarwortels hebben behandeld (13), kunnen wij met een kortere beschrijving der prae-molaarwortels volstaan.

Het is bekend, dat de onderpraemolaren in het algemeen heel weinig neiging tot differentiatie vertoonen, ja, dat zij bijna altijd éénwortelig zijn. Toch verdienen enkele bijzonderheden de aandacht. Om deze duidelijk te laten uitkomen, beginnen wij weer met het literatuuroverzicht en citeeren eerst uit M ü h l r e i t e r's werk (8):

P₁ inf. Bij de groote meerderheid der elementen zijn de proximale vlakken van den overigens enkelvoudigen ronden wortel van lengtegroeven voorzien, in de volgende verscheidenheid:

1a. de mesiale vlakke bezit twee lengtegroeven, waartussen zich een lijst bevindt, zooals men dat ook bij de onderincisivi ziet. *De meest linguale van deze groeven is bij P₁ altijd de diepste en loopt tot den apex door*¹⁾. Dank zij deze grootere diepte is de relief-werking zóó sterk, dat het lijkt of er een kleine linguale extra-wortel optreedt (fig. 1d-e).

b. één stap verder en inplaats van een diepe groef is er een insnoering, zoodat, althans aan den apex, een differentiatie tot twee wortels tot stand komt, te weten een breede buccale en een smallere linguale wortel (fig. 1 a-b).

2. Niet zelden vinden wij ook aan de buccale zijde een overlangsche groef, zoodat een mesiale en een distale helft ontstaan, waarvan de mesiale helft de grootste is.

3. In het extreemste geval komt het, evenals bij de bovenpraemolaren tot een deeling in drieën: twee buccale wortels en één linguale.

4. De distale vlakke van den onder 1. en 2. genoemden, enkelvoudigen wortel heeft altijd slechts één ondiepe lengtegroef, die niet tot bijzondere vormen aanleiding geeft.

¹⁾ Cursiv. van ons.

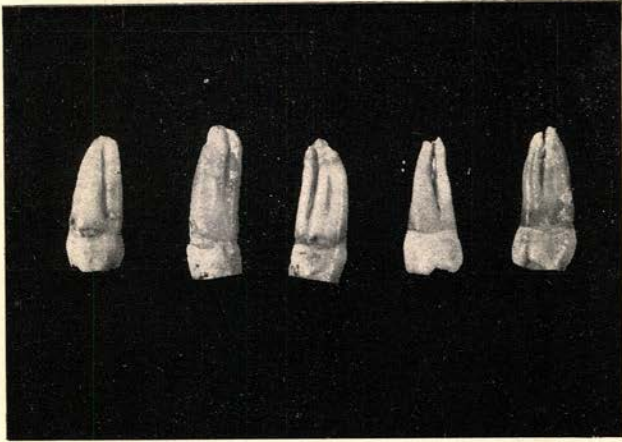


Fig. 1.

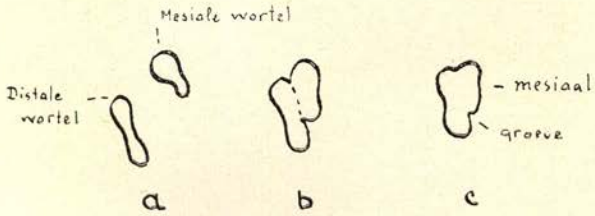


Fig. 2.

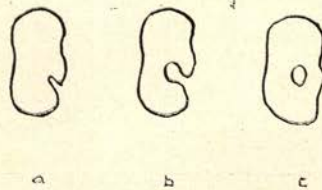


Fig. 3.



Fig. 4.

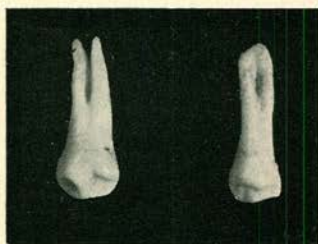


Fig. 5.



Fig. 6.

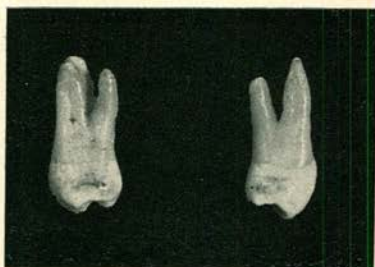


Fig. 7.

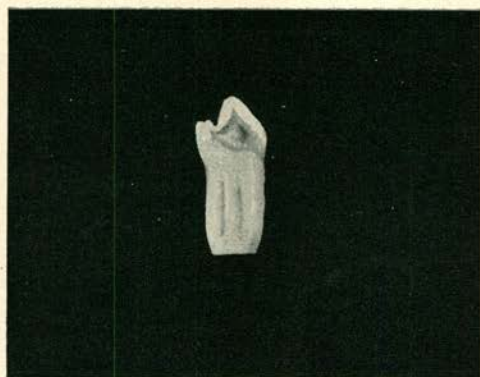


Fig. 8.

P₂ inf. De wortel is massiever dan die van *P₁*, maar is overigens volgens hetzelfde grondplan gebouwd. De genoemde mesiale groeven zijn bij *P₂* lang niet zoo duidelijk, veelal is er wel een buccale groef. Volkomen scheiding der wortels hoort, meer dan bij *P₁* tot de uitzonderingen en zijn eenig in hun soort.

In het handboek van Sch e f f geeft v o n L e n h o s s é k (7) ongeveer dezelfde beschrijving, memoreert ook de beide evenwijdige groeven aan de mesiale zijde, die den wortel in drieën schijnen te deelen. Ook hij vindt dit verschijnsel bij *P₁* in uitgesprokener vorm dan bij *P₂*. Een hoogst enkele maal ziet hij een werkelijke splitsing in een buccalen en een lingualen wortel.

M. de T e r r a (10) geeft in verband hiermede nog eenige cijfers:

P₁ inf. enkelvoudige wortel in 84 % der gevallen.

P₂ „ „ „ „ 93 % „ „ „

Verder vermeldt hij in zijn Odontographie geen bijzonderheden.

Bij deze beschrijvingen zijn nu de opmerkingen over de beide mesiale groeven — waarvan, zooals ook bij het onderzoek van de Amsterdamsche Verzameling bleek, de meest linguale niet alleen de diepste, doch tevens de langste is — het belangrijkste. Deze linguale groef loopt altijd door tot den apex en geeft inderdaad soms aanleiding tot verdere differentiatie in twee wortelpunten, een buccale en een linguale.

Toch moeten wij bij de onderpraemolaren den nadruk *niet* — gelijk M ü h l r e i t e r doet — te veel leggen op de differentiatie in buccolinguale richting, geheel naar analogie van de genese der bovenpraemolaarwortels, ook al is de verleiding daartoe uiteraard groot.

Ook zouden wij verkeerdt doen, om naar aanleiding van de deeling in drieën op het mesiale wortelvlak (fig. 1c) door de beide lengtegroeven, een analogie te veronderstellen met een soortgelijk verschijnsel aan den mesialen ondermolaarwortel, waarover wij in een vorig artikel berichtten (13). Wij hebben hier namelijk geenszins met een gelijkwaardig verschijnsel te doen: de ontwikkeling van de deeling in drieën bij den onderpraemolaarwortel is een geheel andere, dan die bij den mesialen wortel van *M₁ inf.*

Tenslotte is er in die uitzonderlijke gevallen, waarin een onderpraemolaar drie aparte wortels bezit (fig. 8) evenmin sprake van een homologie met den minder zeldzamen drieworteligen bovenpraemolaar, zooals M ü h l r e i t e r meent.

Uitvoerig worden wij hieromtrent ingelicht door A. R e m a n e (9).

Wanneer wij nog even teruggaan tot onze beschrijving van de bovenpraemolaarwortels (12), dan herinneren wij ons, dat bij de indeeling van het materiaal uitgegaan werd van een bovenpraemolaar met dezelfde wortelformatie als die der bovenmolaren, dus een element met twee buccale wortels en een linguale wortel.

Deze bovenpraemolaar had een z.g. „pithecoiden bouw”, bezat dus eigenschappen, die bij de overige primaten als normaal gelden. Het-

zelfde kunnen wij nu volgens R e m a n e en andere auteurs¹⁾ van de onderpraemolaren zeggen.

Nemen wij als voorbeeld de onderpraemolaren der catarrhine primaten. Deze zijn tweewortelig in den zin der ondermolaren, zij bezitten dus evenals deze een voorsten (mesialen) en een achtersten (distalen) wortel. Evenals bij de bovenpraemolaren is nu de mensche-lijke éénwortelige onderpraemolaar ontstaan uit de versmelting dezer twee oorspronkelijke wortels, tengevolge van kaakverkorting.

Dat deze omstandigheid ook ouderen onderzoekers niet ontgaan is, blijkt het volgende citaat, ontleend aan R. B a u m e (1):

„Der Wurzelheil des ersten Praemolar ist jedoch nicht ganz so einfach gebaut. Ich finde häufig eine deutliche Trennung der Wurzel und erblicke darin eine Andeutung der zweiwurzlichen Beschaffenheit, wie wir es bei den unteren Praemolares der Affen finden. Die deutliche Trennung ist immer nur an der Mesialseite markiert, während die Verschmelzung an der Distalseite vollkommen ist.“

Hoe het nu komt, dat bij een eventueele differentiatie van den eenvoudigen onderpraemolaar — waarvoor de wortelformule volgens

B o l k (2, 3) dus $\left(\frac{A_1\Lambda_2}{B_1B_2}\right)$ moet luiden — de scheiding niet in zuiver

bucco-linguale richting tot stand komt, doch zich op het mesiale vlak begint te manifesteren, wordt ons door R e m a n e (9) verder ver-
klaard:

De eerste onderpraemolaar der catarrhine apen past zich in vorm aan bij zijn bijzondere functie als antagonist van den bovencuspidaat, die bij de catarrhinen zeerforsch is. Die aanpassing komt tot uiting door een verschuiving van de mesiale kroonhelft en van den mesialen wortel naar voren en naar buiten, zoodat deze wortel een vrij groot stuk buccaal van den distalen wortel komt te liggen.²⁾

Nu schijnt het ook bij de caterrhinen wel tot versmelting van deze beide wortels te komen. Het gevolg is duidelijk (zie fig. 2). Dank zij de primaire buitenwaartsche verschuiving van den mesialen radix steekt bij versmelting de distale een eind linguaalwaarts uit. Hierdoor liggen de vergoeringsnaden dus niet zuiver buccaal en linguaal, doch de buccale is distaalwaarts en de linguale mesiaalwaarts verschoven. En aangezien de mesiale wortel uit zichzelf een overlansche groef aan zijn vrije (d.i. mesiale) vlak bezit, krijgen wij nu mesiaal twee groeven te zien, waarvan de meest linguale, als vergoeringsnaad de diepste is.

Hieruit blijkt dus tevens, dat de verdeeling in drieën op het mesiale vlak van den menschelijken onderpraemolaarwortel van geheel anderen

¹⁾ Zie ook C. h. T o m e s (11), pag. 576—578, fig. 287—291.

²⁾ Cursiv. van ons.

aard is, dan het verschijnsel, dat wij in het vorige artikel (fig. 4—6) voor den mesialen ondermolaarwortel beschreven.

Bij een vrij aanzienlijk deel der menschenlijke eerste onderpraemolaren vinden wij nu dit pithecoïde beeld terug. In fig. 2 zijn ter verduidelijking eenige doorsneden weergegeven. Dikwijls zijn de groeven zeer fraai te zien, vooral de diepe mesiolinguale groef (fig. 1).

De destijds door De Jonge (5, 6) beschreven *dens in dente* bij P_1 inf., die wij reeds vroeger memoreerden, is ook door een diepe insnoering van deze groef ontstaan, *bij nadere beschouwing dus op een wijze, die geheel analoog is aan die, welke wij bij M_2 inf. beschreven*. Wij behoeven maar fig. 3, ontleend aan De Jonge's artikel te vergelijken met onze eigen afbeelding 14 uit de vorige aflevering (13) om de principieele overeenstemming direct af te lezen. Alleen was bij M_2 inf. het insnoeringsproces uiteraard zuiver linguaal gebleven. De theorie aangaande den „dens in dente” van De Jonge wordt door deze voorbeelden opnieuw op treffende wijze bevestigd.

De buccale versmeltingsnaad is bij den menschenlijken onderpraemolaar, voorzoover waarneembaar, veel minder ver distaalwaarts verplaatst, dan de linguale naad in mesiale richting verschoven is (fig. 2c): Zij is zelfs aan de buccale zijde gebleven, maar toch is de mesiale wortelrug, wanneer wij het element, met de buccale zijde naar boven, horizontaal voor ons plaatsen, altijd hooger (d.i. verder buccaalwaarts uitstekend) dan de distale.

De formatie bewijst, in het licht van Remane's uiteenzettingen, dat bij den mensch ook in de onderpraemolaarwortels pithecoïde eigenschappen bewaard zijn gebleven, zij het ook dikwijls in weinig geprononceerden vorm. Want wij dienen te bedenken, dat bij verreweg het grootste deel der onderpraemolaren, vooral bij P_2 , de vergroeiing zoo innig is, dat op doorsnede een ronde of elliptische vorm ontstaat, zonder dat van de oorspronkelijke wortelgrenzen een spoor is overgebleven.

Eigen onderzoek.

Het zal na bovenstaande uiteenzettingen duidelijk zijn, dat het logisch is, om bij de bespreking van de resultaten van het onderzoek bij de Amsterdamsche verzameling dat type als uitgangspunt te kiezen, dat evenals de ondermolaren tweewortelig is.

Geheel naar analogie n.l. van onze werkwijze destijds bij het onderzoek der bovenpraemolaren (12) kunnen wij dan het eenwortelige type als een vorm van wortelversmelting zien. Aangezien dit type verreweg het meest op den voorgrond treedt, willen wij dit dan het eerst bespreken om daarna in het kort nog de aandacht te vragen voor een merkwaardig geval van wortelvermeerdering.

Bij het eigen onderzoek is gebleken, dat het tweewortelige type bij de menschenlijke onderpraemolaren niet slechts theoretisch is. Het wordt in werkelijkheid aangetroffen, zooals blijkt uit onderstaande statistiek, die is opgesteld naar aanleiding van een onderzoek van 2369 P_1 en

2089 P₂ inf., die deel uitmaken van de Amsterdamsche verzameling, waarover wij, dank zij de groote gastvrijheid van Prof. Dr. W o e r d e m a n, ook nu weer geheel konden beschikken.

In kolom I zijn de tweewortelige elementen ondergebracht. Bij geen dezer wortels is de differentiatie verder gegaan dan de apex, die daarbij is uiteengevallen in een buccale en een linguale helft. Dit is oogenschijnlijk in tegenspraak met de zoeven weergegeven ontwikkeling der onderpraemolaarwortels. Versmolten als deze immers zijn uit de mesialen en een distalen component, moeten bij differentiatie ook weer een mesiale en een distale wortel te voorschijn komen. Wij dienen het ons hier echter zóó voor te stellen, dat de differentiatie den omgekeerden weg volgt van de oorspronkelijke versmelting, die, blij-

Aantal		A versmelting				B. Vermeerd.
		I	II	III	IV	V
		twee wortels	diepe groef - mes. ling.	id. met bucc. groef	een kegel	3 wortels
2369	P ₁ inf.	17 (0,7%)	560 (23 %)	15 (0,7%)	1777 (75,6%)	—
2089	P ₂ ..	1	18 (0,9%)	43 (2%)	2025 (97 %)	2 (0,1%)

kens R e m a n e 's uiteenzetting, van de mesiodistale richting vrij ver is afgeweken ten gunste van de bucco-linguale richting. Ook is het niet uitgesloten, dat de oorspronkelijke scheiding protomeer-deutero-meer zich hier kenbaar maakt. Bij een zoo betrekkelijk geringe differentiatie, als hier het geval is, zal het niet mogelijk zijn een definitieve uitspraak te doen. In fig. 4 is van dit geval een exemplaar afgebeeld. Overigens komt bij de in fig. 5 afgebeelde elementen uit kolom I de scheiding tusschen den mesialen en den distalen component, door een zeer diepe insnoering aan de linguale zijde, duidelijk aan het licht.

In kolom II vinden wij de elementen met de door M ü h l r e i t e r beschreven en door R e m a n e verklaarde diepe groef aan de mesiale zijde. Direct treft ons de veel grootere frequentie van P₁ in deze kolom, een omstandigheid, die steun verleent aan R e m a n e 's aanpassingstheorie. De eerste praemolaren vertoonen doorgaans het verschijnsel niet alleen veel frequenter, maar ook in veel geprononceerder vorm dan de tweede. Duidelijk komt de buitenwaartsche ligging van den oorspronkelijken mesialen wortel tot uiting, een eigenschap, die haar voortzetting vindt in het mesiale kroongedeelte. Men lette bijvoorbeeld op den omtrek van het in fig. 6 afgebeelde element. De mesio-buccale punt ligt aanzienlijk verder naar buiten dan de disto-buccale en wanneer wij de exemplaren van rubriek III uit onze statistiek beschouwen, waar ook een buccale groef de oorspronkelijke versmelting verraaft, dan zien wij, hoe ook de mesiale wortelrug verder buccaal-

waarts uitsteekt dan de distale. Wij stellen nog vast, dat, méér nog dan de beide aparte apices uit fig 4, de elementen uit de kolommen II en III het pithecoïde karakter weergeven. Overigens blijven het alle min of meer uitzonderingsgevallen, zooals uit onze statistiek blijkt, want het leeuwendeel der onderpraemolaren hoort thuis in kolom IV, waarbij van een buitenwaartsche ligging van het mesiale worteldeel niets meer te bemerken is, doch waarbij de versmelting der oorspronkelijke componenten, vooral weer bij P₂, geleid heeft tot den enkelvoudigen, ronden wortelvorm.

In kolom V zijn twee zeer bijzondere exemplaren van P₂ inf. ondergebracht. Zij zijn waarschijnlijk uit dezelfde kaak afkomstig, waarin zij symmetrisch links en rechts voorkwamen. Zij vormen de eenige exemplaren uit de Amsterdamsche verzameling met duidelijke wortelvermeerdering, want zij bezitten ieder drie wortels. Wanneer wij in het oog houden, dat wij den tweeworteligen onderpraemolaar als uitgangspunt voor onze beschouwingen hebben gekozen, is er hier dus sprake van één overtalligen wortel, welke zich aan de linguale zijde blijkt te bevinden (fig. 7).

Men zou een oogenblik met Mühlreiter kunnen denken aan de mogelijkheid van een homologie met den drieworteligen bovenpraemolaar. Onze uiteenzettingen over de ontwikkeling der bovenpraemolaarwortels tegenover die van de onderpraemolaarwortels toonen echter al duidelijk genoeg aan, dat wij hier niet met een gelijkwaardige formatie te doen hebben.

Was het bij den drieworteligen bovenpraemolaar de buccale wortel, die in zijn beide componenten A₁ en A₂ (volgens Bolk) uiteenviel, een differentieproduct dus, hier moeten wij de beide buccale wortels als homoloog met de normale ondermolaarwortels beschouwen, volgens de formule $\begin{pmatrix} A_1 \\ B_1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} A_2 \\ B_2 \end{pmatrix}$, (zie blz. 5 vorige publicatie). De overschietende linguale wortel is kennelijk een overtallig product, dat blijkens een bij beide elementen duidelijk waarneembare glazuurspoor, bij den distalen wortel behoort.

Naar onze overtuiging hebben wij hier een *radix entomolaris* voor ons. De kaakvorm, die op de foto vooral bij het rechtsche element duidelijk is (fig. 7b) sterkt ons in deze opvatting.

Een exemplaar uit de verzameling van Dr. De Jonge, aan wiens welwillendheid wij de publicatie van fig. 8 danken, toont aan, dat ook bij de onderpraemolaren deze *radix entomolaris* tot aan den apex met den distalen wortel vergroeid kan zijn, zoodat deze dan evenals bij de desbetreffende molaren (13) (fig. 12) zeer breed is en uit drie deelen bestaat.

In de literatuur vonden wij afbeeldingen van onderpraemolaren een *radix entomolaris* slechts bij Gottard (4).

Het feit, dat in de groote verzameling te Amsterdam slechts twee zulke elementen voorkwamen bewijst wel de uitzonderlijke zeldzaamheid van het verschijnsel.

Samenvatting:

Bij de praemolaren der Amsterdamsche verzameling, die wij evenals de molaren, statistisch indeelden, werd vooral aandacht besteed aan de differentiaties op het mesiale wortelvlak, waarin het pithecoïde karakter dezer elementen nog tot uiting komt.

Ook werd een radix entomolaris bij P₂ inf. beschreven.

Zusammenfassung:

Bei den Praemolaren der Amsterdamer Sammlung, die ebenso wie die Molaren einer statistischen Behandlung unterworfen wurden, erfuhren besonders die Differenzierungen an der mesiale Wurzelfläche eine eingehende Betrachtung. Bei diesen Differenzierungen kommt der pithecoïde Charakter dieser Elemente deutlich zum Vorschein.

Auch wurde ein radix entomolaris bei P₂ inf. beschrieben und abgebildet.

LITERATUUR:

1. Baum e, R. Lehrbuch d. Zahnheilkunde. Leipzig. A. Felix. 1890.
2. Bolk, L. Odontologische Studien I. Jena. G. Fischer. 1913.
3. Bolk, L. Odontologische Studien II. Jena. G. Fischer. 1914.
4. Gottardi Carlo. Contributo allo studio delle radici soprannumerarie nei denti Umani. La Stomatologia. Anno XXV. No 7. 1927.
5. Jonge, Th. E. de. Bijdrage tot de morphogenese v/d „dens in dente“. Tijdschr. v. Tandh. Jaargang XXV. Afl. 8. 1918.
6. Jonge, Th. E. de. Nieuwe bijdrage tot de morphogenie van den „dens in dente“. Tijdschr. v. Tandh. Jaargang XXXIX. Afl. 8/9. 1932.
7. Lenhossék, M. von. in J. Scheff's handb. d. Zahnheilk. Wien-Leipzig. G. Freytag. 1922.
8. Mühlreiter, E. Anatomie des Menschl. Gebisses. 5e druk, bewerkt door Dr. Th. E. De Jonge. Leipzig. A. Felix. 1928.
9. Remane, A. Studien über die Phylogenie des menschl. Eckzahns. Zeitschr. f. Anat. u. Entwickl.gesch. Bd 96. Heft 2. 1931.
10. Terra, M. de. Odontographie der Menschenrassen. Berlin Verlagsanstalt. 1905.
11. Tomes, Ch. A Manual of Dental Anatomy (Human and comparative) 7th Ed. London. J. U. A. Churchill. 1914.
12. Visser, J. B. Wortelversmeltingen aan de bovenpraemolaren v/h mensche-lijk gebit. Tijdschr. v. Tandh. Jaargang XLIX, afl. 11. 1942.
13. Visser, J. B. Wortelvariëties v/d postcanine onderelementen v/h mensche-lijk gebit. Tijdschr. v. Tandh. Jaargang LIII, afl. 11. 1946.