

DE PROJECTIE VAN HOEKEN EN LIJNSTUKKEN BIJ SCHEDEL-RÖNTGENFOTO'S MET BEHULP VAN DE GRONINGER CEFALOSTAAT EN OPNAME TECHNIEK

DOOR J. M. BEEK en F. P. G. M. VAN DER LINDEN

In de laatste decennia is de röntgen schedel-profiel-foto voor het stellen van een juiste diagnose in de orthodontie van steeds groter belang geworden. Hiermede is het mogelijk om een inzicht in de structuur van de schedel en de relatie van het gebit ten opzichte van de schedel te verkrijgen, wat in bepaalde gevallen voor het stellen van een betrouwbare diagnose onontbeerlijk is.

Naast de toepassing van de röntgen-foto in de diagnostiek is deze een hulpmiddel bij de beoordeling van de bereikte resultaten, doordat een vergelijking mogelijk is tussen de opnamen voor en na de behandeling. Op deze wijze is het mogelijk een beter gefundeerd oordeel te vormen over de plaatsgevonden veranderingen, dan met de gebruikelijke foto's en gipsmodellen.

Een derde toepassingsmogelijkheid van de röntgen-profiel-foto is gelegen in de bestudering van de schedelgroei, welke aan de hand van serie-opnamen kan worden nagegaan. Een dergelijk onderzoek wordt al sedert jaren op de orthodontische afdeling gedaan, en op het ogenblik worden de gegevens bewerkt om daaruit eventueel nieuwe conclusies over de groei te kunnen trekken.

Maar bij een kritische beschouwing van deze mogelijkheden wordt men al spoedig met enige vragen geconfronteerd:

1e. Mag zonder meer worden aangenomen, dat de veranderingen die men waarneemt op een schedelfoto vergeleken met een vroegere opname, in werkelijkheid ook in de schedel hebben plaats gevonden?

2e. Mag men een gegeven op een röntgen-schedelopname, b.v. de grootte van de kaakhoek vergelijken met hetzelfde gegeven op de röntgen-schedelopname van een andere patiënt? Anders: indien men op de röntgen-foto van patiënt A. een kaakhoek vindt van 124° en dezelfde waarde voor deze hoek bij patiënt B., mag men dan ook aannemen dat die hoek bij beide patiënten in werkelijkheid ook even groot is?

3e. Mag men de gegevens die de éne onderzoeker vindt, met *zijn* werkwijze en *zijn* apparatuur zonder meer overbrengen of vergelijken met de gegevens die een andere met een soortgelijke werkmethode gevonden heeft?

Alvorens een antwoord op deze vragen te kunnen geven laten wij een beschrijving volgen van de Groninger cefalostaat.

Fig. 1 geeft het beeld weer van een patiënt geplaatst in de cefalostaat op het moment dat een opname gemaakt wordt.

Fig. 2 geeft de verplaatsbare röntgenbuis met zijn montage.

De fig. 3 en 4 geven verder een beeld van de cefalostaat.

De aan de muur gemonteerde cefalostaat is evenals de opname-buis in verticale richting verstelbaar. Het hoofd wordt ingesloten tussen 2 doorzichtige schijven van plexiglas, terwijl de hierop bevestigde noppen die op gelijke hoogte liggen als de beide horizontaalverlopende onderranden van de schijven in de uitwendige gehoorgangen geplaatst worden. Een laag plexiglas, even dik als de beide voornoemde schijven samen, bevindt zich aan de muurzijde onder de schijf ter fixatie en voorkomt dat het bovengedeelte van de film minder belicht zou worden door absorptie door de beide fixatieplaten. De centrale straal wordt precies op het fixatiepunt aan de linker uitwendige gehoorgang gericht.

De onderkanten van de beide fixatieplaten geven op de film een lijn te zien en vormen zodoende een contrôle op de instelling van de opnamebuis in verticale richting.

Indien de asstraal niet door de onderrand van de fixatieplaten gaat zullen de lijnen veroorzaakt door deze naden niet meer precies over elkaar vallen, waardoor twee evenwijdige lijnen op de film te zien zullen zijn. Achter de fixatieplaat aan de muurzijde is een Potter-Bucky diafragma gemonteerd, waarachter zich direct het raam bevindt waarin de cassette met de film en de versterkingsschermen geschoven wordt. Het Potter-Bucky diafragma vergroot de contrastrijkheid van de film. De stroostraling is de meest belangrijke factor die de beeldvorming in ongunstige zin beïnvloedt. Deze wordt door het Potter-Bucky diafragma voor 80% opgevangen. Een bezwaar is echter dat het de primaire stralen ook voor 25% absorbeert, zodat de belichtingstijd verlengd dient te worden. Het principe van een Potter-Bucky diafragma is gebaseerd op het zeer snel bewegen van een aantal evenwijdig aan elkaar geplaatste en loodrecht op de film staande loodplaatjes. Het röntgenapparaat is verplaatsbaar in zijn afstand tot de film door middel van twee rails, waarvan de ene aan de vloer, de andere aan het plafond gemonteerd is. De rails zijn zodanig geplaatst dat hun

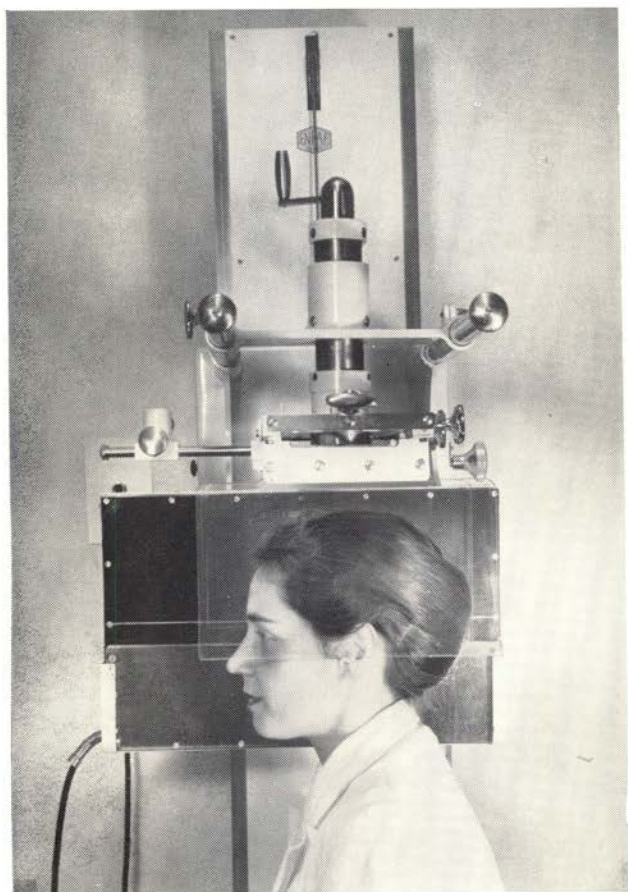


Fig. 1

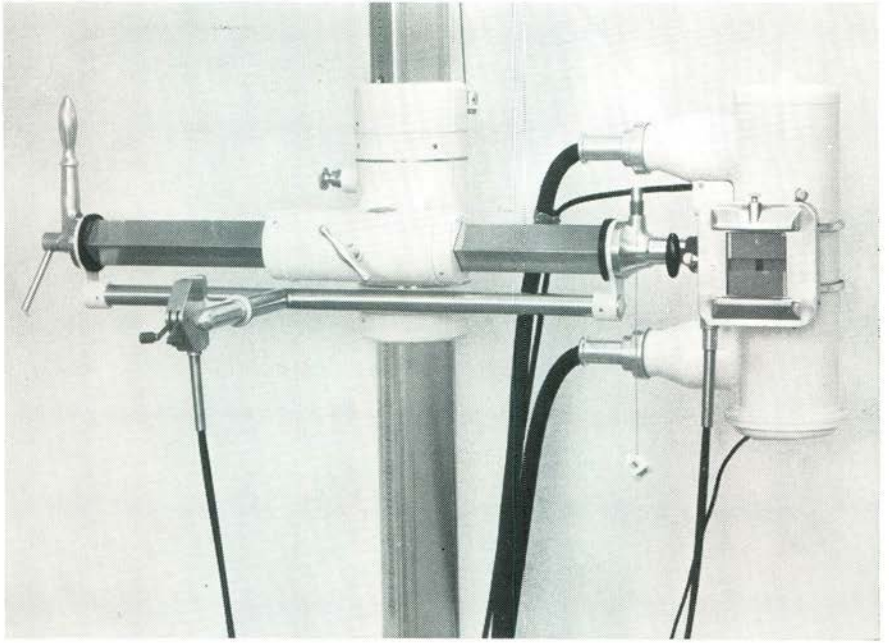


Fig. 2

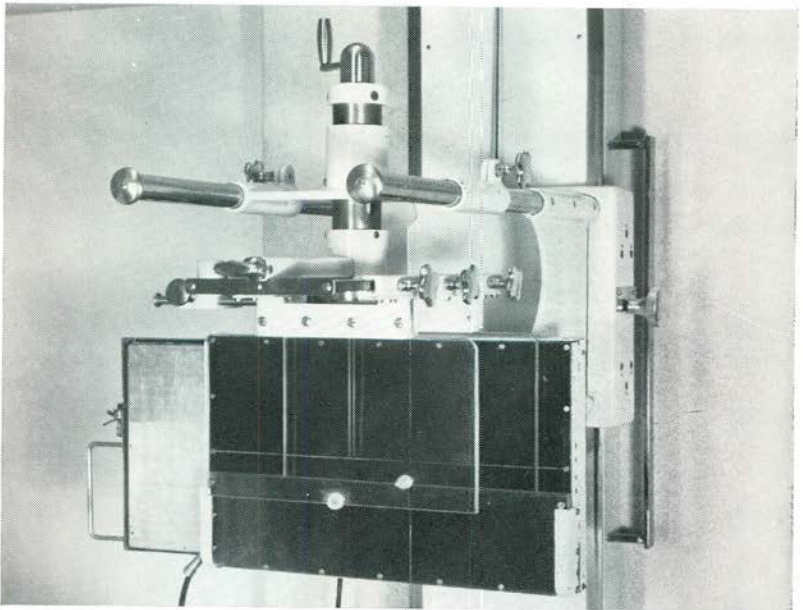


Fig. 3

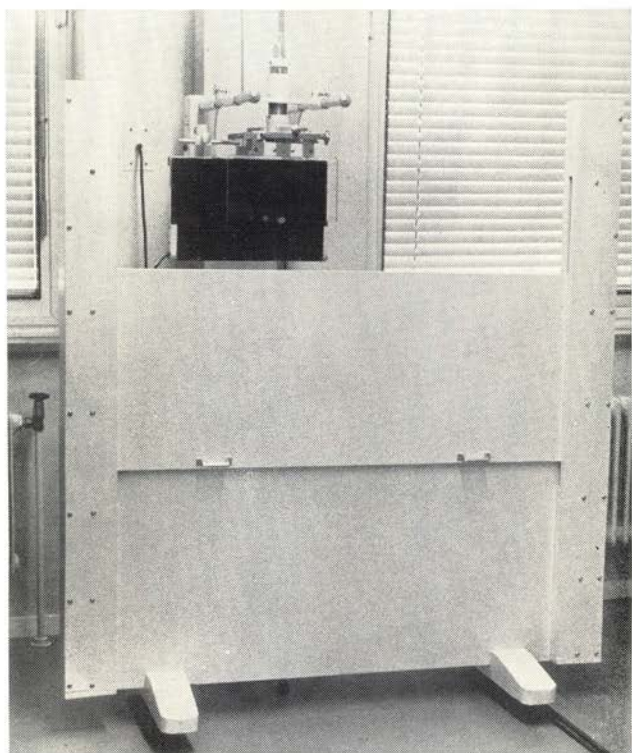


Fig. 4

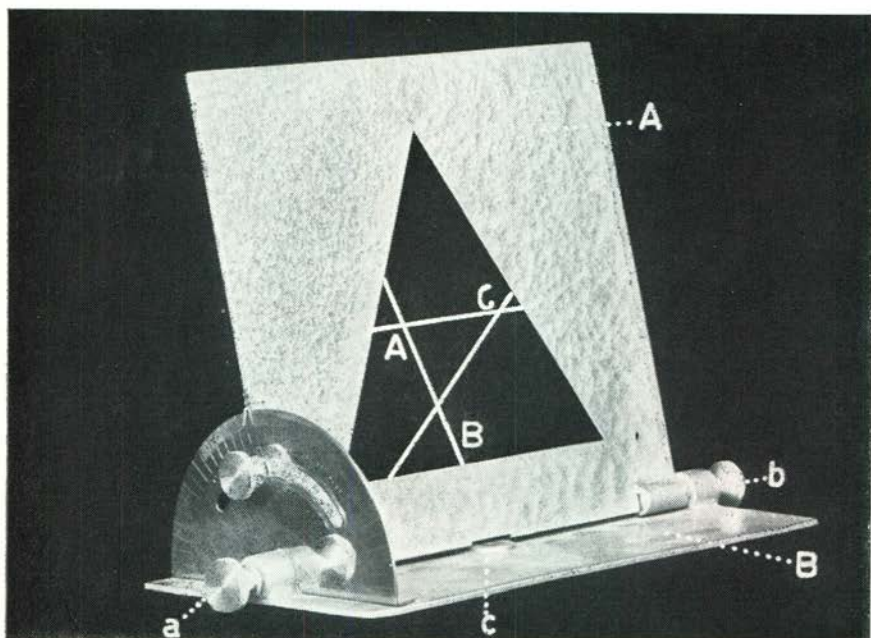


Fig. 5

richting loodrecht staat op de film. De opnamebuis is verder verstelbaar in horizontale en verticale richting en kan bovendien roteren om een as die loodrecht verloopt op het denkbeeldige vlak dat door de twee evenwijdig lopende rails kan worden aangebracht. Een nauwkeurig aangebrachte schaalverdeling maakt het mogelijk de richting van de centrale straal loodrecht op het filmoppervlak in te stellen. Voor de profielfoto's wordt de röntgenbuis constant loodrecht gehouden. Met een uitneembare centreerstaf kan men de centrale straal vervolgens op de uitwendige gehoorgang fixeren. Alle opnamen worden genomen met het rechteroer naar de filmzijde gekeerd. Het hoofd wordt zo gedraaid dat het linker infra-orbitale op gelijke hoogte komt met de onderrand van de fixeerschijven, zodat een instelling wordt verkregen, waarbij het Frankfurter Horizontale ongeveer evenwijdig loopt met de onder- en bovenkant van de film, en de patiënt dus in een houding zit, waarbij het Frankfurter Horizontale ook horizontaal verloopt. Kleine afwijkingen in deze zin zijn verder van geen belang, omdat zowel de kwaliteit van het beeld als de projectie van de schedelpunten er geen noemenswaardige veranderingen door ondergaan. De patiënt wordt met de rechterzijde van het hoofd direct tegen de permanent vastzittende achterste fixeerschijf geplaatst. De voorste fixeerschijf wordt dan zodanig verplaatst, dat de schedel goed gefixeerd is, doch echter niet geklemd zit.

Het mediane vlak loopt dan evenwijdig aan de film.

Wij spreken hier opzettelijk niet over de complicaties, die de asymmetrie van de schedel met zich medebrengt. Dit zou ons binnen het bestek van dit artikel te ver voeren. Gemakshalve nemen we hier aan dat de schedels symmetrisch zijn, ofschoon wij ons zeer wel bewust zijn dat dit in het merendeel der gevallen niet zo is.

De gebruikte cefalostaat is zodanig draaibaar, dat ook voorachterwaartse schedelfoto's met deze apparatuur genomen kunnen worden. Door de patiënt zo dicht mogelijk met het hoofd tegen de film te plaatsen wordt de lineaire vertekening zo gering mogelijk gehouden. Terloops zij nog vermeld, dat door de afstand object-film kleiner te maken de geometrische onscherpte verminderd wordt, en dus de kwaliteit van de foto beter wordt. Weliswaar offert men hiermede het gegeven van een vaste vertekening op, die men verkrijgt wanneer men het hoofd zodanig instelt dat het mediane vlak zich op een constante afstand van de film bevindt. De grote afstand van projectie laat dit echter toe. Dit in tegenstelling tot een projectie-afstand van 150 cm. Hierbij is het wel gewenst het mediane vlak op een permanente afstand van de film te fixeren. In de meeste geval-

len worden de profielopnamen genomen met 76 Kilovolt, 200 mA en bij een belichtingstijd van 1.2 seconde. Tussen de patiënt en de röntgenbuis is een loodscherm geplaatst (fig. 4), dat het overige deel van het lichaam voor röntgenstralen beschut, daar door diafragmeren van de stralenbundel niet voldoende bescherming verkregen kan worden. De hoogte van het scherm kan naar omstandigheden geregeld worden.

De in Groningen gebruikte apparatuur is op aanwijzingen van Prof. K. G. BIJLSTRA door de ENRAF fabrieken te Delft vervaardigd, de röntgenbuis is van PHILIPS en is onder de naam van Rotalix in de handel. Het is een dubbelfocusbuis met een draaiende anode en een stationaire natuurlijke oliekoeling. De effectieve focal spot aangewend voor de opnamen is 2 bij 2 mm.

De opnamen worden genomen op een afstand van 375 cm, gerekend tussen focus en film.

Tenslotte moet nog vermeld worden dat de hoeveelheid röntgen waaraan de patiënt per opname wordt blootgesteld volgens de hierboven aangegeven methode en beschreven apparatuur 0.2 rø (per 1.2 seconde) per oppervlakte eenheid bedraagt. Door het plaatsen van aluminium-filter van 1 mm dikte voor het diafragma van de buis wordt de hoeveelheid röntgen waaraan de patiënt wordt blootgesteld tot 55% gereduceerd. Het wordt dan 0.11 rø per 1.2 seconde. Door het aluminium-filter worden de zachte stralen die door de huid geabsorbeerd worden en niet mede het beeld helpen vormen, tegengehouden. Ter vergelijking en om een inzicht te verkrijgen in de orden van grootte waar het hier om gaat, kan nog vermeld worden dat de opname van een tandfilm met een Philips Oralix apparaat daarentegen een veel groter dosering per oppervlakte eenheid geeft, n.l. 4 rø.

Dit grote verschil wordt hoofdzakelijk veroorzaakt door het feit dat bij de schedelopnamen wel gebruik wordt gemaakt van versterkingsschermen, terwijl dit bij de tandfilmopnamen niet het geval is.

Komen wij nu terug op de in de aanvang van dit artikel gestelde vragen, waartoe een poging ter beantwoording werd ondernomen.

Men dient zich van het begin af aan duidelijk voor ogen te stellen, dat de rø-schedel-profiel foto een projectie is van een driedimensionaal gegeven op een plat vlak, evenwijdig lopende aan het mediane vlak. Dit houdt in, dat men dus niet zonder meer de gevonden grootheden op de foto, gelijk mag stellen aan die van het geprojecteerde voorwerp. Bij de projectie van lijnstukken hebben we in het algemeen de volgende mogelijkheden (fig. 5):

1. voorwerp is evenwijdig aan het projectievlak en stralen lopen evenwijdig;
2. voorwerp is niet evenwijdig aan het projectievlak en stralen lopen evenwijdig;
3. voorwerp is evenwijdig aan het projectievlak en stralen lopen niet evenwijdig;
4. voorwerp is niet evenwijdig aan het projectievlak en stralen lopen niet evenwijdig.

Zonder meer is duidelijk dat in geval 1 het voorwerp op ware grootte wordt geprojecteerd. In geval 2 is dat niet het geval; hier is de projectie kleiner dan V . $\text{Proj. b.} = V \cos \alpha$ waarbij α de hoek is tussen V en P_b . In 3 is de projectie $> V$. In geval 4 hangt de grootte van de projectie af van de hoek die V maakt met het projectievlak, en van de ligging van het punt waaruit geprojecteerd wordt. Wanneer men het punt van projectie constant houdt, en het voorwerp V in zijn centrum laat draaien, zodat het verschillende hoeken maakt met het vlak waarop geprojecteerd wordt, dan doet zich bij een draaiing van 360° vier maal het geval voor waarbij V op ware grootte geprojecteerd wordt.

We mogen dus zeggen dat de projectie van een lijnstuk alleen gelijk is aan het voorwerp indien:

1e. het voorwerp evenwijdig aan het projectievlak is en de stralenbundel evenwijdig is;

2e. onder bepaalde omstandigheden, afhankelijk van de hoek die het voorwerp met het projectievlak maakt, de afstand van het voorwerp tot het projectievlak, de afstand van het punt van projectie tot het projectievlak en de hoek waaronder de projecterende stralen het voorwerp treffen.

Dit wil dus zeggen dat aan de hand van de röntgenfoto niets gezegd kan worden over lijnstukken die niet evenwijdig aan het projectievlak i.c. de filmcassette liggen.

Van lijnstukken die wel // aan het projectievlak lopen kan men de ware grootte aan de hand van de foto berekenen (fig. 6).

De fig. 6 stelt de gang der stralen schematisch voor. We hebben dus te doen met twee gelijkvormige driehoeken, waarin dus

$$a:A = c:C$$

a = buis — mediaanvlak; A = buis — film; C = foto. We kunnen dus c

berekenen volgens $a : A = c : C$ of $c = \frac{Ca}{A}$

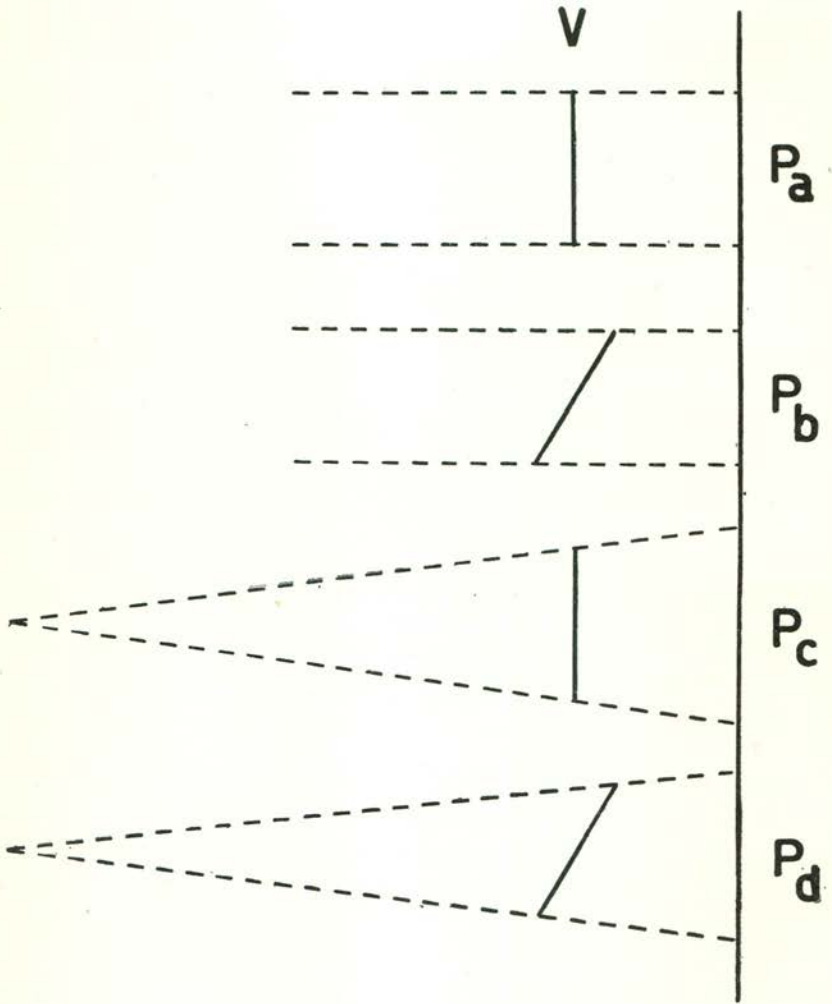


Fig. 5

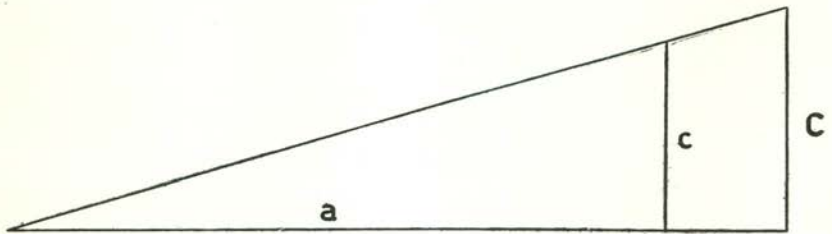


Fig. 6

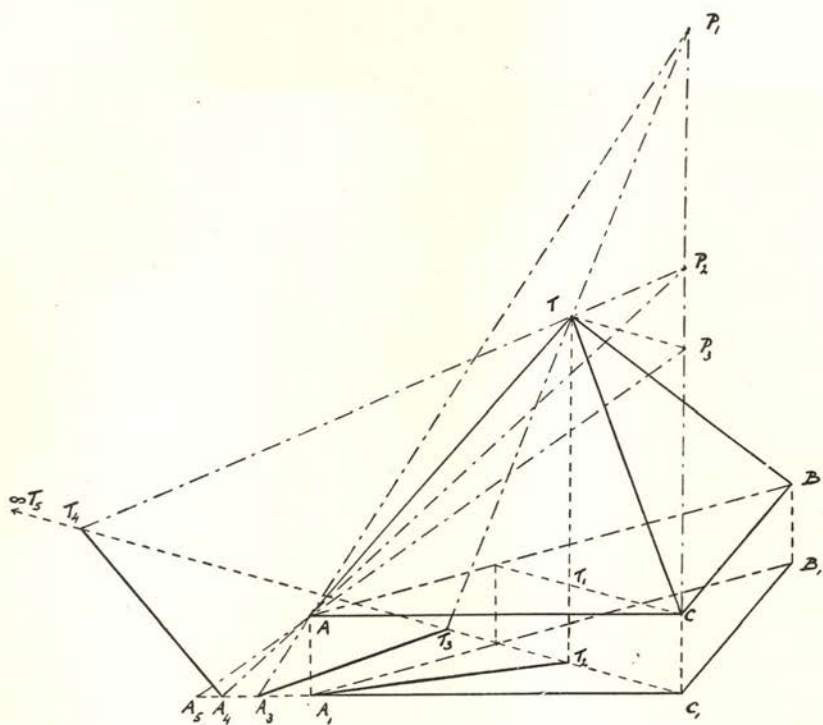


Fig. 7

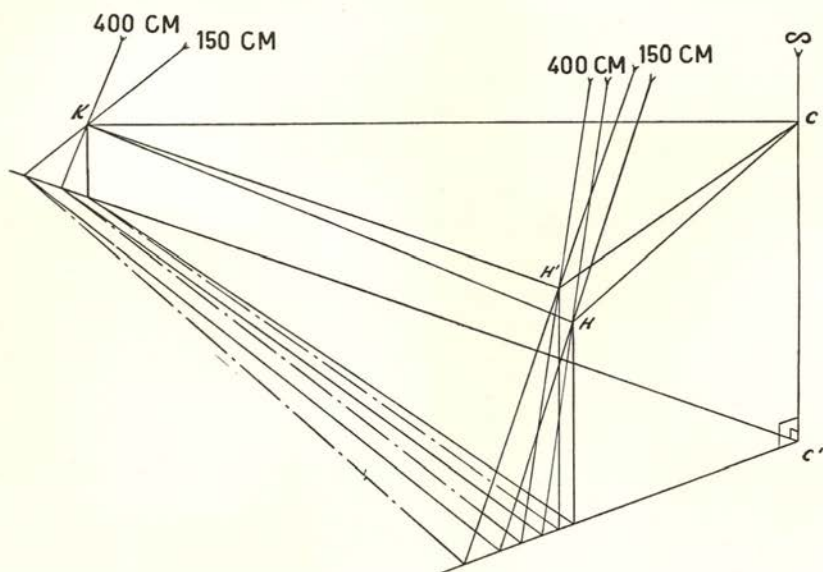


Fig. 8

Om te kunnen nagaan in hoeverre hoeken door projectie vertekend worden, nemen we de pyramide ABCT (fig. 7). Deze wordt loodrecht geprojecteerd op vlak V, hetwelk evenwijdig loopt aan het grondvlak van de pyramide. We vinden dan A1B1C1T2. C1C wordt verlengd en hierop nemen we willekeurig de punten P1 en P2.

Uit P1 wordt nu \triangle ATC op V geprojecteerd. Dit geeft naast C1 de punten A3 en T3. Projecteren we \triangle ATC uit P2 dan vinden we naast C1 A4 en T4. Wanneer we vast blijven houden aan de projectie van een punt uit dat ligt op het verlengde van de lijn CC1, dan blijkt uit de tekening, dat de projectie van \angle ATC het grootst is indien van oneindig uit (dus met evenwijdige stralen) geprojecteerd wordt nl. A1T2C1.

Bij projectie met divergerende stralen bv. uit P1 en P2 wordt de projectie van \angle ATC steeds kleiner naarmate de divergentie toeneemt. Deze projectie is het kleinst als C1 P3 = TT2. Dan ligt T5 in oneindig en loopt A5T5 // C1T5. *Er is dus een punt van waaruit \angle ATC op ware grootte geprojecteerd wordt, maar de ligging van dat punt is weer afhankelijk van de afstand \angle ATC tot V, de grootte van \angle ATC en de hoek die het vlak door ATC, met V maakt. Deze gedachtengang is van toepassing op hoeken die niet evenwijdig aan het projectievlak liggen.*

Is er echter sprake van hoeken welke **wel** evenwijdig aan het projectievlak liggen, dan is de projectie altijd gelijk aan de werkelijke waarde van de hoek. Nemen we een driehoek, dan zien we dat de projecties hiervan steeds gelijkvormig zijn aan deze driehoek, zodat *wel* de lijnstukken, maar *niet* de hoeken veranderen, ongeacht het punt waaruit geprojecteerd wordt.

We kunnen ons dus afvragen of het mogelijk is om ook voor hoeken welke niet evenwijdig aan het vlak van projectie lopen, een inzicht in de mate van vertekening te verkrijgen. Hiertoe werd een willekeurig voorbeeld genomen, ontleend aan de maten in een schedel. Tussen kinpunt, kaakhoek en meatus acusticus externus werd een driehoek bepaald: driehoek CKH (fig. 8), waarvan de hoekpunten resp. op een afstand van 12, 6 en 11 cm van het projectievlak liggen. CK = 12 cm; KH = 8 cm; CH = 5.5 cm. Goniometrisch werd de grootte van de hoeken bepaald* \angle K = $22^{\circ}13'$; \angle H = $124^{\circ}26'$; \angle C = $33^{\circ}21'$. Berekend werd nu welke vertekeningen er optreden indien deze driehoek in de gegeven stand achtereenvolgens van oneindig, 4 m en 1,50 m uit wordt geprojecteerd. Tabel 1 geeft ons de **verschillen** met de ware grootten van de projectie van driehoek KHC. De punten van waaruit geprojecteerd wordt liggen op de loodlijn door C op het projectievlak.

* De berekeningen en tekeningen werden uitgevoerd door J. J. LINDE, assistent bij de afdeling Orthodontie.

TABEL 1

Proj. van:	a1 oneindig	b1 4 m	c1 1,50 m
$\angle K 22^{\circ}13'$	+ 2°34'	+ 3°4'40''	+ 3°55'30''
$\angle H 124^{\circ}26'$	+ 1°46'30''	+ 1°15'0''	+ 0°26'30''
$\angle C 33^{\circ}21'$	- 4°21'0''	- 4°21'0''	- 4°21'0''

Een tweede serie berekeningen werd gemaakt, waarbij wordt aangenomen dat driehoek KHC iets wentelt om KC, zodat de afstand van H' tot het projectievlak 11,5 cm werd. De grootte van de hoeken veranderde daardoor tevens omdat bovendien de lengte van KH' op 8,287 cm werd gesteld. Op deze wijze is getracht verandering bij het groeiproces te imiteren.

TABEL 2

Proj. van:	a2 oneindig	b2 4 m	c2 1,50 m
$\angle K 23^{\circ}29'10''$	+ 1°52'30''	+ 2°26'20''	+ 3°24'15''
$\angle H 119^{\circ}28'50''$	+ 5°59'40''	+ 5°25'40''	+ 4°27'45''
$\angle C 36^{\circ}53'$	- 7°53'	- 7°53'	- 7°53'

Uit beide tabellen kan men vaststellen dat de vertekening van hoeken bij projectie aanzienlijk kan zijn.

Bij vergelijk van röntgenfoto's heeft men hier dus terdege rekening mee te houden. Het impliceert nl. dat als er een verandering van een hoek wordt waargenomen dit het gevolg van een kanteling kan zijn. Het omgekeerde geldt eveneens; daar waar geen verandering van een hoek wordt gevonden kan deze best een andere waarde gekregen hebben, maar op de foto gecamoufleerd worden door kanteling.

Een ander punt is: zijn er voordelen verbonden aan projectie van grote afstand?

Voor lijnstukken is dit gemakkelijk te zien. Bij grote afstand wordt in de formule $c = Ca/A$ (zie hiervoor) het verschil tussen a en A in verhouding tot A zo gering, dat c vrijwel gelijk wordt aan C. Voor hoeken is dit niet zo eenvoudig te zien.

Het is onmogelijk om aan de hand van één film de juiste waarde te berekenen voor een hoek die ligt buiten het mediane vlak. Op de film worden twee dimensies weergegeven, terwijl voor de beoordeling van de ware grootte van een hoek een verhouding in drie dimensies gegeven moet zijn.

Daar de meest zuivere projectie gevormd wordt door het neerlaten van loodlijnen op het vlak van projectie, hetgeen overeenkomt met een projectie uit het oneindige, zal dus de grootste projectieafstand, welke dus het meest die van uit oneindig benadert de beste zijn. In ons geval dus een projectie vanuit 4 meter. Dit moge verduidelijkt worden door de hiervolgende berekeningen, welke ontleend zijn aan tabel 1 en 2. We bepaalden de verschillen van de projectie vanaf 4 m en 1,50 m met de projectie vanuit het oneindige.

TABEL 3

voor hoek	verschil tussen proj. oneindig en 4 m	verschil proj. oneindig en 1,50 m
$\angle K$	+ 30'40''	+ 1°21'30''
$\angle H$	+ 31'30''	— 1°20'0''
$\angle C$	— — —	— — —
Na de wenteling zien we verschillen van		
$\angle K$	+ 33'50''	+ 1°31'45''
$\angle H'$	— 34'—	— 1°31'55''
$\angle C$	— — —	— — —

De verschillen tussen oneindig en 4 m zijn dus aanzienlijk geringer dan die tussen oneindig en 1,50 m.

Tot slot werden nu de verschillen tussen de projecties voor en na de kanteling bepaald. Dus tussen tabel 1 en 2 (tabel 4).

TABEL 4

verschil tussen	a1 en a2	b1 en b2	c1 en c2
$\angle K$	41'30''	38'20''	31'15''
$\angle H'$	4°13'10''	4°10'40''	4°1'15''
$\angle C$	3°32'0''	3°32'0''	3°32'0''

We zien hieruit dat de verandering in de projectie in geen duidelijk direct verband staat tot de werkelijke verandering in de geprojecteerde driehoek KHC. Maar tevens zien we dat de projectie van 4 m de projectie uit het oneindige al vrij dicht benadert.

Hieruit volgt dus, dat ook wat de weergave van de hoeken betreft een projectie afstand van 4 m boven die van 1,50 m te verkiezen is.

Nogmaals en misschien ten overvloede, zij hier vermeld, dat als men b.v. de kaakhoek op een röntgenfoto meet, men alleen maar bepaalt diè hoek welke gemaakt wordt door de projecties van de ramus ascendens en het corpus mandibulae op het mediane vlak. *Men kan dus nooit met nauwkeurigheid aan de hand van een röntgenfoto de werkelijke grootte van de kaakhoek bepalen.* Wanneer men dit doet trekt men een driedimensionale conclusie uit een twee dimensionaal gegeven. Het toeval wil echter dat de opstijgende tak vaak bijna evenwijdig loopt met het mediane vlak, wat het ons mogelijk maakt toch nog aan de hand van de projectie een inzicht te vormen over zijn grootte. Exact is het echter nooit en dit mag dan ook alleen bij de toepassing van de foto in de diagnostiek gedaan worden en niet bij onderzoeken omtrent groei.

Hoe staan de resultaten in de praktijk nu t.o.v. de uit de voorgaande berekeningen gevonden waarden?

Moeten we praktisch rekening houden met deze waarden, of zijn de meetfouten en andere onnauwkeurigheden die zich in de praktijk voordoen van een dusdanige orde van grootte, dat de voordelen van projectie op grotere afstand daarbij in het niet verdwijnen en ze aan de gemaakte opmerkingen en de beperkingen, welke daaruit voortkwamen hun waarde ontnemen. Om dit na te gaan werd met behulp van het apparaat op fig. 9 een serie foto's gemaakt.

Het apparaat werd op een statief opgesteld. Om een horizontale as (ab) is plaat A draaibaar t.o.v. plaat B. In plaat A is een gelijkzijdige driehoek uitgezaagd met zijden van 12 cm. Hierin is een aantal koperdraden gespannen van 0,5 mm dikte. Deze sluiten een driehoek in met hoeken $A = 71^\circ$, $B = 61^\circ$ en $C = 48^\circ 30'$. Het geheel is tevens om een as loodrecht op vlak B staande in C draaibaar op de statief. Voor de plaat A bevindt zich een gradenboog. Met behulp van een waterpas kon plaat B nauwkeurig horizontaal opgesteld worden.

Volgens onderstaand schema werden nu röntgenfoto's gemaakt. Onder inclinatie wordt verstaan de hoek die plaat A met het loodvlak door ab op plaat B maakt. De deviatie geeft de hoek van ab met de parallel door C aan de filmcassette.

In iedere stand van tabel 5 werd één foto gemaakt van 3,75 en één van 1,50 m afstand. Op deze foto's werden de waarden van de hoeken gemeten zoals ze in tabel 6 vermeld zijn.

TABEL 5

Opname	deviatie	inclinatie
A	0°	0°
B	15°	10°
C	15°	10°
D	30°	10°
E	30°	20°
F	45°	20°
G	45°	30°
H	60°	30°

TABEL 6

I 1,50 m			II 3,75 m		
A	B	C	A	B	C
A 70°	61°48'	48°30'	69°48'	61°36'	48°36'
B 70°30'	59°30'	49°	71°	50°30'	49°30'
C 68°48'	61°	50°	68°30'	61°48'	50°48'
D 69°	55°54'	55°30'	68°30'	55°48'	55°30'
E 63°12'	58°30'	58°	63°24'	58°36'	58°
F 64°	49°	66°48'	64°	49°24'	66°54'
G 56°42'	51°12'	72°12'	56°48'	51°	72°
H 58°	35°48'	86°48'	57°	35°06'	87°30'

Er werd voor gezorgd, dat de centrale straal (asstraal) van de rō-bundel steeds door het snijpunt van de bisectrices van de hoeken van de driehoek ABC ging. Men ziet duidelijk in tabel 6 dat de verandering in de stand van plaat A, van grote invloed is op de waarden der geprojecteerde hoeken.

Verder zijn de verschillen veroorzaakt door de verschillende projectieafstand, gering. Kolom I en II tabel 6.

De vraag dringt zich echter op in hoeverre verschillen significant zijn. Om dit na te gaan werd de standaard afwijking van de meetfout bepaald. Daartoe werd door 10 personen op een willekeurige foto uit de serie de hoeken A, B en C gemeten. De standaard afwijking werd uit deze

gegevens bepaald met de formule $\sigma = \sqrt{\frac{\sum x^2}{n-1}}$.

Voor $\angle A$ werd deze 6'30"; $\angle B$ 12'24" en $\angle C$ 12'18". Significant zijn de verschillen als deze tussen kolom I en II in tabel 6 groter zijn dan 2 maal de standaardafwijking. Dit blijkt in 9 van de 24 gevallen zo te zijn.

Als we bedenken, dat de hoeken A, B en C waar het hier om gaat, dicht bij het doorgangspunt van de asstraal liggen, dus door niet sterk divergerende stralen worden geprojecteerd, mogen we de gevonden gegevens van een significant verschil in negen van de vierentwintig gevallen als een ruimschoots voldoende praktische bevestiging van onze theoretische beschouwingen opvatten, dus dat de afstand van 3,75 m te verkiezen is boven die van 1,50 m.

Deze stelling wint aan kracht als we de tophoek en één der basishoeken van de uitgezaagde driehoek nader bezien.

TABEL 7

	I 1,50 m		II 3,75 m	
	tophoek	basishoek	tophoek	basishoek
A	60°6'	59°48'	60°	59°54'
B	58°	61°18'	57°54'	60°54'
C	58°	63°48'	58°24'	62°48'
D	52°	69°6'	52°12'	68°
E	52°48'	73°48'	53°06'	72°
F	43°	82°48'	43°12'	81°
G	42°30'	89°54'	43°	87°54'
H	28°36'	102°48'	28°48'	100°36'

Hier zien we voor de tophoek evenmin duidelijke verschillen. Maar wel voor de basishoek. De tophoek nu, ligt ca. 5 cm van de asstraal, de basishoek 7,5 cm; dit als gevolg van het feit dat het bisectricepunt van de uitgespannen draadfiguur niet samenvalt met dat van de uitgezaagde driehoek. Zoals reeds hiervoor vermeld, werd de centrale straal reeds op het bisectricepunt van de draadfiguur gericht.

Aan de hand van het voorgaande menen we tenslotte de volgende conclusies te mogen trekken.

Op röschedel-profielfoto's komen voor exacte vergelijking van grootheden slechts hoeken en lijnstukken in aanmerking die in het mediane vlak gelegen zijn, aangezien deze hoeken niet vertekend worden en van de lijnstukken op eenvoudige wijze de ware grootte in de schedel berekend kan worden.

Hoeken en lijnstukken welke niet in het mediaanvlak gelegen zijn, en waarvan de evenwijdigheid aan de cassette dus niet vast staat, zullen bij de projectie vertekend worden in een niet te bepalen mate. Een projectieafstand van 3,75 m is te verkiezen boven een van 1,5 m omdat de mate van vertekening van lijnstukken en de weergave van de hoeken op grotere afstand zich tot een betere en meer nauwkeurige analyse lenen.

IS ER EEN BETERE METHODE TOT CARIESPREVENTIE DAN FLUORIDERING VAN HET DRINKWATER?

DOOR Dr. H. EGYEDI

Het schijnt dat er tot nu toe ongeveer 1000 artikelen zijn verschenen in de wereldliteratuur met als onderwerp de fluoridering van het drinkwater. Ik hoop dat desondanks dit 1001e artikel voor u nog iets nieuws zal weten te brengen.

Drie onderwerpen zullen in het volgende worden besproken:

1e voor- en nadelen der fluoridering.

2e de glycogeentheorie en de praktische toepassing ervan bij kinderen.

3e de statistiek betreffende cariësfrequentie bij Haagse schoolkinderen.

Ad. 1e Voorop gesteld dient te worden dat schrijver dezes de cariës-werende werking van de fluoridering van drinkwater tot een hoeveelheid van 1 p.p.m. als vaststaand aanneemt, daar de uitgebreide onderzoekingen in tientallen Amerikaanse steden door ARNOLD, DEAN c.s. in deze geen reden tot twijfel geven. Dit betrof van nature reeds aanwezig fluor. De kunstmatige fluoridering gaf in Kingston-Newburgh e.a. steden dezelfde resultaten. Duidelijke nevenwerkingen zijn tot nu toe bij een gehalte van 1 p.p.m. niet waargenomen. Overigens ben ik van mening, dat eventueel nog blijkende nevenwerkingen, indien ze van weinig betekenis zijn en slechts sporadisch voorkomen, bij dergelijke massa-prophylactische maatregelen op de koop toe dienen te worden genomen. Zo ging men in de 1e Wereldoorlog over tot immunisatie tegen cholera en typhus zonder dat schadelijke bijwerkingen van te voren konden worden uitgesloten. Een *negatief* punt betreffende de fluoridering is m.i. echter het volgende:

Volgens onderzoekingen van enkele zeer competente auteurs kan het chemisch zwak in het glazuur gebonden fluor er na verloop van tijd weer uit verdwijnen (SHAW's onderzoekingen bij de rat), zodat er in de praktijk slechts van een opschuiven van het cariësbegint van 5 jaar zou plaats vinden. R. WEAVER toonde dit aan in een zeer nauwkeurige statistiek van twee steden met natuurlijk fluorhoudend water in Engeland.

Wat moet nu in Nederland gebeuren in verband met het hier boven ge-

*) Naar een lezing voor de Amsterd. Tandh. Vereniging op 13 mei 1958.

noemde? Hierop zou ik pas willen in gaan na eerst de punten 2e en 3e besproken te hebben.

Ad 2e SOGNAES en zijn medewerkers van de Harvard universiteit hebben als eersten de factoren, die de oorzaak van de cariës zouden zijn, ingedeeld in a) „postdevelopmental factors” (dit zijn dus uitwendige factoren zoals zuurvorming) en b) „developmental factors” (de biochemische samenstelling van het glazuur).

In het kort zullen nu de argumenten en experimenten voor deze factoren worden genoemd:

Ada) Indirecte bewijzen: Dierexperimenten en klinische waarnemingen bij de mens wijzen overtuigend op het belang van door gisting van suiker ontstane zuren. Spoelen met glucoseoplossing veroorzaakt daling van de pH (STEPHAN). Na suikeropname is chemisch toename van melkzuur aan te tonen in het speeksel. Zonder suiker ontstaat geen cariës. Talloze onderzoekers met overigens verschillende opvattingen vonden dat een cariogeen dieet een suikerdieet is.

Directe bewijzen zijn: zonder bacteriën – geen cariës, voedsel door maagsonde – geen cariës; niet cariogeen voedsel per os samen met suiker per maagsonde – geen cariës; speekselvloed verminderd door extirpatie van speekselklieren – veel cariës.

Geen wonder, dat MILLER de cariogene invloed van suiker toeschreef aan directe ontkalking door gevormd melkzuur.

Al dit bovenstaande geeft echter geen antwoord op de volgende drie feiten:

1e: 2/3 der mensheid krijgt geen cariës ook wanneer ze als volwassenen veel suiker gaan gebruiken (in de kampong geboren inlands personeel bij Europeanen);

2e: bij volwassen apen lukte het SOGNAES en SHAW in zes jaar niet om met zeer veel suiker cariës te verwekken, wel bij jonge apen;

3e: de Vipeholm experimenten in Zweden (dertig cariës immunen betreffende).

SOGNAES zelf constateerde dus bij zijn apen (en kleine proefdieren) de rol der „developmental factors”, maar sloeg ter verklaring met zijn medewerkers verkeerde wegen in.

Wij zijn inmiddels dus bij de *b* factoren aangeland: m.i. vormt de glycogeen-theorie het dak op de door SOGNAES opgetrokken muren. Ik veronderstelde dat suiker in de vorm van glycogeen in het glazuur voorkomt bij voor cariës gevoelige mensen en experimentele dieren. Niet bij immunen.

Suiker werkt dus op twee manieren: developmentaal als glycogeenvormer, postdevelopmentaal als zuurvormer. Het postulaat was dus: Glycogeen zit

in het glazuur, bacteriën zitten in de plaque. Deze loeren op de gelegenheid om in het keratinegedeelte van het glazuur binnen te dringen, precies als sommige huidschimmels het doen op het huidoppervlak. Is de huid verzwakt, dan kunnen de pathogene huidschimmels de huid invaderen. Bij de tanden wordt het binnendringen van de bacteriën voorkomen door de chemische samenstelling van het glazuur. De weerstand ervan wordt echter verzwakt door aanwezigheid van glycogeen (tijdens tandontwikkeling door overvoeding ontstaan), we hebben dan dus glycogeen-keratine dat door ontleding van glycogeen door melkzuur in glucose-keratine verandert. Dit laatste nu vormt de geschikte voedingsbodem voor de plaquebacteriën en deze zullen nu kunnen binnendringen.

Dit ontleden van het glycogeen in het glazuur, deze versuikering is niet mogelijk zonder melkzuur in het speeksel, de zuurfactor van MILLER dus.

Bewijzen (zeer in het kort):

De door mij veronderstelde substantie, het glycogeen, hebben wij in onverwacht grote hoeveelheden in het glazuur gevonden. Dit is door de biochemicus M. V. STACK bevestigd. Voorts kunnen een reeks dierexperimenten, die ik onlangs beschreef in de „Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift” onmogelijk verklaard worden zonder de glycogentheorie. Doordat ik tot op heden geen tanden van cariësimmune primitieven kon verkrijgen, kon het sluitstuk van de bewijsvoering, n.l. dat het glazuur van primitieven geen of weinig glycogeen bevat, niet worden geleverd.

Ad 3. Statistieken van EIBRINK-JANSEN:

Sedert 1951 neemt het aantal cariës-immune kinderen in Den Haag in alle 6 klassen der lagere school snel af. Laten wij eens vergelijken de statistiek van 1952 en van 1956. Wegens het grotere aantal blijvende elementen nemen wij de twaalfjarigen. Die van 1952 zijn dus geboren in 1940. Die van 1956 in 1944.

De in 1940 geboren en hebben vier oorlogsjaren langer een gerestringd dieet gehad tijdens tandontwikkeling, dan die van 1944. Het aantal cariës-immune gebitten is onder de eerste groep $\pm 4 \times$ zo groot als onder de tweede.

Deze veranderingen zouden veroorzaakt kunnen zijn zowel door developmental als door postdevelopmental-factoren. Daarom heb ik het gemiddelde suikerverbruik in Nederland nagegaan in deze jaren en vond dat dit van 1949 tot 1956 nauwelijks is veranderd, zodat de uitwendige factoren (zuurvorming) hierbij geen rol konden spelen.

Deze statistiek bevestigt de statistiek van SOGNAES betreffende Noorwegen en veroorlooft dezelfde conclusies, die SOGNAES eruit trok.

Is nu deze restrictie uit de oorlogsjaren in vreedstijd mogelijk?

Ja, d.w.z. gedurende de eerste drie levensjaren. (Ik heb met deze restrictie reeds enige praktische ervaring).

Conclusies

I. Het resultaat van de in Tiel en Culemborg aan de gang zijnde experimenten staat wel vast, dat is door anderen elders al voldoende onderzocht. Het experiment als zodanig hoeft m.i. niet te worden voortgezet. Men dient over te gaan tot algehele fluoridering tenzij wordt aangetoond (in samenwerking met andere landen in streken waar natuurlijk fluor in het drinkwater voorkomt), dat er slechts een opschuiving van het cariësbegin wordt bereikt. Persoonlijk ben ik met WEAVER geneigd te geloven, dat dit laatste het geval is. De fluoridering zou m.i. dan gecontraïndiceerd zijn.

II. Met 10% van de kosten der fluoridering zou m.i. een effectieve propaganda onder moeders mogelijk zijn om hun kinderen tenminste tot de leeftijd van ± 3 jaar voor koolhydraat overvoeding te behoeden. Het effect ervan zou m.i. het effect der fluoridering overtreffen. De gezondheid der kinderen zou er slechts gunstig door beïnvloed worden. Dit alles eventueel onder de voorwaarde, dat de glycogeentheorie haar laatste bewijs (onderzoek tanden van primitieven) weet te leveren.

Discussie

Uiteraard konden de conclusies en aanbevelingen van deze lezing niet door de aanwezigen in extenso worden besproken, daar zij gericht waren tot de fluorcommissie van de gezondheidsraad. Enige kanttekeningen naar aanleiding der conclusies door BACKER-DIRKS:

BACKER-DIRKS 1) Noch in Nederland, noch elders is een limiet gesteld van 15 jaar. Aan de resultaten van Kassel na 3 jaar fluoridering kan geen al te grote betekenis worden toegekend. De Gezondheidsraad kan tot zulk een ingrijpende en kostbare algemene maatregel niet overgaan alvorens de belangrijkste kwestie, watergebruik in verhouding tot dat in de U.S.A. retentie van fluor in het lichaam en andere degelijk zijn onderzocht, terwijl voorts het effect op de cariës ook voor Nederland volstrekt zeker is. De door EGYEDI genoemde prophylactische maatregelen (b.v. cholera-vaccinatie) zijn dringende, dus onvermijdelijke maatregelen. Bij de bestrijding van cariës gaat het om preventie van een ziekte, die het leven niet bedreigt.

EGYEDI: Hij twijfelt aan verschil in watergebruik tussen de gematigde streken in de U.S.A. en Nederland. De vloeistofopname is primair een fysiologisch proces (de water- en zouthuishouding) afhankelijk van nierfunctie, transpiratie enz. Er is wel een aanzienlijk verschil tussen twee individuen in hetzelfde land.

BACKER-DIRKS 2). EGYEDI trekt conclusies uit de Haagse statistiek en de getallen van SOGNAES. TOVERUD, op wiens getallen SOGNAES zijn conclusie

baseert, geeft een geheel andere en beter gefundeerde verklaring. De Haagse getallen kunnen ook anders verklaard worden. Er bestaat een korte periode van „posteruptieve maturatie” (periode van doorbraak en onmiddellijk daarna). Het nog jonge glazuur neemt ionen uit het speeksel op, hetgeen alleen op goede wijze gebeurt als het milieu rond de tand hiervoor gunstig is. Een cariogeen milieu (door veel suiker in de plaque) verhindert dit rijpingsproces, zoals door enkele onderzoekers is aangetoond. Wil men nagaan hoe groot de invloed van suiker is, dan zal men de drie perioden – tandvorming, posteruptieve maturatie en de hierop volgende periode – moeten proberen te scheiden. In dit geval mogen wij slechts met cariësgetallen van de afzonderlijke elementen werken en bovendien nog met de cariëstoename per jaar. Bij de door EGYEDI genoemde 12-jarigen vond de posteruptieve maturatie van molaren en incisieven in de jaren rond 1945, resp. rond 1950 plaats. Het verschil in suiker – en vooral ook snoepverbruik in die jaren kan het verschil in aantal caviteiten evengoed verklaren.

EGYEDI: In deze opvatting betreffende de narijppingsperiode worden de tientallen experimenten genomen o.a. aan de Harvard universiteit bewijzende het belang van de *gehele* „developmental” periode over het hoofd gezien en vooral ook de chemische vondsten van STACK over glycogeen in nog niet doorgebroken tanden.

BACKER-DIRKS 3). Bij ieder auto-ongeluk is een politieagent, toch is de agent niet de oorzaak van het ongeluk. Evenmin bewijst de aanwezigheid van glycogeen in tandglazuur, dat het de oorzaak van cariës is.

EGYEDI: Als het niet de vondst van glycogeen betrof, maar die van keukenzout, had BACKER-DIRKS gelijk. Maar wij hebben het koolhydraatpolymeer, glycogeen gevonden. Ieder fysioloog weet, dat glycogeen een overmaat van koolhydraat-voeding betekent. Hij maakt onmiddellijk de associatie: wanneer is de ophoping ervan ontstaan, wanneer heeft het individu zich met koolhydraten overvoed?

Het is mij verder gelukt ook buiten de chemische bewijsvoering om, een reeks directe en indirecte factoren te vinden, die alle op een causaal verband wijzen o.a. de experimenten van SOGNAES bij kleine dieren en apen. In een artikel in de „Deutsche Zeitschrift der Zahnheilkunde” van 1 mei 1958, heb ik dit alles uitvoerig beschreven. Er zijn in de geneeskunde nauwelijks gebieden aan te wijzen (de door bacteriën veroorzaakte ziekten uitgezonderd), waar de veronderstellingen met evenveel bewijzen werden gestaafd als die over de glycogeen-cariës samenhang.

BACKER-DIRKS 4). Naar aanleiding van het voorstel om de preventie bij zuigelingen in te voeren:

Ik heb er altijd op gewezen, dat op de tandarts de verplichting rust om de patiënten op de schadelijkheid van overmatig suiker- en vooral snoepverbruik te wijzen. Indien wij op deze wijze konden voorkomen, dat het verbruik van snoepgoed van jaar tot jaar toeneemt, ware reeds veel gewonnen!

EGYEDI: Propaganda voor verminderd suikerverbruik bij volwassenen is uitzichtloos (verg. roken – longkanker). Het gaat erom de moeders er toe te brengen om hun kinderen niet *teveel* koolhydraten (dus suiker zowel als zetmeelhoudende

voeding) toe te dienen. Het verlangen van een moeder om het kind een beter gebit te bezorgen dan zij zelf heeft, zal sterker zijn, dan de neiging tot verwennen en laksheid.

TOVERUD laat zich in deze ook positief uit, althans met betrekking tot 4 jaar: „The influence of general health supervision... on caries” (Brit. Dent. J. 1949 „page 196). „However, it must be admitted that dietary restriction in sugar and „sugar products was chiefly stressed in regard to the children. How far the „mothers and children have followed the advice it is not possible to state. Our „experience gained during many years however, leads us to believe that we ought „to be safe in assuming that the mothers try to keep down the sugar and sweets „during the children’s first years and are succesful in doing so. After the age of „about 4 years when the children are running around free uncontrolled by their „mothers „it is more difficult to keep them away from sweets”.

COPPES 5). Vraagt of EGYEDI iets kan vertellen over de pH, die in de plaque bereikt moet worden om tot decalcificatie te komen.

Ad 5 EGYEDI: wijst erop, dat bij tandpoeder een decalcificatie bereikt kan worden beneden een pH 5. Maar een decalcificatie in vitro en in eerste plaats een decalcificatie van het gepoederde tandglazuur werpt nog geen licht op decalcificatie in vivo. OSTBY-NYGAARD is het in vivo niet gelukt met een ingenieus „device” om bij pH 4,5 enige decalcificatie te verkrijgen. EGYEDI acht de conclusie getrokken door een fysicus van internationale bekendheid in de tandheelkunde, Dr. PERDOK in Groningen, heel belangrijk: „Want al mag dan ook bij de verdere voortschrijding van het cariësproces de oplosbaarheid van het glazuur in zuren de belangrijkste factor zijn, toch is de schrijver ervan overtuigd, dat het begin van de aantasting samenhangt met het doorbreken van de proteïnebarrière om de hydroxylapatietkristallen. Zeer recente elektronemicroscopische foto’s van R. FRANK te Straatsburg schijnen deze opvatting te bevestigen”. EGYEDI meende altijd, dat – aangezien de collodiale matrix het eerst gevormd wordt – de apatiet neerslag achteraf – het moeilijk voor te stellen is, dat vrije apatietkristallen zonder keratine-omhulsel aan de oppervlakte kunnen komen.

6). Een der aanwezigen vraagt of EGYEDI iets kan vertellen over een mogelijk nut van buiten geapliceerd fluor of van fluor bijgevoegd aan keukenzout.

Ad 6). EGYEDI heeft alleen literatuurkennis over beide aangelegenheden. Beide methoden acht hij onvoldoende onderzocht en onvoldoende bewezen. Hij sluit zich aan bij de mening van de fluorcommissie, die over deze kwestie haar mening in het Tijdschrift voor Tandheelkunde in 1956 bekend maakte.