

OORSPRONKELIJKE BIJDRAGEN



ORTHODONTISCHE BEGRIPPEN, ORTHODONTISCHE PROBLEMEN, IN VERBAND MET HET GROEI-PROCES VAN AANGEZICHT EN SCHEDEL

DOOR

J. A. C. DUYZINGS, tandarts

616.314 089.23] 06

I.

Kenmerkend voor den groei en de verbreding der orthodontische wetenschap is wel de thans allereerste en allermeeft op de aetiologie, de diagnostiek, de prognose en de therapie. In elk van deze vier begrippen liggen complexen van vragen besloten, die rechtstreeks samenhangen met problemen, waarvoor de oplossing nog allerminst gevonden is.

De vraagstelling richt zich allereerste en allermeeft op de aetiologie, de diagnostiek, de prognose en de therapie. In elk van deze vier begrippen liggen complexen van vragen besloten, die rechtstreeks samenhangen met problemen, waarvoor de oplossing nog allerminst gevonden is.

Niet veel meer dan dertig jaren geleden vatte men het vraagstuk der regulatie pas aan bij patiëntjes van acht à negen, tot twaalf à dertien jaar. Het melkgebit beschouwde men als vrijwel altijd zonder afwijking. Het aanwezige deel van het blijvend gebit vormde het gegeven, waarmede men had te werken en waarvoor men, met min of meer bevredigend resultaat, het „normale” trachtte te „herstellen”.

Sindsdien is men gaan inzien, dat het vraagstuk breeder dient te worden aangevat. Verbetering der apparatuur en nauwlettender beschouwing, ook van het melkgebit, leverde al aanzienlijk beter resultaat, vooral kwantitatief. Maar de vooruitgang bewoog zich vooral in technischen zin.

Het „hoe” is voor de praktijk, zoo al niet belangrijker, dan toch in elk geval actueeler dan het „waarom”. Langs den weg der empirie gaat de therapie maar al te gaarne aan de prognose vooraf.

Aan beide dient een *weldoordachte diagnose* vooraf te gaan. Ter bevordering van dit inzicht worde in het volgende een poging gewaagd, enkele orthodontische begrippen en problemen, in verband met het „groei”-proces van schedel en aangezicht, nauwkeuriger te stellen en met voorbeelden te adstrueeren.

Eén van de belangwekkendste problemen, waarmede de orthodontist zich intensief heeft bezig te houden, is het groei-proces van schedel, aangezicht, processus alveolares, tandkiemen en de bedekkende weke deelen.

Is dit proces te beïnvloeden?

Zijn er afzonderlijke fasen in te onderscheiden?

Zijn deze onderling afhankelijk van elkaar?

Kunnen we ze afzonderlijk bevorderen of remmen?

Al deze en dergelijke vragen dringen zich op, wanneer men zich rekenschap tracht te geven van die eigenaardige veranderingen, die zich aan den onderzoeker vertoonen.

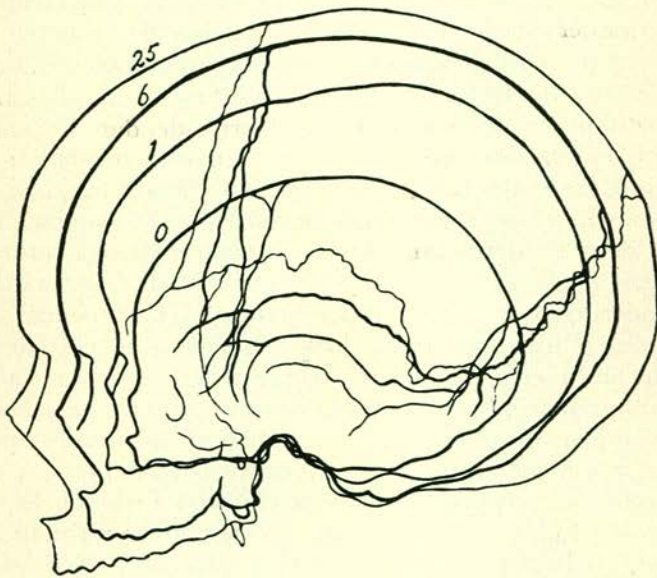
Vroeger heeft men reeds door metingen aan schedels getracht hierin eenig inzicht te verkrijgen. Een groote moeilijkheid blijft daarin het vinden van een vast punt in den schedel, om van daaruit de metingen te kunnen verrichten. Elk punt van den schedel en van het aangezicht is namelijk aan verschuiving of verplaatsing onderhevig. Het Orbitale en het Tragon (huidpunten), zoowel als het Infra-Orbitale en Porion (schedelpunten), de punten, die het Frankforter-Horizontaalvlak bepalen, zijn niet constant door den groei van de weke en beenige deelen. Het Orbitale verplaatst zich meer naar het midden onder de oogkas. De lijn, die het Nasion, Sphenoidaal-punt (midden van den voorrand van de Sella Turcica) en Tragon verbindt, is op den veertigsten dag na de geboorte nog een rechte lijn, dus 180° , terwijl er later een hoek van 145° ontstaat. Het minst verandert nog het Basion van plaats, daar waar de voorrand van het Foramen Magnum het mediaanvlak snijdt.

Zeer belangrijk zijn de onderzoekingen van Merckel. Zijn waarnemingen aan schedels (1884) zijn door de moderne

methodes van Profiel-Schedel-Röntgenfoto's bevestigd. Gebleken is daarbij, dat de *postembrionale schedelontwikkeling* plaats vindt in *twee perioden* van groei, die door een langen tijd van bijna-volledigen stilstand gescheiden zijn.

De eerste periode van groei loopt vanaf de geboorte tot aan het zevende jaar. Dan treedt een pauze op, die duurt tot de puberteit.

De tweede periode van groei duurt van de puberteit tot aan de volwassen vorming (23 jaar) (zie afbeelding I).



Afb. I.

Groei van den menschelijken hersen- en aangezichtschedel.

(Volgens Welcker. Overgenomen uit A. Hasselwander, *Bewegungssystem, Handbuch der Anatomie des Kindes*).

De eerste periode wordt weer verdeeld in *drie fasen*:

1ste Phase: EERSTE LEVENSJAAR: Het achterhoofdsbeen wordt meer gewelfd. Verder groeit de schedel gelijkmatig uit.

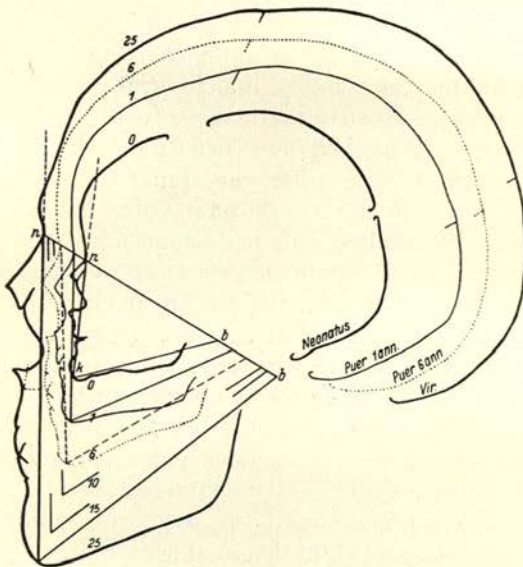
2de Phase: TWEDE TOT VIJFDE JAAR: Gelijkmatige groei in alle richtingen. Doordat bij de verbinding occipitale-sphenoid weinig beenvorming plaats vindt in deze periode, verkrijgt men een geringen groei in de lengte, tegenover een vermeer-

derden groei in de breedte. Verder een grootere welving van het schedeldak. Het slaapbeen groeit uit naar boven, naar achteren en lateraalwaarts, hetgeen mede van invloed is op den jukboog.

3de Phase: ZESDE EN ZEVENDE JAAR: De beenderen van het schedeldak groeien nu nog weinig. De schedelbasis verlengt zich en met haar verlengen zich dus ook de aanhechtingsplaatsen met den aangezichtsschedel, zoodat deze meer diepte krijgt. Door het uitgroeien van den processus alveolaris verkrijgt de aangezichtsschedel meer hoogte. In totaal dus meer massa.

Aan het einde van de eerste groeiperiode is de groei van de beenderen, die de *schedelbasis* vormen, volkomen beëindigd. Ook is de grootte van het Foramen Magnum en de totale breedte tusschen de beide Processus Pterigoidei dan definitief.

De tweede periode van groei vangt aan met de puberteit. Er treedt dan een verlenging van de aanhechtingsplaatsen van den aangezichtsschedel op, met als gevolg een vermeerderde diepte van het aangezicht. (Zie afbeelding II).



Afb. II.

Groei van den menschelijken hersen- en aangezichtsschedel.
(Volgens Welcker. Overgenomen uit A. Hasselwander, *Bewegungssystem, Handbuch der Anatomie des Kindes*).

Daarnaast vertoont zich een krachtige ontwikkeling van het voorhoofdsbeen. De geheele schedel verbreedt zich. Het slaapbeen roteert met het voorste deel buitenwaarts, zoodat de jukboog een sterkere kromming krijgt. Het langer worden van het aangezicht is mede het gevolg van het groeien van den vrijen alveolairrand en van een groei-zône in de buurt van den middelsten neusgang.

Dit verklaart dus ook waarom het orbitale punt te labiel is om als geschikt orientatie-punt te dienen, en waarom het Basion, het midden van den voorrand van het Foramen Magnum, de voorkeur verdient.

Voor de orthodontie liggen in dit alles belangrijke opgaven. Het ligt voor de hand, dat een groeiend orgaan gemakkelijker en doeltreffender te beïnvloeden zal zijn, dan wanneer het reeds een definitieven vorm heeft aangenomen.

Nauwkeurig observeeren om het groeistadium op een bepaald moment te kunnen bepalen is dus eerste eisch. Onze apparatuur zal zooveel mogelijk op het juiste moment dat groeiproces moeten leiden.

Op jeugdigen leeftijd is het aangezicht niet alleen kleiner in verhouding tot den schedel, maar vormt daarmee, gezien in het Frankforter-Horizontaalvlak en in het Verticale vlak, een geheel anderen hoek. Vooral het uitgroeien in hoogte en de aanwas aan dorsale zijde van den processus alveolaris laten hun invloed gelden op de naar voren gaande (mesiaal en lateraal) ontwikkeling van het aangezicht.

Hierbij aansluitend vormt de groei van de *onderkaak* eveneens een factor van betekenis. De opstijgende tak zal zich hebben aan te passen aan het uitgroeien van de beide processus alveolares en de vermeerderde beenbasis.

Geleidelijk verandert dan ook de hoogte van den opstijgenden tak en de onderkaakshoek. Bij de geboorte is deze bijna geheel vlak. Tenslotte kan ze tot een hoek van 135° ombuigen. Dit zal dus uiteraard vooral plaats moeten vinden vóórdat de M_2 zijn plaats heeft ingenomen, dus ongeveer gedurende het 9de, 10de en 11de jaar. Om den kaakhoek te beïnvloeden, zal men dus bijv. een kinkap in *die* periode moeten aanwenden.

Ten slotte geeft ook de groeiende *tandkiem* aanleiding tot

allerlei vragen. Vormt zich om de kiem heen?, of vormt zich eerst heen en ontwikkelt zich daarin secundair de kiem? Groeien boven- en onderkaak in mesiolabiaalwaartsche richting dóórdat de kiemen van de tweede en derde molaren zich gaan ontwikkelen, of onafhankelijk daarvan? Dat bijv. in de bovenkaak de processus alveolaris zich niet distaalwaarts uitbreidt, ondanks het groeien van de kiemen van M_2 en M_3 , volgt al uit het feit, dat de achter de tuberositas liggende processus pteregoideus niet wijken kan in de richting van het occipitale, omdat dan alle zenuwen, bloedvaten en ganglion in de fossa pteregoidea bekneld raken zouden.

Experimenteel heeft men kunnen vaststellen, dat bijv. bij varkens de tandkiem in ectodermaal weefsel ligt; dat zich daar omheen het been gaat vormen en dat de kiem hierin eenigen tijd wordt opgeborgen om zijn ontwikkeling te volmaken en later hieruit weer te worden uitgestooten.

Mochten we de kaakontwikkeling, de processus-alveolaris-ontwikkeling, de tandontwikkeling en de weeke deelen-ontwikkeling als zelfstandige grootheden beschouwen, waarschijnlijk ten onrechte, omdat ze wederzijds hun invloed wel doen gelden, toch geeft de onderkaak den indruk in zijn groei een grootere zelfstandigheid te bezitten dan de bovenkaak. De ontwikkeling van de onderkaak als zoodanig is niet door onze apparatuur te beïnvloeden. Zij is voor sommige invloeden meer gevoelig dan de bovenkaak (acromegalie, (hormonen), micrognathie), (erfelijkheid)).

Bij de bovenkaak daarentegen speelt ook de zelfstandige ontwikkeling van het antrum een rol. Ook hiervoor geldt, dat ons streven voornamelijk erop gericht zal moeten zijn door nauwkeurig observeeren zoo goed mogelijk inzicht te krijgen in den stand der ontwikkeling der verschillende factoren, en door ons ingrijpen de voorwaarden voor een goede ontwikkeling dier factoren zoo gunstig mogelijk te beïnvloeden. Reeds is gebleken — een paar voorbeelden mogen dit ten slotte nader adstrueeren — dat het mogelijk moet zijn in den loop van het groeiproces sluimerende krachten op te wekken en bijv. de eene eruptiekracht, — of liever de eruptie, het eruptiephenomeen, van bepaalde elementen — te bevoor-deelen boven andere.

Het opwekken van sluimerende krachten wordt gedemonstreerd door de modellen, zie afbeelding 3.

Een meisje van 15 jaar vervoegde zich in 1937 bij mij met een open beet. Er bestond alleen een weinig occlusie bij de 2de molaren. Als zij sprak of lachte, waren haar bovenfronttanden niet te zien, ondanks de zeer kleine bovenlip.

Na twee jaar reguleeren zijn deze fronttanden wel te zien, terwijl haar bovenlip dezelfde grootte heeft behouden.

Hier is het dus niet, of althans in geringe mate, het intrudeeren van de boven en beneden 2de molaren, maar zeer zeker het uitgroeien en verlengen van den bovenkaaksprocessus, beïnvloed. Het merkwaardige toch is, dat, hoewel alleen aan de I_{2ss} , I_{1ss} , I_{1sd} en I_{2sd} werd getrokken door elastiek-spanning (alleen 's nachts), de C en P-partij mede zijn uitgegroeid, hoewel in deze streek niet *direct* een kracht is aangewend.

Het bevoordeelen van het ééne eruptiephenomeen boven het andere vindt men in modellen aangegeven in de afbeelding 4, alsmede op bijbehorende Röntgenfoto's.

Het betreft hier een jongen van 5 jaar (1938).

Hij bezat een perfect melkgebit met zeer normale physiologische diastemen.

De elementen van het blijvend gebit zijn echter, blijkens de Röntgenfoto's, buitengewoon veel te groot. Bovendien zijn de eerste bovenmolaren te veel naar voren ingesteld, zoodat wij een extosteem van de Cuspidaat of linguaalstand van één der Praemolaren in het vooruitzicht hebben.

Ook voor de blijvende I_2 is geen plaats genoeg als we het proces zijn natuurlijken loop zouden laten gaan. Deze zou onherroepelijk buiten de rij worden gedrongen.

Om nu de frontpartij zoo gunstig mogelijk te beïnvloeden en te zorgen dat dit gedeelte een normaal aanzien krijgt, extraheerde ik de melk i_2 en c .

De kiem van de blijvende 2de incisief vindt nu op zijn weg van doorbraak geen hindernis meer. De kiem van de blijvende C blijft alle hindernissen behouden.

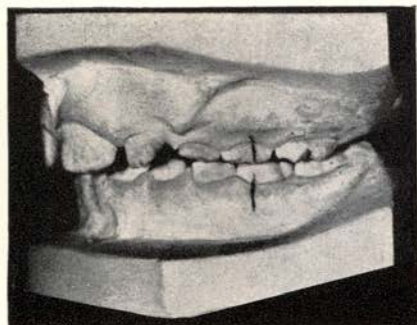
De natuur zal hier uiteindelijk zelf uitwijzen, welk element later geëxtraheerd zal moeten worden, wanneer de C naar



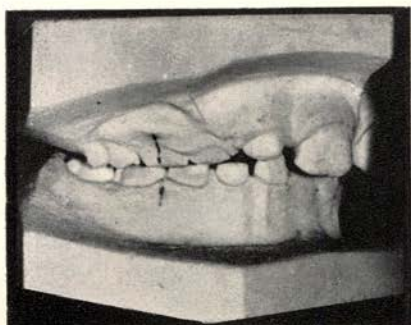
November 1938



November 1938



Juni 1939



Juni 1939



Juni 1939



Juni 1939

buiten, of de P_1 of P_2 naar binnen gedrongen wordt.

In dit proces heb ik dus de orthodontische moeilijkheid van het front naar de zijdelingsche deelen weten te verplaatsen, hetgeen voor den desbetreffenden jongen, wat betreft zijn uiterlijk, een volkomen succes mag worden genoemd.

HET KUNSTHARS ALS PROTHESE-MATERIAAL *)

DOOR

Ir. J. N. TEKENBROEK, Tandarts.

616.314 089.28 × 1

De bruikbaarheid van kunsthars als prothese-materiaal is nog steeds een onopgelost vraagstuk in de tandheelkunde. Het doel van dit opstel is om te probeeren wat dieper in te gaan op de eigenschappen van dit voor de tandheelkunde nog nieuwe materiaal en de onvolkomenheden duidelijk te maken, die nog bestreden zullen moeten worden, alvorens het gebruik van dit nieuwe prothese-materiaal, zoowel voor den patiënt als voor den tandarts een onverdeeld genoegen zal kunnen worden genoemd.

Spreeken over de chemische samenstelling, de structuur en de eigenschappen van het nogal ingewikkelde kunsthars, is spreken over een onderwerp, dat buiten de dagelijksche gedachtengang van den practiseerenden tandarts ligt. Het biedt bijna onoverkomelijke moeilijkheden, om deze stof in een kort opstel zoo te behandelen, dat het voor den leek overzichtelijk blijft. Daarom zal ik mij moeten beperken. Maar aan den anderen kant krijgt men in reclame-pamfletten en kleinere dental-periodieken zooveel niets zeggende artikelen over dit onderwerp te lezen, dat men naar mijn meening als tandarts het recht heeft om ook eens iets dieper in deze materie te worden ingeleid.

Ik zal mijn opstel daartoe als volgt indeelen. Als inleiding zal ik een oriënteerende tabel laten zien, waarop de verschil-

*) Voordracht gehouden voor de afdeling Utrecht van de Maatschappij tot Bevordering der Tandheelkunde op 17 Juni 1939.

TABEL TEN DEELE ONTLEEND AAN KIMBALL. J.A.D.A. 1938, blz. 246.

| Thermosetting | | Thermoplastisch | | | | |
|---|-----------------------|--|---|------------------|------------------------|--|
| Kunsthars | | Cellulose kunststoffen | | Kunsthars | | |
| Bakeliet-type | Glyptal-type | Cellulose-Nitrate | Cellulose-Acetaten | Vinyl-type | Styrol-type | Acryl-type |
| Aldenol Cortal Co-oralite Coedal Duratone Endural Ixolain Iteco Luxene Phenoglas Poreelite Ster-I-dent Strykers | Glycene Thermolito | Alcolite Coralite Dentural Hekolith Motloid Natura Ora tint Parfait Porsedent Superlite | Barthol Dermatex Superez Parfait X | Resovin Vydon | Marvelene Tepperite | Exelon (Heliodont) (Kalodent) (Gingivist) |
| | | | Fiberloid Oralite | | Neo Hekolith | |

lende merken der nieuwe prothese-materialen zijn ingedeeld volgens hun chemische samenstelling. Dan zal ik op een eenvoudige wijze de vormende reacties, de opbouw en de structuur van het kunsthars uiteen zetten. Vervolgens zal ik aandacht vragen voor de vraagstukken, die zich bij de praktische toepassing van het kunsthars als prothese-materiaal voordoen. En ik zal eindigen met eenige algemeene opmerkingen.

Beginnen wij dan thans, als inleiding tot het onderwerp, onze aandacht te schenken aan een algemeene oriënterende tabel. Deze tabel is ten deele ontleend aan een publicatie van D. K i m b a l l in de J.A.D.A. 1938, blz. 246. Nu is het natuurlijk niet de bedoeling, dat men zich zal laten afschrikken door de vreemde namen op die tabel. Bekijken wij deze tabel maar eerst eens aan de onderste zijde. Men vindt daar de verschillende fabrieksmerken van deze nieuwe prothese-materialen ondergebracht bij de groep, waartoe de merken chemisch behooren. Vele Amerikaansche merken zijn ons hier onbekend, maar men vindt er toch ook hier te lande bekende merken onder, o.a. Hekolith, Neo Hekolith, Parfait, Luxene, e.d. Het zal den lezer opvallen, dat deze materialen dus in verschillende groepen in te deelen zijn. Deze groepen worden aangeduid door de namen: Acryl-type, Styrol-type, Vinyl-type, Glyptal-type, Bakeliet-type. Deze vreemde namen zullen straks duidelijk worden.

Met opzet werden bij deze opsomming de beide cellulose-groepen overgeslagen. Zooals de naam reeds zegt, zijn dit namelijk geen kunstharsen, maar cellulose-producten. Wij komen straks op deze cellulose-kunststoffen nog wel even terug. Men zal dan zien, dat deze stoffen niet deugen voor prothese-materialen.

Waar men bij deze oriënterende tabel in het bijzonder aandacht aan moet schenken is aan de hoofdindeeling thermoplastisch en thermosetting. Deze beide termen zullen duidelijk worden, als ik erop wijs, dat stents, afdrukmassa, een voorbeeld is van een thermoplastisch materiaal. Stents wordt bij verwarming zacht en bij afkoeling weer hard. De rubber van een rubber-prothese is een goed voorbeeld van een

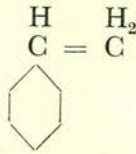
thermosetting-materiaal. De ongevulcaniseerde protheserubber wordt bij de verwarming gedurende het vulcanisatie-proces hard. Eenmaal hard geworden is het door verwarming niet meer goed plastisch te maken. De ons allen bekende inlay-was is wederom een voorbeeld van thermoplastisch materiaal; het wordt bij verwarming steeds zacht. Een ander voorbeeld van een thermosetting stof, is het eiwit van een kippenei. Het wordt bij koken hard en blijft verder hard. Met deze voorbeelden zullen beide begrippen: thermoplastisch en thermosetting wel duidelijk zijn. In het Hollandsch vertaald noemt men de thermosetting en thermoplastische harsen respectievelijk hardende en niet-hardende harsen. Hardende harsen, omdat deze harsen bij verhitting voorgoed hard worden. Niet-hardende harsen, omdat deze bij iedere verhitting weer zacht worden. In het ondervolgende zullen evenwel de termen thermoplastisch en thermosetting verder gebruikt worden.

Ongetwijfeld zal men zelf wel de opmerking gemaakt hebben, dat daar toch wel zeer verschillende stoffen moeten zijn bij die kunstharsen, als zij zich zoo verschillend gedragen ten opzichte van een eenvoudige verhitting. Inderdaad onder den algemeenen naam van kunsthars-prothesemateriaal dienen zich bij de tandheelkunde op het oogenblik stoffen aan van principiëel verschillende samenstelling en structuur en daardoor producten met geheel verschillende chemische, physische en mechanische eigenschappen.

Dit willen wij nu eens nader gaan bezien en daartoe stellen wij ons de vraag, wat is nu eigenlijk een kunsthars en hoe wordt het gemaakt?

Deze vraag beantwoorden wij dan door een eenvoudig geval van een kunsthars-vorming nader te gaan beschouwen.

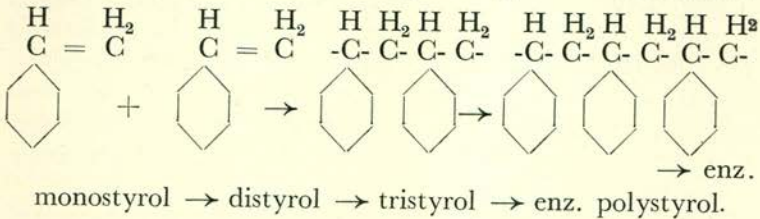
Kunstharsen van het Styrol-type, (zie oriënteerende tabel) worden gemaakt uit Styrol. Dit Styrol is een eenvoudige aangenaam ruikende, kleurlooze vloeistof (kookpunt 146°). Hoewel het voor technische toepassing langs chemischen weg wordt gemaakt, komt het Styrol ook in de natuur voor en wel als bestanddeel van de Styrax. Dit is het afscheidingsproduct van een plataan-soort, de Liquidambar-Orientalis. De chemische structuurformule voor Styrol is:



Een benzolkern met een dubbelgebonden CH₂ groep.

Dit Styrol nu heeft de eigenschap om bij een langdurige verhitting over te gaan in een glasheldere, harde massa. Het verharst zich, of zooals de chemie dat noemt, het polymeriseert zich. Bij zoo'n langdurige verhitting wordt de vloeistof aanvankelijk iets visceuser, vervolgens zacht plastisch om ten slotte na voldoende lange verhitting over te gaan in een glasheldere massa, die na afkoeling hard is. Als men bij wijze van spreken aan deze massa een tandvleeschkleurige kleurstof had toegevoegd, dan zou men een kunstharsprothese-materiaal verkregen hebben, zooals er op onze oriënteerende tabel vermeld staan.

Hoe verloopt nu zoo'n verharsing, zoo'n polymerisatie chemisch. Daartoe beschouwen wij het volgende reactieschema:

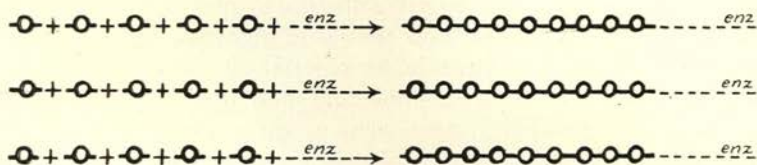


De Styrol-moleculen hebben de eigenschap zich aan elkaar te binden. Uit het monostyrol ontstaat het di-styrol, daaruit het tri-styrol, enz. enz. De enkelvoudige monostyrol-moleculen steken als het ware twee armen uit en gaan met elkaar lange ketens vormen. Steeds grooter worden die ketens van aaneen gekoppelde moleculen gedurende het polymerisatieproces. Er vormen zich dus gedurende de verharsing groote langgerekte ketenvormige moleculen. Als alle enkelvoudige monostyrol-moleculen gedurende de verhitting tenslotte een plaatsje gevonden hebben in zoo'n langgerekte ketenvormig molecule, dan is de polymerisatie afgelopen.

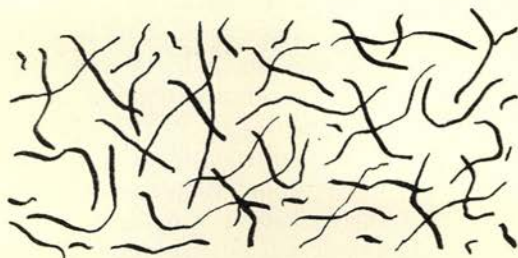
De langgerekte, ketenvormige moleculen van zoo'n Styrol-

hars leggen zich in groepen tegen elkaar aan en vormen zoodoende de franjevormige bouwstenen van het Styrolhars. Men kan de inwendige structuur van zoo'n harstype zeer vruchtbaar vergelijken met de structuur van een wattenprop, waarin de cellulosevezels van verschillende lengte schots en scheef door elkaar liggen.

Vorming van ketenvormige moleculen.

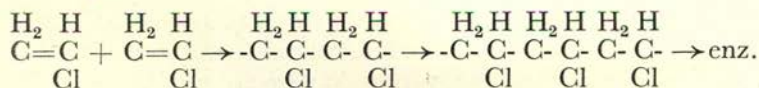


Moleculaire Structuur v. h. kunsthars met ketenvormige moleculen.



Evenals Styrol hebben natuurlijk ook andere chemische stoffen de eigenschap om zich op analoge wijze te verharsen. Zoo staat op onze oriënteerende tabel b.v. vermeld kunstharsen van het Vinyl-type. De harsen van dit type bouwen zich op uit eenvoudige Vinylverbindingen.

Wij zullen voor de duidelijkheid ook de vorming van dit harstype aan het eenvoudige reactie-schema nog eens even vervolgen.



mono-vinylchloride \rightarrow di-vinylchloride \rightarrow tri-vinylchloride
 \rightarrow enz. poly-vinylchloride.

Uit het monomeer, vinylchloride, ontstaat het polymeer, polyvinylchloride. Zooals U ziet, gaat de vorming van dit kunsthars-type geheel analoog aan de vorming van het zoo even besproken polystyrolhars. Wederom aaneenschakeling tot langgerekte ketenvormige moleculen.

En zoo zijn er nog meerdere stoffen, die zich op volkomen analoge wijze tot een kunsthars verharsen. Op onze oriënterende tabel stond ook vermeld het acryl-type kunsthars. Het monomeer, waaruit dit kunsthars-type zich opbouwt, is het acrylzuur. Om de zaak niet al te ingewikkeld te maken, zullen wij chemische formules en reactie-schema maar achterwege laten. Het acrylzuur-molecule gaat hier evenals bij de behandelde gevallen, twee armen uitsteken en zich tot langgerekte, ketenvormige moleculen vereenigen.

Recapituleeren wij het tot nu toe behandelde eens even. De kunstharsen van de hier genoemde typen ontstaan dus bij verhitting van enkelvoudige chemische stoffen, als monomeer, die zich polymeriseeren tot groote ketenvormige macromoleculen. (De term macromolecule spreekt wel voor zich zelf. Men duidt met het voorzetsel macro aan de groote moleculen, die bij de verharsing ontstaan). Ieder monomeer strekte twee bindingsarmen uit om zich aan de andere moleculen te binden. Hierdoor ontstaan langgerekte ketenvormige moleculen. De structuur van deze kunstharstypen kan men goed vergelijken met de structuur van een wattenprop.

Ik ga U er thans op wijzen, dat naast de kunstharsen met lange ketenvormige macromoleculen een tweede groep van kunstharsen bestaat met ronde bolvormige macromoleculen.

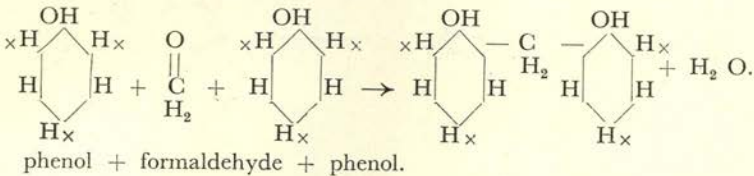
Vraagt men zichzelf maar eens af, wat er zal gaan gebeuren als een eenvoudige stof, die twee verbindingsarmen ter beschikking stelt, in reactie gaat treden met een stof, die in plaats van over twee nu eens over drie bindingsrichtingen beschikt. Het laat zich niet meer in het platte vlak van een bord teekenen wat er dan gebeurt. Maar men zal ongetwijfeld kunnen aanvoelen, dat het groote harsmolecule, dat aldus gevormd wordt en verder aangroeit, nu in alle richtingen, dus in drie demensies, aangroeit. Daardoor zullen bolvormige macro-moleculen ontstaan.

Een voorbeeld van zoo'n hars met bolvormige macromoleculen is het bekendste aller kunstharsen het Bakeliet.

Het zal den lezer misschien niet onbekend zijn, dat deze harssoort gemaakt wordt uit formaldehyde en phenol. Phenol-formaldehyde harsen noemt men ze dan ook wel.

Het Bakeliet harstype is een te belangrijke harssoort om niet even aandacht te vragen voor de chemische reactie, die aan de vorming van dit hars ten grondslag ligt.

De chemische koppelingsreactie tusschen phenol en formaldehyde zouden wij als volgt kunnen aangeven.



De met de kruisjes aangegeven H-atomen van de benzolkern in het phenolmolecule zijn alle in staat met het formaldehyde in reactie te treden. Een volledig reactieschema is dan niet meer in een plat vlak te teekenen. Ik zal U een poging om dit schematisch aan te geven besparen.

Voor ons doel is het slechts noodig, dat U inziet, dat hier ronde kogelvormige moleculen uitgroeien gedurende de verharingsreactie tegenover de ketenvormige lange moleculen bij de het reeds besproken harstype.

Een tweede verschilpunt met de eerst besproken verharingsreacties is het feit, dat er naast het harsmolecule ook water als reactieproduct ontstaat. De chemie noemt zoo'n reactie eigenlijk geen polymerisatie maar een condensatie. Wij zullen evenwel als algemeene term in het ondervolgende ook voor deze kunstharsvorming blijven spreken van polymerisatie.

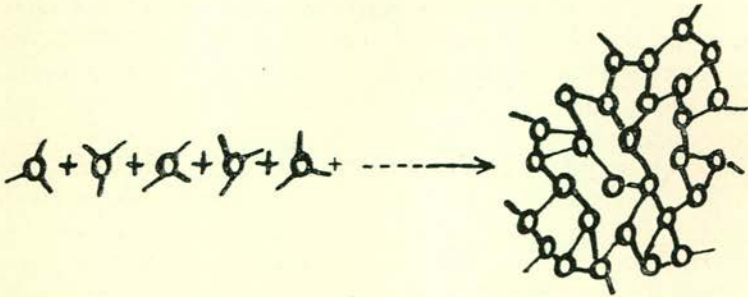
Op dezelfde wijze als phenol en formaldehyde kunnen natuurlijk ook andere stoffen met elkaar reageren. Zoo komt op de oriënteerende tabel voor kunstharsen van het glyptal-type.

Dit ontstaat door een soortgelijke reactie als tusschen phenol en formaldehyde, maar nu tusschen de stoffen glycerine en phtaalzuur-anhydride. Ook hier weer, omdat er een stof met twee grijpparmen reageert op een stof met drie grijpparmen

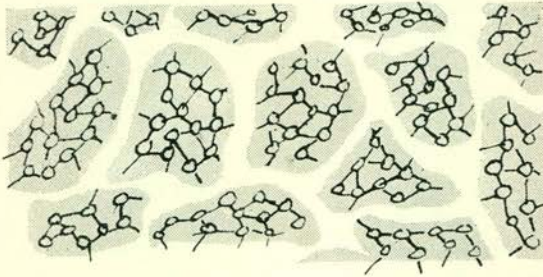
drie dimensionale groei van het macromolecule, dus ronde harsmoleculen.

Schematisch zouden wij de structuur van de kunstharsen met de ronde moleculen als volgt kunnen aangeven.

Vorming van ronde harsmoleculen.



Moleculaire structuur v. h. kunsthars, met ronde harsmoleculen.



Zoo hebben wij dus naast de harsen met langgerekt keten-vormige macromoleculen, die ontstaan uit monomeren met twee bindingsmogelijkheden (zoogenaamde 2.2.-Reactie), de kunstharsen leeren kennen met ronde macromoleculen, die ontstonden als een der reagerende moneeren drie of meer valenties ter beschikking stelde *).

*) Degenen, die meer omtrent de chemie van het kunsthars willen weten dan deze zeer korte en daardoor onvolledige uiteenzetting, worden naar de uitgebreide chemische literatuur over dit onderwerp verwezen. De beide volgende boeken kunnen daarbij van dienst zijn.
R. Houwink. Physikalische Eigenschaften und Feinbau von Natur und Kunstharzen (1934).
E. Dreher. Zur Chemie der Kunststoffe. (1939).

Met deze chemische uiteenzettingen is men nu een weinig georiënteerd in de chemische samenstelling van de kunst-harsen, zooals deze zich aan de tandheelkunde komen aanbieden.

Nu is het de taak van het materiaalonderzoek om de eigenschappen van deze stoffen na te gaan en in cijfers vast te leggen. En daarbij dan voornamelijk die eigenschappen, die voor de praktische toepassing waarde hebben. Een moderne richting in de algemeene materiaalkunde is nu echter veel bekoorlijker en ook doeltreffender dan het op allerlei manieren aan materialen trekken, drukken, buigen, enz. Men zoekt tegenwoordig veel meer het verband tusschen den structureelen opbouw van een materiaal en zijn eigenschappen.

Om dat duidelijk te maken nemen wij het volgende voorbeeld. Chemisch is natuurlijk de samenstelling van zoowel kunstzijde als van natuurzijde nagenoeg bekend. Nemen wij nu een eigenschap van de kunstzijde namelijk, dat kunstzijde-weefsels veel meer kreuken dan natuurzijdenweefsels. Men kan zoo'n eigenschap in cijfers vastleggen. Veel interessanter leerzamer en doelmatiger is de vraag te beantwoorden, hoe komt het dat kunstzijdenweefsels meer kreuken en is er als oorzaak van deze eigenschap een verschil aan te wijzen tusschen den structureelen bouw van de kunstzijde en van de natuurzijde. Een andere vraag. Cofferdam is een zoo prachtig hoog elastisch materiaal. Is er in den structureelen bouw van dit materiaal een en ander aan te wijzen, dat een verklaring kan geven van deze merkwaardige eigenschap.

Men gevoelt het doelmatige om dergelijke vragen te stellen en te beantwoorden. Heeft men immers eenmaal een bepaalde structuur van een stof als oorzaak kunnen aanwijzen van een bepaalde gewaardeerde eigenschap, dan kan men bij een andere stof deze bepaalde eigenschap verbeteren door de structuur van die stof in de aangegeven richting te verbeteren, of wel men kan voor zijn doel naar een andere stof zoeken, die de aangegeven structuur wel of althans in meerdere mate bezit.

Aan deze moderne ontwikkeling in de materiaalkunde is de naam verbonden van onzen landgenoot Dr. Ir. R. Houwink. Met zijn, in het Engelsch en het Duitsch verschenen boek

„Elasticity, Plasticity and Structure of Matter” verschenen in 1937, heeft deze schrijver zich een internationalen naam veroverd, door zijn baanbrekend werk op dit gebied. Het is vooral de groote vooruitgang op het gebied der experimenteele natuurkunde, die deze moderne, meer synthetische ontwikkeling in de materiaalkunde heeft mogelijk gemaakt.

Ik mag niet nalaten om eens te probeeren den lezer een klein inzicht te geven in deze zaken, omdat ik naar mijn stellige meening hierdoor het beeld van een materiaal als het kunsthars zeer kan verlevendigen.

Alle vaste stoffen, glas, ijzer, hout, kunsthars, enz. enz. verzetten er zich tegen, als men ze uit elkaar probeert te trekken. Om dit feit te kunnen verklaren, neemt men aantrekkende krachten aan tusschen de opbouwende structuureenheden van zoo'n vaste stof, tusschen de moleculen dus. Deze bindingskrachten tusschen de moleculen kan men verdeelen in primaire en secundaire bindingskrachten.

Een voorbeeld van een primaire bindingskracht is de bekende gewone chemische valentiekraft b.v. tusschen het natrium en het chloor in een eenvoudige verbinding als NaCl, het keukenzout. Het positief geladen Na-ion en het negatief geladen Chloor-ion trekken elkaar wederzijds aan door een electrostatische kracht (electrostatische valentietheorie van K o s s e l). Als men een NaCl-kristal uit elkaar probeert te trekken, krijgt men met deze bindingskracht te doen. Wetenschappelijk uitgedrukt noemt men dit een heteropolaire binding. Zoo'n binding is stevig, d.w.z. de moleculen zijn elkaar op zeer dichten afstand genaderd en men moet veel energie toevoegen om zoo'n binding te verbreken.

Een tweede soort van primaire bindingskracht draagt den naam van homoöpolaire binding. Als voorbeeld hiervan kunnen wij noemen de bindingskracht tusschen twee metaalmoleculen b.v. tusschen twee zinkmoleculen in een zink-eenhedskristal. (Theoretisch is dit voorbeeld niet geheel en al juist, maar voor ons doel kan het gelden). Ook deze binding is stevig, de moleculen zijn elkaar wederom dicht genaderd en het kost veel energie om ze van elkaar te krijgen. Men zou dit door trekken kunnen doen, dus door mechanische energie, maar ook door warmte-toevoeging, dus door warmte-

energie. In de smeltwarmte van de stoffen vindt men min of meer een quantitative uitdrukking van den energie-inhoud der bindingskrachten. Over den aard van de homoöpolaire binding bestaan meerdere theorieën. Het is niet noodzakelijk voor ons daar hier op in te gaan, het zou bovendien te ver van ons onderwerp voeren.

Nu de secundaire bindingen. Deze kenmerken zich door een veel geringeren energie-inhoud. De moleculen zijn elkaar onderling niet zoo dicht genaderd. Het kost veel minder energie, mechanische of warmte-energie om deze secundaire bindingen te verbreken. Voorbeelden van secundaire bindingen vindt men veel in de colloïd-chemie. Een gelatinegel b.v. wordt door secundaire bindingskrachten in zijn amorf vasten toestand gehouden. De krachten, die in zeer visceuze vloeistoffen tusschen de moleculen der vloeistof onderling heerschen, waardoor de viscositeit veroorzaakt wordt, zijn secundaire bindingskrachten. Sterkere secundaire bindingen, dus met grooteren energie-inhoud kunnen ook in kristallijne stoffen voorkomen. Om in dit korte bestek de vijf verschillende soorten van secundaire bindingskrachten uiteen te zetten, zou de duidelijkheid van het betoog niet ten goede komen.

Men onthoude uit deze uiteenzettingen voor ons doel slechts, dat primaire bindingen stevig zijn, secundaire bindingen daarentegen veel minder energie, mechanische of warmte-energie, vereischen om verbroken te worden.

Het voorkomen nu en de verdeling van primaire en secundaire bindingen in een willekeurig materiaal bepalen o.a. zoowel de mechanische eigenschappen (trekvastheid, elasticiteit, drukvastheid, brosheid, etc.) als b.v. het gedrag tegenover warmte-toevoeging, dus bij verhitting, van het beschouwde materiaal.

Zoo b.v. hangen de slijtvlakken in kristallen met deze kwestie samen. De kristalvlakken in een kristal, waartusschen de moleculen elkaar aantrekken met secundaire bindingskrachten, slijten eerder van elkaar dan de kristalvlakken in het kristalrooster, waartusschen primaire krachten heerschen.

Van de smeerende werking b.v. van een stof als grafiet tegenover de hardheid van het aan grafiet zeer nauw ver-

wante diamant kan men zich een verklarend inzicht vormen, als men de verdeeling van de primaire en secundaire bindingen in het kristalrooster van grafiet in beschouwing neemt. Een dergelijke kwestie komt ook de aandacht vragen bij de bestudeering van tandpasta's, aangaande de schurende of polijstende werking van de daarin voorkomende stoffen.

Nemen wij, om dit duidelijk te maken, eens de drie minerale stoffen, kwarts, glimmer en asbest tot voorbeeld. Kristallografisch en chemisch staan deze stoffen niet zoo heel ver van elkaar. Aan de hand nu van de in deze drie gekristalliseerde mineralen bestaande primaire en secundaire bindingen tusschen de kristalvlakken kan men zich een inzicht vormen van het feit, dat kwarts zeer hard is, het glimmer, zooals mica in platte plaatjes afschilfert en het asbest een vezelvormige structuur krijgt bij verwerking.

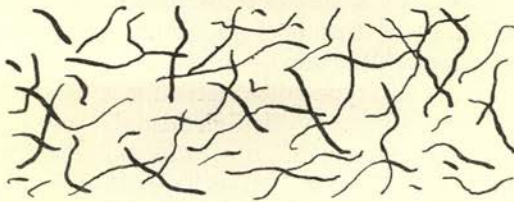
Maar keeren wij nu eens met onze primaire en secundaire bindingskrachten terug naar de kunstharsen.

In de lange ketenvormige macromoleculen van het Styrolhars zijn alle monostyrolmoleculen door stevige primaire bindingen aan elkaar verbonden. Maar langs zoo'n lange Styrolketen zijn geen primaire bindingsmogelijkheden meer over. Deze lange kunsthars-macromoleculen kunnen zich overdwars slechts met elkaar door zwakkere secundaire bindingskrachten verbinden. Wat brengt dit nu met zich mede? Dat bij verhitting van zoo'n hars deze secundaire bindingen tusschen de moleculen gemakkelijk verbroken kunnen worden. De moleculen kunnen dan langs elkaar heen gaan schuiven, de stof wordt dan plastisch. Thermoplastisch dus, want door verwarming is de stof plastisch te maken. Ook uitwendige mechanische krachten hebben merkbaren invloed op de zwakkere secundaire bindingen tusschen de moleculen onderling. Zelfs bij lagere temperaturen b.v. bij de mondtemperatuur kan een aanhoudende mechanische kracht deze zwak verbonden macromoleculen wat langs elkaar heen doen schuiven. Dit harstype vertoont dan ook de eigenschap van koud vloeien. Als prothesemateriaal gebruikt, beteekent dit, dat het thermoplastische harstype onder den voortdurenden invloed van den kauwdruk kan gaan wegvloeien, dus niet volkomen vormbestendig is in den mond.

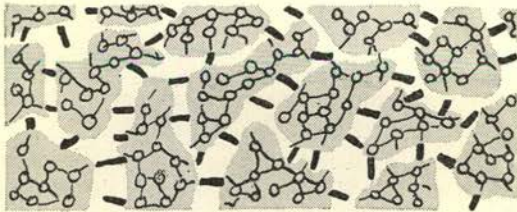
Een voordeel evenwel in mechanisch opzicht van dezen structueelen bouw is, dat deze thermoplastische kunstharsen niet zoo bros zijn. Bij een plotselingen sterken mechanischen stoot kunnen de niet zoo stevig gebonden macromoleculen wat gaan uitwijken en daardoor met een gunstigere drukverdeeling in het materiaal zoo'n heftigen stoot opvangen zonder direct te breken.

Nu het andere harstype, dat wij hebben leeren kennen, namelijk de harsen met de bolvormige drie-demensionale macromoleculen. Hier ligt de zaak met de primaire en secundaire bindingen anders. Aan het geheele oppervlak van zoo'n bolvormig macromolecule komen primaire bindingsmogelijkheden voor. Groeien tijdens de verharsingsreactie dergelijke ronde macromoleculen tegen elkaar aan dan worden deze macromoleculen door stevige primaire krachten aan elkaar gebonden. Aan het einde der verharsingsreactie zijn dan ook alle macromoleculen door stevige primaire bindingen aan elkaar gekoppeld, zij vormen tezamen als het ware een groot molecule. (Zie onderstaande figuur.)

GEEN primaire bindingen tusschen de moleculen
NIET hardende harsen (thermoplastisch)



WEL primaire bindingen tusschen de moleculen
hardende harsen (thermosetting)



En, de lezer heeft deze conclusie wel reeds zelf getrokken: bij verwarming is de toegevoegde warmte-energie niet meer in staat deze stevige primaire bindingen te verbreken. Deze harsen zijn dan ook niet meer plastisch te maken, het zijn de thermosetting-harsen.

Ook voor de mechanische eigenschappen heeft deze structuur zijn consequenties. Dit harstype is veel vormbestendiger in den mond, het vloeit niet onder den kauwdruk. Daar tegenover staat evenwel het feit, dat een plotselinge, heftige stoot door een verschuiving der stevig gebonden moleculen niet zoo goed kan worden ontgaan, het thermosetting harstype is bros.

Nu zullen wij even kort recapitulereen, hetgeen wij omtrent de structuur der kunstharstypen schreven.

Bij de harstypen met de langgerekte ketenvormige macromoleculen waren slechts de zwakkere secundaire bindingsmogelijkheden over. Door verwarming zijn deze zwakkere verbindingen te verbreken, waardoor dit harstype plastisch wordt, thermoplastisch dus. Ook uitwendige mechanische krachten hebben meer invloed op de zwakkere secundaire bindingen tusschen de macromoleculen. Dit harstype kan door den voortdurenden kauwdruk van vorm veranderen. Een voordeel is, dat dit harstype niet bros is.

Daartegenover staan de thermosetting-harsen met sterke primaire bindingen tusschen de macromoleculen. Door warmtewerking zijn deze stevige bindingen niet meer te verbreken. Wel is dit harstype vormbestendiger, tegen den kauwdruk, maar het is bros. (Volledigheidshalve zij er even op gewezen, dat er harstypen zijn, die bolvormige macromoleculen hebben, die zich evenwel niet door primaire bindingskrachten vereenigen. Hierdoor wordt veroorzaakt dat deze harstypen niet thermosetting zijn maar thermoplastisch blijven. Deze harstypen komen niet voor toepassing als prothese-materiaal in aanmerking en blijven daarom hier verder buiten bespreking).

Thans gaan wij ertoe over om de meer practische vraagstukken van het kunsthars als prothese-materiaal eens met elkaar te bespreken. Een lezerskring van practiseerende tandartsen zal daarvoor uit den aard der zaak de meeste belang-

stelling hebben. Het inzicht in de chemische samenstelling en de structuur van het kunsthars, dat in het tot nu toe behandelde is gegeven, zal naar mijn meening evenwel van veel nut blijken te zijn, om deze praktische vraagstukken meer in onderling verband en daardoor doeltreffender te kunnen bespreken.

De kernvraag, waarom het bij de praktische toepassing van kunsthars als prothese-materiaal gaat is de vraag, of de goede oude rubberprothese het zal moeten gaan afleggen tegen deze nieuwe leden in de familie der tandheelkundige materialen. Zal deze deftige oude heer Rubber met zijn dege-lijke duffelsche jas en met zijn adelsbrieven nog stammende uit den tijd, dat de tandarts zelf zijn prothese opstelde, stopte, vulcaniseerde en afwerkte, zal deze trouwe dienaar der tandheelkunde in het museum geholpen worden door het jeugdige overmoedige kunsthars? Zullen komende tandartsen-generaties voor zoo'n museumvitrine komen te staan, meewarig het hoofd schuddend over het feit, dat men zulke leelijke dingen vroeger in den mond van den patiënt stopte? Deze vragen zullen wij eens nader gaan bezien.

Het kunsthars treft de rubber wel in zijn zwakste punt, namelijk het zeer onvoldoende cosmetische effect, dat met een rubberprothese te bereiken is. Een onbetwistbaar winstpunt voor het kunsthars is het bijna ideale cosmetische uiterlijk van een kunstharsprothese. Hoezeer daarmee in een groote behoefte in de tandheelkunde wordt voorzien, blijkt wel uit het optimisme, dat zich nog maar weinig heeft laten bekoelen door de vele en ernstige teleurstellingen, die met het kunsthars als prothese-materiaal tot nu toe is opgedaan. Over de duurzaamheid van het cosmetische uiterlijk komen wij straks te spreken.

Als tweede winstpunt voor het kunsthars mag zijn betere verdraagzaamheid tegenover het mondslijmvlies genoemd worden. In een recente publicatie van Dr. B. R. S t r o c k (D.Z.W. 1939, blz. 51), een publicatie die met de Millerpreis voor 1938 werd bekroond, wordt betoogd, dat door rubberprothesen veel meer pathologische afwijkingen van het mondslijmvlies worden veroorzaakt, dan men gewoonlijk wel aan-

neemt. Deze veelvuldig voorkomende door de rubber veroorzaakte hyperaemiën en stomatitiden (*contagrosa circumscripta*) komen volgens de klinische proeven van Dr. Strock bij kunstharsprothesen niet voor. Ook van Amerikaansche zijde komen berichten over de betere verdraagzaamheid van kunstharsprothesen o.a. Kimball (J.A.D.A. 1938, blz. 247), die het phenol-formaldehydehars in dit opzicht vooral vindt excelleeren. Bekijkt men naast elkaar de meer ingewikkelde chemische samenstelling van protheserubber met zijn vulstoffen en kleurstoffen, waaronder soms kwikverbindingen, en de meer indifferente chemische samenstelling van prothesekunsthars, dan is de betere verdraagzaamheid van het kunsthars tegenover het mondslijmvlies wel aannemelijk.

Tot deze betere verdraagzaamheid zal ongetwijfeld ook het derde winstpunt voor het kunsthars bijdragen, namelijk de betere hygienische eigenschappen. Rubber is poreus en doordrenkt zich met mondvoeistof. Dit heeft een tē bekend gevolg, dan dat er hier nog een onsmakelijke beschrijving van gegeven behoeft te worden. De chemische bouw en de structuur van het kunsthars garandeeren een minder poreusheid en een geringer water absorptie-vermogen. In vele publicaties kan men cijfermateriaal van genomen proeven vinden om deze feiten te bevestigen. Hierdoor blijven deze materialen zuiverder in den mond.

Het vierde winstpunt boekt het kunsthars met zijn smakeeloosheid. Hierover zullen wij even moeten spreken, want enkele lezers betrappen zich reeds op de neiging een kampfersmaak te gaan proeven. Een groot misverstand is hierbij in het spel. De kampfersmaak is namelijk niet afkomstig van kunsthars-materialen maar van sommige der celluloseproducten (o.a. het oude Hekolith), die men aanvankelijk als prothese-materialen heeft probeeren te gebruiken. De groote teleurstellingen, die deze cellulose-materialen hebben gebracht, worden ten onrechte tegenwoordig vaak ook nog aan het kunsthars verweten. Kunstharsen en de cellulosekunststoffen verschillen chemisch en structueel van elkaar als b.v. glas en hout van elkaar verschillen. Deze cellulosekunststoffen deugen niet als prothese-materiaal, hierover is men het allen in de literatuur eens. (Op het oogenblik worden

hier in Holland nog een tweetal cellulose-materialen aan de markt gebracht. Zoowel het tandtechnische laboratorium, die deze materialen invoert, als de verbruikers van deze materialen, dienden zich om verdere teleurstellingen te voorkomen in de literatuur even hierover te oriënteren).

Kunsthars als prothese-materiaal is inderdaad smakeloos. Van de rubber kan dat niet gezegd worden. Een nieuwe rubberprothese ruikt naar zwavelwaterstof en een gedragen rubberprothese krijgt een meer individueel luchtje.

Een vijfde winstpunt voor het kunsthars zou de grootere zuigkracht zijn, die men met kunstharsprothesen kan bereiken. Dit is een punt, dat van Duitsche zijde naar voren wordt gebracht. Men schrijft het toe aan het gladdere oppervlak van de prothese aan de binnenzijde. Een korreltje zout is misschien hier niet overbodig. In de eerste plaats kan ook de rubberprothese aan de binnenzijde glad gemaakt worden o.a. door tinfoliebekleding van het gipsmodel, en ten tweede stelt men in Duitschland de rubber, die men importeeran moet, op het oogenblik gaarne in verdenking, waarbij dan de wensch mogelijk de vader van de gedachte kan worden. Maar hoe dit ook zij, laten wij aannemen, dat er in het kunsthars als prothesemateriaal een tendens is, die voor het bereiken van een goede zuigkracht wat gunstiger is dan bij de rubber. Zeker is in ieder geval, dat het kunsthars tot de prothesematerialen behoort met het laagste s.g. Dit is natuurlijk een voordeel voor bovenprothesen, voor onderprothesen kan men een te licht materiaal, indien noodig, altijd verzwaren.

Dit waren dus vijf winstpunten voor het kunsthars. Zij hebben met elkaar gemeen, dat zij voor alle besproken kunstharsstypen gelden. Verder zouden wij deze vijf winstpunten alle van min of meer biologischen aard kunnen noemen, namelijk hygienisch, verdraagzaam voor het slijmvlies, grooter zuigkracht, smakeloos en cosmetisch. Ongetwijfeld zijn deze winstpunten van groote waarde.

Na deze winstpunten voor het kunsthars zullen wij er thans toe overgaan de volgende punten in beschouwing te nemen, om ons verder een oordeel te kunnen vormen over de toepassing van het kunsthars als prothesemateriaal. Deze punten zijn dan: de mechanische eigenschappen, de duur-

zaamheid en de verwerkingstechniek, onder welk laatste punt repareerbaarheid en „rebasings”-mogelijkheid ter sprake komen.

Ik wil dan beginnen met de verwerkingstechniek, omdat fouten, die hierbij gemaakt kunnen worden, invloed kunnen hebben zowel op de duurzaamheid als op de mechanische eigenschappen van een kunstharsprothese.

Wij moeten ons nu de vraag stellen in welken vorm leveren de fabrikanten hun kunstharsen ter verwerking aan de tandheelkunde af. Dit nu hangt af van het harstype, waartoe het kunsthars behoort.

De thermoplastische harssoorten worden door de fabrikanten geleverd in platen voor onder- en bovenprothesen. Deze platen bestaan uit het volledig gepolymeriseerde kunsthars. Op nauwkeurig voorgeschreven temperaturen worden deze thermoplastische harsplaten plastisch gemaakt en in de voorgewarmde, goed uitgedroogde cuvetten geperst. Een zeer eenvoudige werkwijze dus. Echter het grootste bezwaar aan deze methode verbonden, is het gevaar voor het optreden van inwendige spanningen in de afgeleverde prothese. Wij wezen er reeds op, dat thermoplastische materialen niet bros te noemen zijn. Zijn er evenwel in dit materiaal inwendige spanningen aanwezig, dan kan bij een plotselinge stoot daardoor plaatselijk toch een te groote spanning optreden, zoodat het materiaal dan breekt. Plotselinge breuk schijnt dan ook bij de aldus vervaardigde kunstharsprothesen vaak voor te komen. Onnauwkeurige verwerking door het tandtechnisch laboratorium kan de frequentie van dergelijke ongelukken vermeerderen. Maar door een reeds gepubliceerd onderzoek van het Amerikaansche Bureau of Standards is komen vast te staan, dat in de platen, zooals zij door den fabrikant afgeleverd worden, dikwijls reeds inwendige spanningen aanwezig zijn. Zelfs bij de meest nauwgezette verwerking krijgt de techniker deze inwendige spanningen er dan niet meer uit.

Als men de ontwikkeling van de verwerkingstechniek der thermoplastische kunstharsen nagaat aan de hand van de in den laatsten tijd gegeven voorschriften, dan komt men tot de overtuiging, dat deze oude manier van persen als zijnde onbruikbaar gaat verdwijnen.

De fabrikanten gaan er toe over om het thermoplastische harstype in een anderen vorm aan de tandheelkunde af te leveren. Hier zit denkelijk ook nog een andere oorzaak achter.

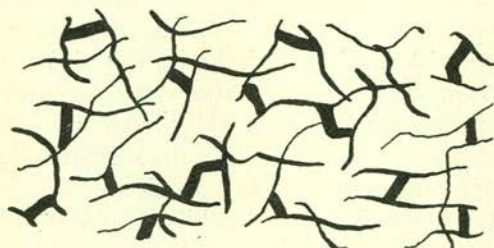
Thermoplastische harssoorten, die bij de verwerkings-temperatuur voldoende plastisch zijn om bij het persen goed rond de crampon en in de gaatjes der elementen te kunnen vloeien, zijn daardoor afgekoeld tot de mondtemperatuur ook nog te plastisch om den kauwdruk goed te weerstaan en daarbij niet langzaam te gaan vloeien.

Nu belanden wij in het gebied der fabrieksgeheimen, waarover in de literatuur natuurlijk niets te vinden is. Maar men kan aannemen, dat sommige fabrikanten hun afgeleverde kunstharsplaten van het nog niet volkomen gepolymeriseerde product zijn gaan maken. Deze platen zijn bij de verwerkingstemperatuur dan veel plastischer, zij vloeien dan ook beter bij het persen. Gedurende de verwarming en het persen polymeriseert het hars dan verder en eventueel wordt gedurende een korte of langere periode na het sluiten de cuvet nog op de hogere temperatuur gehouden, om de polymerisatie volledig te doen afloopen. Zodoende is men in staat minder plastische harssoorten toch goed rond de crampons en in de gaatjes te persen.

Nog een stap verder gaan de fabrikanten, die zoo'n nog niet volledig gepolymeriseerd hars massa verpoederen en als kunstharspoeder aan de tandheelkunde afleveren. (Weer een variatie hierop is het bijmengen van een plasticermiddel b.v. aceton, dat dan bij de verwerking wordt uitgedampt).

In dit verband ben ik wel verplicht te wijzen op een leemte, die ik nog in onze kennis over de thermoplastische harsen liet. Als men tusschen de lange ketenvormige macromoleculen van het thermoplastische hars door bepaalde chemische reacties eens wat primaire bindingen zou kunnen aanbrengen, dan wordt zoo'n harssoort wel minder gauw plastisch bij verwarming, maar weerstaat in den mond den kauwdruk veel beter. Inderdaad kent de kunsthars-chemie reeds dergelijke reactiemogelijkheden. Men bereikt dit o.a. door menging van twee verschillende harsen met elkaar. Mengpolymerisaten dus. Schematisch zou men de aldus verkregen structuur als volgt kunnen voorstellen:

Overgangstype tusschen hardend en niet hardend kunsthars
(meng-polymerisatie)



— (dikke lijnen) primaire bindingen

(Deze structuur gaat wat op de structuur van rubber gelijken).

De toepassing van thermoplastische harssoorten met een dergelijk structuur als prothesemateriaal is reeds werkelijkheid. Voor een dergelijk product moet men wel den poedervorm van het nog niet volkomen gepolymeriseerde product (of bijmenging van een plasticermiddel) als handelsvorm gebruiken.

Een geheel andere oplossing van het persproces gaf een fabrikant, die een injectie of spuitmethode invoerde. Hierbij wordt het voorgewarmde nog niet volledig gepolymeriseerde kunsthars als het ware onder voortdurenden druk in de cuvet gespoten. In het algemeen wordt deze methode door de tandtechnische laboratoria gunstig beoordeeld. Inderdaad hebben op dergelijke manier vervaardigde prothesen geen inwendige spanningen.

Men kan vaststellen, dat zowel de poedervormmethode als de injectiemethode voor de verwerking van thermoplastische kunstharsen als een goede vooruitgang zijn te waarmaken tegenover de oude methode, waarbij de prothesen uit volledig gepolymeriseerde kunstharsplaten werden geperst.

Thans komt de verwerkingstechniek der thermosettingharsen onze aandacht vragen.

De fabrikanten kunnen deze harssoorten natuurlijk niet

in hun volledig gepolymeriseerden vorm afleveren. In dien vorm zijn immers thermosettingharsen niet meer plastisch te maken en zouden dus onverwerkbaar zijn.

De kunstharschemie onderscheidt bij het kunsthars drie achtereenvolgende toestanden, de A-toestand, de B-toestand en de C-toestand. In de A-toestand is de polymerisatie nog zoo weinig op gang, dat het materiaal nog vloeibaar is. De B-toestand is een overgangsstadium, de massa is dan bij gewone temperatuur wel hard maar kan door verhitting nog plastisch gemaakt worden, (de macromoleculen zijn nog niet tegen elkaar aangegroeid, isogel toestand). In den C-toestand tenslotte is het hars volkomen gepolymeriseerd (de macromoleculen zijn aan elkaar gegroeid en stevig gebonden, het hars is niet meer plastisch te maken).

Het thermosettinghars nu wordt door de fabrikanten gewoonlijk in den B-toestand afgeleverd en dan meestal in gepoederden vorm of gemakkelijk te verpoederen vorm. Door verhitting kan men de kunsthars-massa in dezen toestand smelten of samen laten sinteren tot een voor het persen in de voorgewarmde cuvet bruikbare plastische massa. Gedurende het smelten (of samensinteren) en ook gedurende het persen polymeriseert het kunsthars zichzelf verder. Ook moet na afloop van het persen de cuvet nog eenigen tijd op een voorgeschreven hooge temperatuur gehouden worden om de polymerisatie verder te beëindigen. Een soort van vulcanisatie dus. De verwerking van het thermosettingkunsthars is door dit alles ingewikkelder en lastiger voor den techniker. Het biedt daarbij grootere mogelijkheden voor het maken van fouten. Daarbij komt nog, dat het bij de meeste dezer thermosetting-harssoorten niet mogelijk is, om ze op het onbeschermde modelgips te verwerken. De chemische polymerisatiereactie, die nog ingevoerd moet worden, maakt de verwerking veel subtieler. Door bekleeding met tinfoil, aanbrenge van lakken of langs galvanischen weg, moeten dan deze harssoorten tegen het in aanraking komen met het modelgips worden beschermd. Ook dit maakt de verwerkingstechniek er niet gemakkelijker op. Toetreding van ook maar de geringste hoeveelheid waterdamp gedurende de verwerking bederft dit materiaal. Heel veel mislukkingen met dit materiaal

zijn toe te schrijven aan fouten gemaakt bij de verwerking. Dat hierbij de fout niet altijd bij het tandtechnisch laboratorium ligt, bracht eveneens de reeds genoemde publicatie van het Bureau of Standards naar voren. Gedurende de verzending en het langdurig bewaren kan dit hars in zijn B-toestand zichzelf langzaam verder polymeriseeren. En dan klopt het ingesloten verwerkingsvoorschrift niet meer wat betreft tijdsduur en hoogte der verhitting. Vooral verkleuringen of te spoedige verkleuring in den mond zijn de nadeelige gevolgen hiervan.

Bij het doorwerken van de tandheelkundige literatuur over deze materialen wordt men getroffen door een zekere antithese thermoplastisch contra thermosettinghars, een strijdvraag dus welke van deze beide harstypen als prothesemateriaal het beste zal blijken te zijn. Nu is de literatuur altijd iets ten achter op hetgeen de fabrikanten reeds brengen. Ik meen te mogen vaststellen, dat deze antithese zich aan het oplossen is in een soort compromis tusschen beide harssoorten, namelijk in de thermoplastische harsen, waarin men, wij bespraken het reeds, wat primaire bindingen tusschen de macromoleculen heeft kunnen aanbrengen, in de mengpolymerisaten dus. (Vooral mengpolymerisaten van Acrylhars treden in den laatsten tijd op den voorgrond.)

Het gaat er bij deze antithese thermoplastische thermosetting voornamelijk om, welk kunstharstype heeft de beste mechanische eigenschappen als prothesemateriaal. Kenmerkende mechanische eigenschappen voor beide harstypen heb ik reeds uiteengezet. De thermoplastische harsen hebben meer neiging tot vloeien en zijn minder bros, de thermosettingharsen zijn meer vormbestendig, maar wat bros. Daartusschen staat dan, laat ik het noemen, het overgangstype, het thermoplastische hars met wat sterkere bindingen tusschen de macromoleculen.

Om den lezer niet te vermoeien met een poging om precies te formuleeren aan welke mechanische eigenschappen een prothesemateriaal moet voldoen, wil ik volstaan met de volgende verwachting uit te spreken aangaande de mechanische eigenschappen van het kunsthars als prothesemateriaal. Het is naar mijn meening verantwoord om te constateeren,

dat men er in zal slagen aan bepaalde kunstharstypen dusdanige mechanische eigenschappen mee te geven, dat het kunsthars ons de rubber ook op dit gebied kan doen vergeten. Ik durf zelfs iets verder te gaan, want misschien zijn er reeds op het oogenblik kunstharsmerken aan de markt, die aan deze verwachting al voldoen, maar nog te kort in practisch gebruik zijn om ons daarvan te kunnen overtuigen.

Of deze gunstige prognose ook kan worden gesteld betreffende repareerbaarheid en rebasingmogelijkheid is niet zoo zeker. De stand van zaken op het oogenblik is aldus. De thermoplastische materialen bieden op dit gebied iets meer mogelijkheden dan de thermosetting-materialen, waarbij slechts kleine reparaties mogelijk zijn. De injectiemethode, waarover wij bij de verwerking van de thermoplastische materialen even spraken, schijnt nog de gunstigste mogelijkheden op dit gebied te geven. Het optreden van inwendige spanningen in de gerepareerde of „unterfuterte” prothese is evenwel niet denkkeelig. Zeker is, dat men een gerepareerde of „unterfuterte” kunstharsprothese op het oogenblik nog niet met hetzelfde geruste gevoel bij den patiënt kan plaatsen als een gerepareerde of „unterfuterte” rubberprothese.

Als laatste punt zullen wij thans de duurzaamheid van het kunsthars als prothesemateriaal eens bezien. Onder de duurzaamheid willen wij hier verstaan den levensduur van het fraaie cosmetische effect van deze materialen, hetgeen wij de cosmetische duurzaamheid zouden willen noemen. Deze cosmetische duurzaamheid van het kunsthars als prothesemateriaal is tot nu toe absoluut onvoldoende te noemen. Helaas moet geconstateerd worden, dat deze nieuwe materialen, het eene meer het andere minder, in den mond verbleken en verkleuren tot een groezelig uiterlijk, waarmede het cosmetische effect volkomen verloren gaat. Om dit feit te bevestigen staan de ervaringen ten dienste der practiseerende tandartsen en der tandtechnische laboratoria.

Cosmetische duurzaamheid is echter een eisch, die men alleen aan deze nieuwe prothesematerialen kan stellen, omdat de oudere prothesematerialen als rubber, goud, staal in het geheel geen cosmetische waarde bezitten. De frêle schoonheid van een beeldschoone mannequin in een droom van een

avondtoilet is nu eenmaal minder bestand tegen een woeste hagelbui dan het stoere uiterlijk van een verweerden landarbeider. En om deze beeldspraak maar eens te vervolgen, met een woeste hagelbui kan men de omstandigheden in den mond in dit verband wel vergelijken. Het warme, vochtige milieu van de mondholte, waar zich vele biochemische processen afspelen en waarlangs een groote verscheidenheid van voedings- en genotmiddelen een weg vinden, stelt zeer hooge eischen aan een materiaal om het fraaie uiterlijk te kunnen bewaren.

In de tandheelkundige literatuur is niets te vinden omtrent het wezen der verkleuring van kunstharsprothesen in den mond. Wel vindt men aangegeven, dat de klassieke ultra violet-proef om een materiaal op kleurvastheid te onderzoeken niets zeggend is voor het gedrag van zoo'n materiaal in den mond. Kunstharsen, die de ultra violet-proef zeer goed doorstonden, verkleurden soms in den mond het meest. Ook vindt men in de literatuur aangegeven, dat fouten in de verwerkingstechniek tot gevolg kunnen hebben verkleurde of in den mond spoedig verkleurende prothesen. Verder verkleuren thermosetting kunstharsen meer dan de thermoplastische kunstharsen.

Aan de toonprothesen, die in onze kasten bewaard worden, kunnen wij zelf waarnemen, dat buiten den mond deze materialen onbeperkt cosmetisch fraai blijven. De geabsorbeerde mondvlloeistof moet dus wel als de oorzaak van het verkleuren worden aangewezen.

Kunstharsen hebben de eigenschap om een weinig water tusschen hun moleculen te absorbeeren. Hoe hebben wij het ons nu voor te stellen, dat de geabsorbeerde mondvlloeistof de kleurstof in het kunsthars aangrijpt. De geabsorbeerde mondvlloeistof kan het kleurpigment uitwasschen, dan wel bemiddelend werken om de kleurstof met de kunstharsmoleculen in reactie te doen treden, of bij kernkleuringen b.v. kan de mondvlloeistof het gevormde molecule helpen afbreken. Het is weer een Specialisten-gebied op zichzelf deze kleurstof kwestie en wij zullen er ons niet verder in verdiepen.

Wij herhalen nogmaals, dat de cosmetische duurzaamheid van het kunsthars als prothesemateriaal tot nu toe nog hoogst

onvoldoende is. Dit is het zwakste punt van het kunsthars als prothesemateriaal. (Gaarne willen wij hier nog een mogelijk voorbehoud maken voor enkele der nieuwste merken, die nog te kort aan de markt zijn om rechtvaardig beoordeeld te kunnen worden). Waarschijnlijk is de kleurstof-kwestie wel het moeilijkste vraagstuk, dat opgelost moet worden om het kunsthars tot een ideale prothese grondstof te maken.

Resumeeren wij thans, hetgeen wij over de toepassing van het kunsthars als prothesemateriaal bespraken.

Vijf winstpunten kenden wij het kunsthars toe boven de rubber, te weten: weefselverdraagzaamheid, hygiëne, cosmetisch effect, zuigkracht en smakeloosheid.

Een gelijk spel zouden wij aan kunsthars en rubber willen geven wat betreft de mechanische eigenschappen, althans voor de toekomst.

Kleurvastheid (cosmetische duurzaamheid) van het kunsthars is onvoldoende. Dit punt evenwel onder aanteekening, dat andere prothesematerialen vrijwel geen cosmetische waarde hebben.

Verwerkingstechniek, reparatie en unterfuterungsmogelijkheden zijn verliespunten voor het kunsthars. (Wat betreft de verwerkingstechniek kan echter b.v. de poeder-persmethode reeds met succes tegenover het stoppen van een rubberprothese gesteld worden, in eenvoud van bewerking en benodigde apparatuur.

Ik wil met eenige algemeene opmerkingen eindigen.

Men mag vaststellen, dat de tandheelkunde groote behoefte heeft aan een fraai cosmetisch prothesemateriaal, waarvoor het kunsthars een zekere belofte in zich draagt.

Het kunsthars is een materiaal, dat zich geheel buiten de tandheelkunde om ontwikkelt. Groote chemische wereld-concerns met hun machtige onderzoek-organisaties werken aan de verbeteringen van het kunsthars in het algemeen. Van dit onderzoek zal ook het tandheelkundige kunsthars voor zijn verdere ontwikkeling de groote voordeelen plukken. In dit opzicht staat het kunsthars er veel gunstiger voor dan de materialen, die uitsluitend voor de kleine tandheelkundige markt worden vervaardigd, zooals b.v. amalgamen en tand-

heelkundige cementen. Achter deze materialen staan uit den aard der zaak geen research-organisaties van dergelijke afmetingen.

Wat de eischen betreft, die men aan het kunsthars als prothesemateriaal moet stellen, zou ik het volgende willen opmerken. Gemakkelijke verwerkingstechniek en betere reparatie- en rebasingmogelijkheden moest men in het huidige stadium zeker niet op den voorgrond gaan stellen. Een schaap met vijf pooten is moeilijk te vinden. Een kunsthars met een werkelijk te garanderen cosmetische duurzaamheid zou reeds in een dusdanige behoefte voorzien, dat de tandheekunde daarvoor zeer dankbaar zou zijn.

Tot slot de vraag, hoe staat het met het aantal der kunstharsprothesen, die tegenwoordig gemaakt worden tegenover het aantal rubberprothesen. Voor de beantwoording van die vraag richten wij ons naar Amerika. Dit land heeft de leidende positie wat betreft de tandheelkundige materialenkennis. Men schijnt daar nu eenmaal de gelden beschikbaar te hebben om specialisten, chemici, physici en technici, in groote laboratoria aan het werk te kunnen zetten voor het onderzoek van tandheelkundige materialen.

Op twee plaatsen in de Amerikaansche literatuur vindt men vermeld, dat bijna 30 % der volledige prothesen, die tegenwoordig vervaardigd worden kunstharsprothesen zouden zijn. Een opmerkelijk hoog cijfer. Over het cijfer hier te lande deelde een groot tandtechnisch laboratorium mij mede, dat ongeveer 7 % van de door dat laboratorium gemaakte volledige prothesen kunstharsprothesen zijn.

Met volle zekerheid mag men het nog wel niet vaststellen, maar zeer waarschijnlijk is het toch wel, dat de rubber in de toekomst een groot deel van het terrein aan het kunsthars zal moeten gaan afstaan. Met meer zekerheid zal hieromtrent een conclusie getrokken kunnen worden, als het groote onderzoek gepubliceerd zal worden, dat het Bureau of Standards in samenwerking met de A.D.A. naar het kunsthars als prothesemateriaal instelt. Deze publicatie zal volgens de berichten niet lang meer op zich laten wachten.

Ik ben er mij van bewust, dat ik van de aandacht der

lezers veel, zelfs zeer veel heb gevraagd. Ik heb getracht deze voor de meeste hunner zoo vreemde materie in een eenigszins genietbaren vorm te verwerken.

Kunsthars is een materiaal, dat wij als tandarts niet zelf verwerken. Het staat ons daarom niet zoo na als b.v. amalgaam of cement. Maar het kunsthars heeft nu eenmaal zijn intrede in de tandheelkunde gemaakt en zal ons wel niet meer verlaten.

Uit den aard der zaak ligt over dit nieuwe materiaal voor de meeste tandartsen de sluier der onbekendheid. Indien ik er wat in geslaagd mocht zijn iets van dezen sluier weg te trekken, dan acht ik mijn doel bereikt.
