

COMPOSITEN ALS RESTAURATIEMATERIALEN

H. LETZEL
J. R. DE WIJN

*Uit de afdeling
Conserverende Tandheelkunde
van de Katholieke Universiteit te Nijmegen.
Hoofd: Prof. A. J. van Amerongen.*

*Uit de afdeling
Tandheelkundige Materialen
van de Katholieke Universiteit te Nijmegen.
Hoofd: Prof. Dr. F. C. M. Driessens.*

1. Inleiding

Al zeer lang bestaat in de curatieve tandheelkunde de behoefte aan materialen, welke op een eenvoudige en snelle wijze verwerkt kunnen worden tot esthetisch verantwoorde tandheelkundige restauraties met een lange levensduur. Het is voldoende bekend, dat de traditionele materialen, vooral in esthetisch opzicht, geen van alle ideaal zijn.

Een materiaal, dat uitkomst scheen te bieden was polymethylmethacrylaat, hetwelk ongeveer 30 jaar geleden als restauratiemateriaal geïntroduceerd werd^{1, 2}. Het aanvankelijke enthousiasme, dat in de professie over het materiaal bestond, bleek echter, naarmate men de eigenschappen ervan en de klinische resultaten ermee behaald beter leerde kennen, om te slaan in een algemene veroordeling^{3, 4}.

De niet te ontkennen voordelen van polymethylmethacrylaat (de geringe oplosbaarheid in de mond en de, althans aanvankelijk, goede kleur en opaciteit) bleken niet op te wegen tegen de voornaamste nadelen (grote polymerisatiekrimping en thermische expansiecoëfficiënt en geringe sterkte en slijtvastheid).

De instabiliteit van de grondstoffen, vooral van de eerste commerciële producten en de dientengevolge slechte bewerkbaarheid en weinig constante klinische resultaten droegen evenmin bij tot de populariteit van het materiaal.

Maatregelen ter compensatie van deze nadelen, enerzijds van de fabrikant (verbeterde activator-systemen, toevoeging van vullers aan de grondstoffen) anderzijds van de tandarts (voorbehandeling met adhesieve caviteitvernissen en applicatie volgens Nealon⁵) bleken uiteindelijk niet te leiden tot reële verbeteringen van polymethylmethacrylaat als restauratiemateriaal.

De oorzaak van de slechte klinische resultaten moet voornamelijk gezocht worden in een onvoldoende adaptatie van de kunsthars ten gevolge van de polyme-

risatie-krimping en hoge thermische expansiecoëfficiënt, waardoor er gelegenheid is tot percoleren van mond-vloeistoffen in de spleet tussen restauratie en caviteitwand⁶. Klinische verschijnselen als pijnklachten, secundaire cariës, losraken van de restauratie en verkleuringen van de marginale rand, de restauratie en het omringende tandweefsel, zijn in dit verband veelvuldig waargenomen.

Bij de bepaling van de geschiktheid van kunsthars als restauratiemateriaal wordt door sommigen (o.a. H. W. Gillmore⁷) op basis van een nauwgezet uitgevoerde applicatietechniek echter toch superioriteit geclaimd, ten opzichte van bijvoorbeeld silicaatcement.

Voor velen echter geldt polymethylmethacrylaat als een weinig betrouwbaar materiaal, waarschijnlijk doordat een juiste applicatietechniek moeilijk en tijdrovend is en daardoor zelden goed uitgevoerd wordt. Het materiaal heeft silicaatcement als restauratiemateriaal dan ook niet verdrongen. De enige gelegenheid, waarbij het helaas nog weleens geïndiceerd wordt is bij het vervaardigen van klasse IV-restauraties.

Pogingen om andere polymeren als polyamide, polyester (Cadurit), polystyreen en polycarbonaat als restauratiemateriaal in de tandheelkunde in te voeren bleken eveneens weinig succes te hebben.

Nevenresultaten van onderzoekingen naar adhesieve restauratiematerialen in de V.S., Duitsland en Japan en pogingen van de dental industrie de bestaande kunstharsen te verbeteren, leiden tot de ontwikkeling van enige materialen, welke onder de naam „composieten” de laatste tijd snel in populariteit toenemen. Aangezien dergelijke materialen wezenlijk van de oudere verschillen, misschien beter aan de eisen van een ideaal restauratiemateriaal kunnen gaan voldoen en

eventueel in aanmerking komen voor een groter indicatiegebied dan silicaatcement, is een uitvoerige bespreking hiervan gewenst.

2. Fysische en chemische grondslagen

Dat de kunststof restauratiematerialen (PMMA), zoals die in de jaren vijftig ter beschikking kwamen, in vele opzichten zouden teleurstellen, was eigenlijk, achteraf gezien, te voorspellen geweest.

Immers, de eigenschappen van polymeren in het algemeen zijn van dien aard, dat ze in het veel eisen stellende mondmilieu te kort schieten: wij noemen bijvoorbeeld de geringe slijtvastheid en hardheid, de in het algemeen lage stijfheid, het water- en daarmee kleurstoffen-absorptievermogen, de grote thermische uitzettingscoëfficiënt, het slechte warmte-geleidingsvermogen en, vaak, de toxiciteit van de monomeren en katalysatoren. Daartegenover staan echter enkele belangrijke factoren, die het gebruik van restauratiematerialen op kunststofbasis in principe aantrekkelijk maken: de mogelijkheid om een caviteit te vullen met een plastisch monomeer-polymeer mengsel, dat in situ polymeriseert tot een harde massa en vooral de in principe eenvoudig aan te passen kleur en opaciteit. De ideale thermische, mechanische en fysisch-chemische eigenschappen voor een tandweefsel vervangend materiaal zal men echter veeleer zoeken en vinden bij de glassoorten en keramische materialen als porselein, in het algemeen dus bij de anorganische materialen (silicaten). Het grote nadeel van deze materialen is echter, dat ze niet direct in de mond verwerkbaar zijn en als zodanig alleen toegepast kunnen worden via de bewerkelijke indirecte technieken (vergelijk porseleinen inlays).

Het ligt dan ook voor de hand om te zoeken naar een combinatie van de goede eigenschappen van kunststoffen en van die van de genoemde anorganische materialen. Chemische en/of fysische combinatie van eigenschappen komt vaak neer op mengen van verschillende stoffen en dat is dan ook het concept van tandheelkundige composieten: mengsels van kunststoffen (aanvankelijk monomeren) en glas, kwarts, porselein e.d. Dus in het algemeen twee- of meefasige materialen.

In het volgende zullen wij de anorganische fase (kwarts, glas, porselein) de vulstof of „filler” noemen, waarmee de kunststof fase als het ware gevuld is, hoewel men met evenveel recht zou kunnen spreken van

de kunststof fase die als „bindmiddel” dient voor de anorganische fase. (Zie fig. 1.)



Fig. 1.

■ anorganische fase □ kunststof fase

Er van uitgaande dat er zoveel mogelijk van de goede mechanische en thermische eigenschappen van de vulstof aan het mengsel meegegeven moet worden, is het van belang te weten hoe een bepaalde eigenschap verloopt als functie van de relatieve hoeveelheden van de fasen die in het mengsel aanwezig zijn. Men kan het verloop van die eigenschap als functie van de mengsel-samenstelling uitzetten in een grafiek, die er in het geval van een tweefasig mengsel schematisch uitziet als in fig. 2 geschetst.

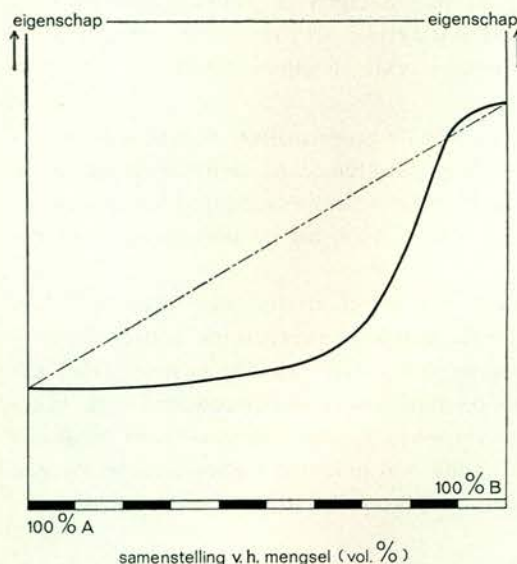


Fig. 2. Schematisch verband tussen eigenschap en samenstelling van een tweefasig mengsel.

De gestippelde lijn geeft het verloop van een bepaalde eigenschap, zoals te verwachten zou zijn in een homogeen mengsel, d.w.z. een mengsel, waarin de componenten op moleculaire schaal in elkaar verdeeld zijn. Het is te verwachten dat bij heterogene mengsels, zoals composieten, dit verloop niet zo gelijkmatig zal zijn. De getrokken lijn in fig. 2 geeft een verloop weer, zoals dat bij dit soort heterogene materialen vaak gevonden wordt. De verklaring ervan ligt, kwalitatief gezien, in het feit, dat bij de composieten, die hier besproken worden, een van de fases veelal in drie dimensies continue is, de matrix, terwijl de andere fase in die matrix als *eilandjes* is verdeeld; men noemt dit wel „matrix-eiland-menging”. Ook „matrix-matrix-menging” of „eiland-eiland-menging” is mogelijk, maar dit komt bij de hier beschouwde tandheelkundige composieten niet voor.

Een groot aantal eigenschappen van een composiet zal sterk afhankelijk zijn van de eigenschappen van de fase, die als *matrix* aanwezig is. Een voorbeeld hiervan is de treksterkte; bij het op trek belasten van een proefstaafje zal vooral de fase die door het hele staafje in drie dimensies continue aanwezig is, dus de matrixfase, belast worden.

In het geval van thermische uitzetting wordt de totale verlenging van het proefstaafje weer vooral bepaald door de uitzetting van die fase, die in drie dimensies door het hele staafje aanwezig is, dus door de matrixfase.

Gaat men uit van een éénfasige stof A, waarvan de eigenschap een bepaalde waarde heeft (zie fig. 2) en wordt daar een kleine hoeveelheid van een tweede fase, stof B, die een heel andere waarde heeft voor diezelfde eigenschap, aan toegevoegd, dan treedt er aanvankelijk niet zoveel verandering op in de waarde van de eigenschap van het resulterende mengsel ten opzichte van de zuivere stof A; immers stof A, die in grote overmaat aanwezig is, zal de matrixfase vormen en stof B de eilandfase. Wordt er in gedachte steeds meer B toegevoegd, dan zal op een bepaald moment de waarde van de mengseleigenschap vrij abrupt overslaan naar het niveau van de waarde van de eigenschap van zuiver B. Als er namelijk relatief steeds meer B aan het mengsel toegevoegd wordt, dan is er op een bepaald ogenblik geen ruimte meer voor losse eilandjes B en krijgt men in theorie een situatie waarbij B de matrix moet overnemen en de eilandjes uit stof A moeten bestaan.

Men kan berekenen dat bij bolvormige eilandjes van gelijke grootte deze „matrixoverslag” bij 72 volumeprocenten B moet plaatsvinden, maar dit is slechts van

theoretisch belang. In fig. 2 is het verloop voor de duidelijkheid enigszins overdreven weergegeven; een dergelijke abrupte overgang zou men alleen vinden als er hoegenaamd geen interactie zou zijn tussen matrix en eilandjes. Natuurlijk is die interactie er wél en men kan deze ook beïnvloeden. De interactie tussen beide fasen zal namelijk sterk bepaald worden door de hechting van de eilandjesfase aan de matrixfase. Is er een zeer goede hechting bewerkstelligd tussen beide fasen, dan verloopt de grafiek minder abrupt, zoals in fig. 3 geschetst.

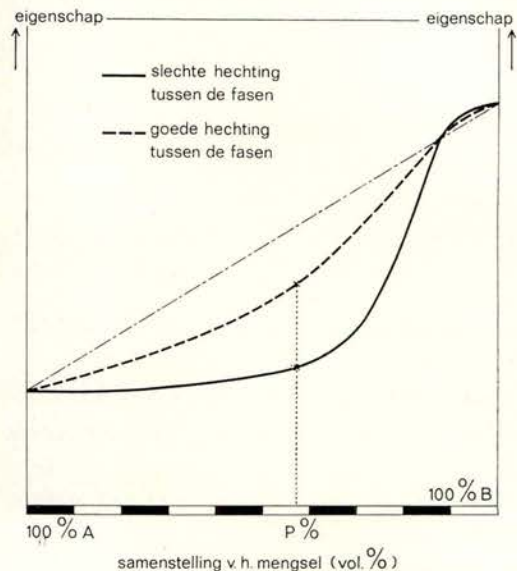


Fig. 3. Invloed van de hechting tussen eilandfase en matrixfase op het verloop van de eigenschap met de samenstelling van een tweefasig mengsel.

Wat betekenen deze gegevens nu voor de tandheelkundige composieten? Stel dat materiaal A het polymeer (aanvankelijk monomeer) is en materiaal B het glas, kwarts of keramisch materiaal. Enerzijds is er reeds geweest op het feit, dat de voor een restauratie begerenswaardige eigenschappen vooral te vinden zijn bij materiaal B en het mengsel zal dus blijkens bovenstaande grafieken zoveel mogelijk van materiaal B moeten bevatten. Anderzijds mag het mengsel geen matrix van B bevatten, omdat het dan onverwerkbaar is. De hoeveelheid glas, kwarts etc. die aan het mengsel kan worden toegevoegd heeft dus, helaas, principieel een bovengrens. Uit de grafiek van fig. 3 kan worden afgelezen dat bij een bepaalde samenstelling van het mengsel (b.v. p) goede hechting tussen polymeer en „filler”

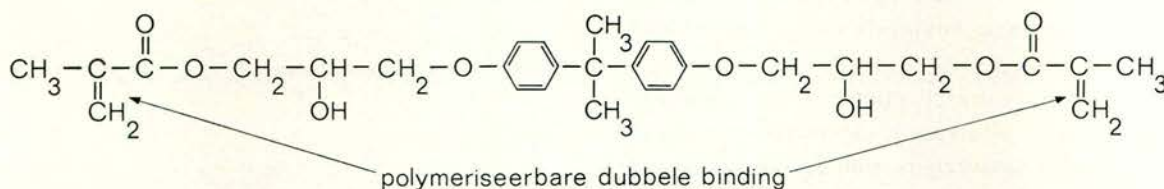
meer van de begeerde eigenschappen van de filler in het mengsel doet uitkomen dan wanneer er slechte hechting tussen beide fasen bestond. Bij eiland-matrix composieten gaat het hierboven besprokene in zijn algemeenheid op voor eigenschappen als sterkte, stijfheid, slijtvastheid, thermische expansie, warmtegeleidingsvermogen, maar er zijn een aantal eigenschappen, waarvoor wel een lineair verloop met de samenstelling te verwachten is.

Een triviaal voorbeeld is het soortelijk gewicht van het mengsel, dat natuurlijk niet beïnvloed wordt door de geometrie van de fasen. Een praktisch voorbeeld is het water-absorptievermogen, dat – in ieder geval

tot het matrixomslagpunt – eveneens lineair met de samenstelling zal verlopen en hetzelfde geldt voor de polymerisatiekrimp.

Chemie van de polymeerfase

Wat betreft de polymeerfase in tandheelkundige composieten zijn er twee verschillende concepten aan te wijzen. In de eerste plaats de composieten die gebaseerd zijn op het aloude methylnmethacrylaat en in de tweede plaats de composieten die gebaseerd zijn op het zgn. „Bowen-resin”. Bij deze laatste wordt een door Bowen ontwikkeld monomeer⁸ gebruikt dat de volgende samenstelling heeft:



Essentieel aan dit monomeer, dat ook wel „Bis-GMA” genoemd wordt, is:

- dat het twee polymeriseerbare dubbele banden bezit, waardoor een „gecrosslinked” polymeer wordt verkregen;
- dat het door het grote molecuulgewicht een geringe polymerisatiekrimp vertoont;
- dat het er uit verkregen polymeer goede, zij het niet spectaculaire eigenschappen heeft;
- dat het bij kamertemperatuur een niet vluchtige, visceuze vloeistof is, hetgeen de verwerkbaarheid ten goede kan komen.

Het vrij ingewikkeld aandoende „middenstuk” van het monomeer, dat eigenlijk slechts als drager van de dubbele banden dient, is een goede bekende uit de epoxieharsindustrie (Bisfenol A) en als zodanig makkelijk verkrijgbaar. In principe zijn er op dit „middenstuk” talloze variaties mogelijk en enkele daarvan worden ook bij sommige merken als comonomeer en verdunner toegevoegd (b.v. tetramethyleenglycoldimethacrylaat).

De composieten die gebaseerd zijn op het traditionele methylnmethacrylaat lenen zich wat betreft de polymeerfase ook tot talloze variaties, waarbij genoemd kan worden het gebruik van „crosslinkers” (meestal ethyleenglycoldimethacrylaat) en soms het vrije methacrylzuur, waaraan wel adhesieve kwaliteiten worden

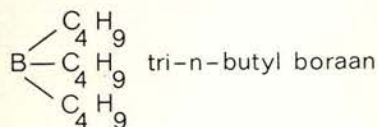
toegeschreven, terwijl het een gunstige invloed zou hebben op de kleurstabiliteit en tevens een stabiliserend effect op het monomeer heeft.

Het katalysatorsysteem

De besproken monomeren kunnen in zuivere toestand onder invloed van warmte, licht en zuurstof polymeriseren, zij het onpraktisch langzaam, zodat gebruik gemaakt wordt van hulpstoffen (katalysatoren, of beter: initiatoren) die de ketengroei starten. Ook met behulp van deze initiatoren echter komt de polymerisatie bij lage temperatuur slechts zeer langzaam op gang en daarom wordt bovendien gebruik gemaakt van zgn. versnellers of activatoren die de initiatoren in staat stellen om bij kamertemperatuur hun functie te verrichten. Op het reactiemechanisme van deze initiator-versnellersystemen zal hier niet worden ingegaan.

Een traditionele initiator-versnellercombinatie bij „cold-curing resins” is dibenzoylperoxide als initiator en p-dimethyltoluïdine (in het algemeen aromatische gesubstitueerde amines) als versneller. Een nadeel van aromatische amines is de geringe kleurstabiliteit en het heeft niet aan pogingen ontbroken om versnellers te vinden die zich in dit opzicht beter gedragen. Moderne systemen bevatten vaak mercaptanen (vergelijkbaar met de aminen, waarin stikstof door zwavel is vervangen) of sulfinezuren, maar omdat men ook in nieuwe kleurstabiele formuleringen nog al eens aminen tegen-

komt, moet aangenomen worden dat men de kleurstabiliteit van aminoversnellers beter onder de knie heeft weten te krijgen. Een geheel nieuw concept op het gebied van initiatoren wordt toegepast bij een zeer recent Duits restauratiemateriaal (Palakav), nl. trialkylboriumverbindingen.



Behalve dat deze stoffen de polymerisatie van methylmethacrylaat kunnen initiëren, zouden ze ook bewerkstelligen dat polymethylmethacrylaat ketens chemisch „geënt” worden aan de in dentine aanwezige collageenketens, waardoor een werkelijk adhesief restauratiemateriaal verkregen zou zijn. Deze wijze van „enten” (Engels: grafting; Duits: Pfropfpolymerisation) is waarschijnlijk overgenomen van de garen- en vezelindustrie, waar men de eigenschappen van natuurlijke vezels kan modificeren door het aanbrengen van synthetische polymere zijketens. Als zodanig is het idee niet uit de lucht gegrepen en biedt het wel degelijk perspectieven, hoewel de toon van de publikaties die over dit materiaal verschijnen, wat betreft de adhesiviteit steeds voorzichtiger wordt.

De anorganische fase (vulstof)

Zoals reeds opgemerkt is komen voor de vulstofmaterialen glas, kwarts, silica en diverse keramische materialen in aanmerking. Het is niet zo eenvoudig om een uitspraak te doen over de voorkeur die aan een van deze materialen gegeven zou moeten worden, omdat in principe vele soorten fillers een goede compensatie voor de tekortkomingen van de polymeerfase kunnen bieden. Belangrijker factoren lijken:

1. de relatieve hoeveelheid in het mengsel,
2. deeltjesgrootte en deeltjesgrootteverdeling,
3. de hechting aan de polymeerfase.

De relatieve hoeveelheid vulstof in het mengsel

Hierop is in de inleiding uitvoerig ingegaan. Opgemerkt zij nog dat vooral het *volumepercentage* van belang is. In brochures en gebruiksaanwijzingen van tandheelkundige composieten wordt vaak het *gewichtspercentage* aangegeven, dat door het hogere soortelijk gewicht van de vulstof natuurlijk veel hoger uitvalt dan het *volumepercentage*. Over het algemeen ligt het

hoogste *volumepercentage* vulstof bij tandheelkundige composieten bij ca. 50 %.

De deeltjesgrootte en deeltjesgrootteverdeling

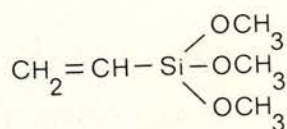
De directe invloed van de deeltjesgrootte van de „eilandfase” op de diverse eigenschappen van het uitgeharde mengsel is moeilijk in het kader van dit artikel te bespreken. Met enige voorzichtigheid zou men kunnen stellen, dat het relatief grotere oppervlak dat kleine deeltjes hebben ook tot een groter contactgebied met de continue fase zal leiden, hetgeen in het algemeen gunstig zal zijn. Daarentegen zullen zeer kleine deeltjes veel moeilijker bevochtigd worden door het monomeer dan wat grotere deeltjes, hetgeen de zo belangrijke *hechting* tussen beide fasen niet ten goede zou kunnen komen.

Een geheel ander facet is, dat de oppervlakteruwheid van het uitgeharde mengsel natuurlijk sterk zal samenhangen met de dimensies van de discontinuïteiten in het mengsel. Met zeer kleine fillerdeeltjes zal een gladder oppervlak kunnen worden verkregen.

De *deeltjesgrootteverdeling* is vooral van belang voor de maximale hoeveelheid afzonderlijke deeltjes die men aan het mengsel kan toevoegen. Zoals bekend, kan men met een bepaalde combinatie van bolletjes met verschillende diameters een dichtere pakking verkrijgen, dan met bolletjes die alle dezelfde diameter hebben.

De hechting tussen polymeerfase en vulstof

Deze factor is het kernpunt van de composiettechnologie. Zoals besproken is, kan de vulstof niet optimaal de eraan toebedachte functies verrichten als er geen goede en blijvende hechting is met de polymeerfase en zonder speciale voorzorgsmaatregelen komt deze hechting meestal niet tot stand. Een oplossing voor dit probleem, die wijd en zijd toepassing heeft gevonden in alle gebieden waar versterkte polymeren worden gebruikt, is het vooraf „silaniseren” van de vulstof. Silaniseren is het voorbehandelen van de anorganische fase met silaanverbindingen, zoals b.v. trimethoxyvinylsilaan:



Het siliciumatoom dient als „koppelstuk” tussen beide fasen, omdat het via de polaire methoxygroepen een

sterke verbinding kan aangaan met b.v. het glasoppervlak (waarschijnlijk door reactie met water, dat zich altijd aan het oppervlak van glas bevindt) en via de polymeriseerbare dubbele band van de vinylgroep opgenomen kan worden in de polymeerketens van de matrixfase.

Soms worden de fillerdeeltjes van tevoren ook nog voorzien van een dun laagje polymeer, hetgeen tot voordeel heeft dat de toch wel kritische copolymerisatie van het vinylsilaan onder optimaal gecontroleerde omstandigheden in de fabriek kan plaatsvinden. (TD 71.)

Het vulstofdeeltje gedraagt zich dan aan de buitenkant als een polymeerdeeltje dat bij het mengen met monomeer gemakkelijker en sneller in de bij het uitharden te vormen polymeerstructuur kan worden opgenomen.

Bespreking van enige in de handel zijnde tandheerkundige composieten

Ter illustratie van het voorgaande zullen enkele op de Nederlandse markt verkrijgbare composieten, wat betreft samenstelling (voorzover bekend) en structuur besproken worden. Opgemerkt zij dat de besproken merken of volgorde waarin zij ter sprake komen, niets te maken heeft met eventuele voorkeur van de auteurs.

Met elk van de materialen werd een in een plexiglas blokje geprepareerde caviteit gevuld, waarna het oppervlak glad geschuurd en gepolijst werd. Met een Zeiss fotomicroscop werden opnamen van het oppervlak gemaakt bij de opgegeven vergroting. (Zie fig. 4; oorspronkelijk negatiefformaat 24 x 36 mm.)

- a. Palakav (Kulzer); Polycap (Vivadent); zie fig. 4a.
Systeem: poeder, vloeistof en katalysatoren in capsule voorgedoseerd.
Kunststoffase: polymethylmethacrylaat.
Vulstof: glasbolletjes met silaan-voorbehandeling, afmetingen deeltjes: 5–50 μ ; 42 vol. %.
Katalysator: peroxide + tri-n-butylboraan (gestabiliseerd in paraffine).
Opmerking: door het gebruikte katalysatorsysteem zou hechting aan dentine tot stand worden gebracht.
Literatuur: 9 t/m 15.
- b. TD 71 (Dental Fillings Ltd.); zie fig. 4b.
Systeem: 2 poeders en één vloeistof door de tandarts in capsule te doseren.
Kunststoffase: polymethylmethacrylaat.

Vulstof: aluminosilicaat poederdeeltjes voorzien van kunststof „huidje”; afmetingen deeltjes: 2–75 μ ; ca. 50 vol. %.

Katalysator: peroxide/mercaptaan.

Literatuur: 16.

- c. Addent 12 (3M); zie fig. 4c.
Systeem: pasta en katalysatorvloeistof.
Kunststoffase: „Bowen-resin”.
Vulstof: aluminosilicaatpoeder met silaanvoorbehandeling; ca. 56 vol. %.
Katalysator: peroxide/amine.
Literatuur: 17 t/m 22.
- d. Addent 35 (3M); zie fig. 4d.
Zie Addent 12, behalve wat betreft de vulstof die hier voornamelijk uit glasbolletjes bestaat.
- e. Adaptic (Johnson & Johnson); Concise (3M); zie fig. 4e.
Systeem: 2 pasta's.
Kunststoffase: „Bowen-resin”.
Vulstof: kwartsbrokjes met silaanvoorbehandeling; ca. 55 vol. %.
Katalysator: peroxide/amine.
Literatuur: 23, 24.
- f. HL 72 (Epoxylite); zie fig. 4f.
Systeem: poeder-vloeistof.
Kunststoffase: „Bowen-resin”.
Vulstof: glasbrokjes met silaanvoorbehandeling.
Katalysator: de auteurs onbekend.
Opmerking: percentage vulstof afhankelijk van poeder/vloeistof dosering: max. ca. 55 vol. %.

De foto's tonen behalve de kunststoffase en de vulstof ook de aanwezigheid van porositeit, hetzij in de vorm van luchtbelletjes (donkere ronde vlekken) die er tijdens het aanmaken van het mengsel in zijn gebracht, hetzij in de vorm van holten die ontstaan zijn doordat vulstofdeeltjes tijdens het polijsten uit de kunststofmatrix zijn geslagen (onregelmatige donkere vlekken). In het kader van dit artikel mogen de verschillen in mate van porositeit die de foto's suggereren echter niet als kenmerkend voor de betreffende systemen beschouwd worden.

Het optreden van porositeit in composieten als restauratiematerialen en de bestandheid van de vulstofmatrix-verbinding tegen polijsten moet en zal nader onderzocht worden.

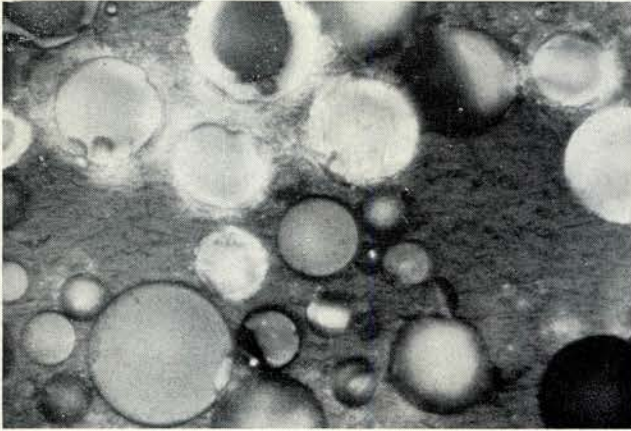


Fig. 4a. Palakav, Polycap, 160x.

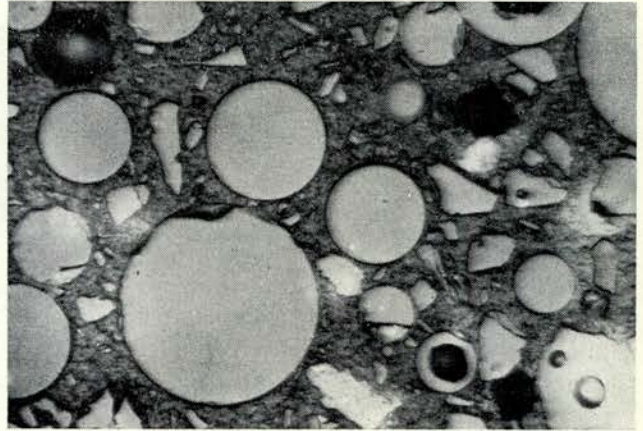


Fig. 4d. Addent 35, 160x.

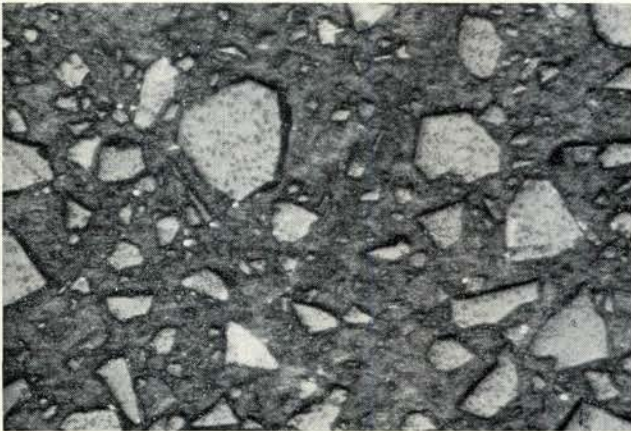


Fig. 4b. TD 71, 160x.

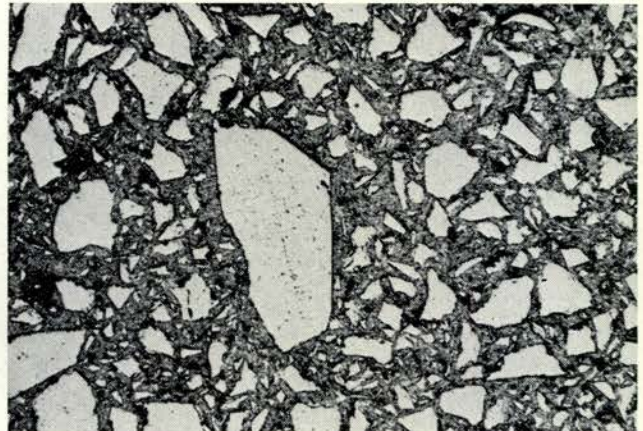


Fig. 4e. Adaptic, Concise, 64x.

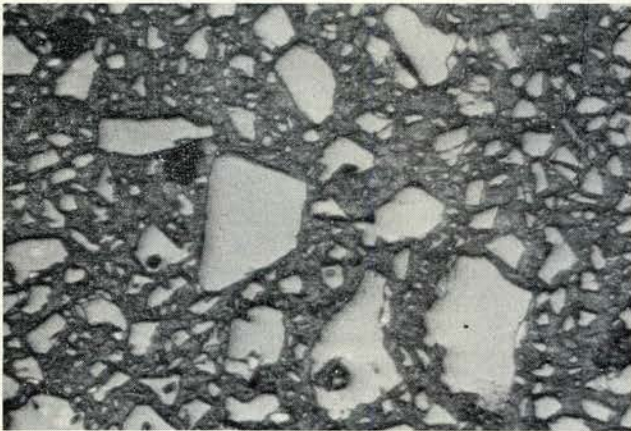


Fig. 4c. Addent 12, 160x.

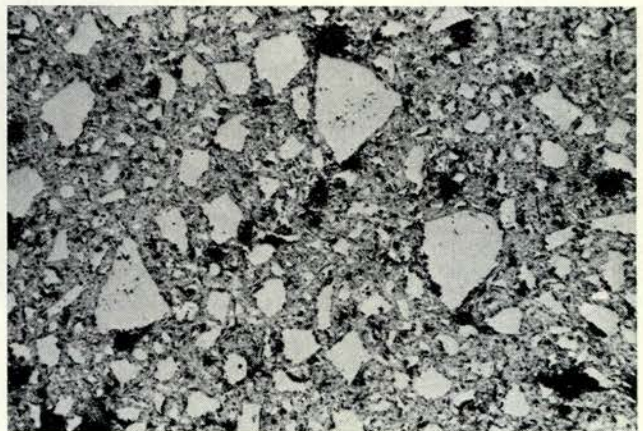


Fig. 4f. HL 72, 64x.

Gewezen zij nog op de aanwezigheid van holle glasbolletjes („kerstballen”) in Palakav en Addent 35, hetgeen de te bereiken oppervlaktegladheid nadelig zal kunnen beïnvloeden.

3. De kliniek

De „sales-promotion”

Het in de handel komen van composieten als restaura-

tiematerialen ging gepaard met verkoopcampagnes van de respectieve fabrikanten in de vorm van brieven, brochures, vertalingen van belangrijke publikaties²⁵, demonstraties en keurig verzorgde soms zeer uitgebreide handleidingen voor de verwerking van het materiaal.

Op te merken bij deze vorm van voorlichting is dat:

1. het aangeprezen produkt natuurlijk afgeschilderd wordt als het beste wat er op dat gebied te verkrijgen is;
2. van vele eigenschappen de klinische betekenis niet precies bekend is, zodat aan verbeteringen van deze eigenschappen niet noodzakelijk een grote waarde toegekend behoeft te worden;
3. het verschil in eigenschappen tussen twee overigens gelijkwaardige materialen daardoor ook van geringe waarde zou kunnen zijn;
4. in de regel niet of nauwelijks informatie gegeven wordt over duidelijk ongunstige eigenschappen van de produkten;
5. het voorkomt, dat onjuiste informatie gegeven wordt en bij reclamecampagnes bepaalde passages in vertaling van publikaties weggelaten worden;
6. het indicatiegebied, waarvoor de materialen aanbevolen worden, nog onvoldoende onderzocht is. De consequenties van mislukkingen in het gebruik komen als regel echter voor rekening van de tandarts en niet voor die van de fabrikant.

Velen zullen bij deze beschouwing terug denken aan het moment, waarop de slechte ervaringen met polymethylmethacrylaat bekend werden. Voor die tijd echter was dat produkt door middel van verkoopcampagnes al min of meer opgedrongen aan de professie.

Door een beter inzicht bij de betrokkenen in de voorwaarden, waaraan een restauratiemateriaal moet voldoen, is een herhaling van een dergelijke situatie zeer onwaarschijnlijk. Dit houdt eveneens in, dat deze nieuwe materialen niet op basis van slechte ervaringen met het oude produkt veroordeeld mogen worden. Daarentegen moeten zij vanuit een onbevooroordeeld standpunt op hun eigen waarde voor de conserverende tandheelkunde onderzocht worden.

Kernpunt van de kritiek op vele tot nu toe gevoerde reclamecampagnes is, dat de aanbevelingen over composieten nog niet voldoende gesteund worden door betrouwbare lang lopende klinische onderzoekingen. Van een nieuw restauratiemateriaal mag tegenwoordig geëist worden, dat het een duidelijke verbetering ten opzichte van de bestaande materialen is, hetgeen onder andere tot uitdrukking moet komen in een langere ge-

middele levensduur van restauraties hiervan gemaakt. Wordt deze bijvoorbeeld gesteld op 10 jaar, wat in deze tijd geen ongewone eis is, dan kan over het nieuwe materiaal helaas pas na 10 jaar nauwgezet klinisch onderzoek een juist oordeel gegeven worden. Nog steeds bestaan er geen betrouwbare methoden om anders dan via klinisch onderzoek de levensduur van een restauratie te bepalen.

De chemische en fysische eigenschappen van composieten en de voorlopige resultaten van klinisch onderzoek geven echter aanleiding tot het vermoeden, dat het klinisch gedrag goed is en dat er een zeker indicatiegebied voor bestaat.

Enige eigenschappen van composieten van onmiddellijk belang voor de praktijk zijn de volgende:

a. Dimensionele stabiliteit

De vermindering van polymerisatiekrimp en thermische expansiecoëfficiënt ($0,2 - 1\% \text{ lin.}, 25 - 50 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) vergeleken met die van kunsthars geven kans op minder grote spleetvorming na de applicatie. Percolatie schijnt dan ook niet merkbaar op te treden, zodat speciale applicatietechnieken niet nodig zijn. Het materiaal kan op dezelfde manier als silicaatcement aangebracht worden. Hoewel over adaptatie van composieten geen quantitative gegevens bekend zijn, is wel al snel in te zien met behulp van slijppreparaten, dat van een complete afsluiting van de caviteit door het materiaal nog geen sprake is.

Het is dan ook de vraag of de polymerisatiekrimp en thermische expansiecoëfficiënt van composieten, eventueel gedeeltelijk gecompenseerd door opzwellen ten gevolge van waterabsorptie, voldoende verminderd zijn om niet meer levensduur beperkende factoren te zijn. Het is ook in dit verband van belang, dat de binding tussen vulstof en matrix behouden blijft. Gaat deze na verloop van tijd onder orale condities verloren, dan gaan de composieten zich in fysisch opzicht als gewone kunstharsen gedragen zoals hiervoor is aangegeven. Restauraties van een dergelijk materiaal gemaakt zullen op den duur dezelfde gebreken gaan vertonen als polymethylmethacrylaatreparaties.

b. Mechanische kwaliteit en stabiliteit

De kwaliteit en stabiliteit van het materiaal in mechanisch opzicht, tot uiting komend in verhoging en stabilisering van o.a. druksterkte, treksterkte, elasticiteitsmodulus, hardheid en slijtvastheid, is van dien aard dat restauraties van composieten wellicht aan

kauwdruk en daarmee overeenkomende slijtage blootgesteld mogen worden. De omvang van het indicatiegebied is echter nog te weinig bekend om ten opzichte van amalgaam en gegoten restauraties goed afgegrensd te kunnen worden.

Het lijkt op dit moment verantwoord composieten te gebruiken voor restauraties van kl. III-, kl. V- en kleine kl. I-caviteiten in premolaren en eventueel ook voor kl. IV-caviteiten, indien met behulp van parapulpaire stiften voldoende retentiemogelijkheden gecreëerd zijn. Of restauratie van klasse II-caviteiten gerechtvaardigd is, zoals door sommige fabrikanten wordt gepropageerd, zal de tijd moeten leren. Soms is bij composietmeervlaksrestauraties in de premolaarstreek in korte tijd al veel breuk aan de marginale randen en slijtage aan occlusaal- en approximaalvlak te zien. Deze slijtage kan aanleiding tot verschuivingen van of onvoldoende contact tussen elementen geven.

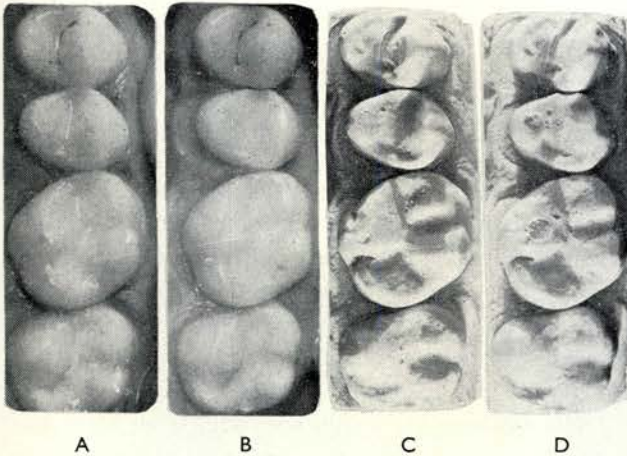


Fig. 5. A. Composietrestauraties in 17: occlusaal vlak, 16: occlusaal vlak en mesiopalatinale knobbel en 15: mesio-occlusaal vlak en palatinale knobbel.
B. Dezelfde restauraties na 10 maanden.
C. en D. Gipsduplicaten van resp. A. en B. Het occlusale en mesiale vlak der restauraties is afgesleten en ruwer geworden.

Mede doordat van adhesie van composieten aan de cavitetranden niet of nauwelijks sprake is, moet de cavitteitpreparatie uitgevoerd worden volgens de klassieke vormen (aangegeven door Black). De algemene regels, welke gelden voor brosse restauratiematerialen moeten

hierbij in acht genomen worden, dus rechte cavitteitoppervlaktenhoeken en voldoende retentie tegen kauwdruk en eventueel optredende vloeï.

c. Biologische acceptatie

De irritatie van pulpaweefsel, vroeger vaak genoemd in verband met kunsthars en silicaatcement, schijnt voor de meeste composieten niet tot irreversibele weefselbeschadiging of andere hinderlijke gevolgen te leiden. De klinische ervaringen tot nu toe rechtvaardigen een dergelijke conclusie²⁶. Op te merken hierbij is, dat dierhistologisch onderzoek, zoals dat tot nu toe is verricht om de werking van nieuwe materialen op pulpaweefsel te onderzoeken, van weinig waarde is. Wel treden hierbij vaak reacties van het pulpaweefsel aan het licht, maar het is zeer moeilijk, zo niet onmogelijk om uit te maken in hoeverre deze wellicht moeten worden toegeschreven aan het boortrauma, de speciale diersoort enzovoorts. Niet alleen zijn de resultaten moeilijk op de mens overdraagbaar, maar ook is de onderzoekstechniek nog zo weinig volmaakt en de evaluatie der resultaten nog zo ingewikkeld en vol tegenstrijdigheden dat hieruit nog geen eensluidende conclusies getrokken kunnen worden²⁷. Daarom moet uiteindelijk bij de beoordeling van de invloed van een restauratiemateriaal op het pulpaweefsel nog steeds teruggevallen worden op klinisch empirisch onderzoek. Zijn er na plaatsing van het materiaal onder overigens normale omstandigheden geen pijnklachten en blijft de vitaliteit van het behandelde element daarna behouden, dan is de schadelijke werking van het materiaal op het pulpaweefsel onder de gegeven omstandigheden te verwaarlozen. Helaas geven niet alle fabrikanten aan, welke maatregelen met betrekking tot het pulpaweefsel genomen dienen te worden. Sommige auteurs bevelen bij diepe caviteiten een onderlaag aan (geen ZnO-eugenolcement).

d. Esthetische eigenschappen

Over het algemeen kan de tandkleur bevredigend door composieten benaderd worden, vooral met die producten, waarbij enige extra tinten bijgeleverd worden. Echter, doordat het materiaal enigszins doorzichtig is, blijft, door lichtreflectie op het grensvlak restauratiecavitteitwand, de begrenzing van de restauratie altijd zichtbaar. Sommige producten zouden door een bepaalde keuze van de vulstof enigszins de kleur van het omringende tandweefsel aannemen (kameleoneffect).

Over eventuele verkleuringen op langere termijn zijn op dit moment weinig gegevens bekend. De kleursta-

biliteit zal voornamelijk afhankelijk zijn van de keuze der grondstoffen, met name de katalysatoren.

e. Vochtcontaminatie

Aangezien water niet snel geabsorbeerd wordt door composieten is bescherming van de restauratie tijdens en kort na de applicatie tegen watercontaminatie niet nodig. Indien de caviteit voldoende toegankelijk en goed droog te houden is, mag het aanleggen van rubberdam achterwege gelaten worden. Stroomt er echter tijdens de applicatie vocht in de caviteit, dan is de kans zeer groot, dat de adaptatie niet optimaal is. De kwalijke gevolgen daarvan zijn genoegzaam bekend.

f. Afwerkbaarheid

Het grote voordeel van composieten is, dat de verhardingsreactie zo snel afloopt, dat de restauratie in een zitting, afgewerkt en gepolijst kan worden. De polijstechniek is echter nog niet door alle fabrikanten goed onderzocht of in de gebruiksaanwijzing aangegeven. Een grens aan de te bereiken oppervlakteruwheid wordt daarbij wellicht gesteld door de afmetingen van de vulstofdeeltjes. Aangepaste polijstmethoden en instrumenten zijn voor bepaalde merken van composieten reeds in de handel gebracht. Waarschijnlijk zal het oppervlak van een composietrestauratie met een sonde altijd iets ruw blijven aanvoelen, hetgeen velen het gevoel zal geven, dat deze materialen uiteindelijk toch onvolmaakt zijn. De vraag is echter, of deze ruwheid zodanig is dat daardoor de functionele levensduur bekort wordt en de esthetiek van de restauratie benadeeld wordt.

g. Fluoridebestanddeel

Ter voorkoming van secundaire cariës om composietrestauraties is door sommige fabrikanten fluoride aan de grondstoffen toegevoegd. Onderzocht moet nog worden of de werking hiervan net zo effectief is als die van fluoride in silicaatcement, waarvan bekend is dat het in het omringende tandweefsel diffundeert.

Klinische aspecten van in de handel zijnde tandheelkundige composieten

De talloze marktproducten verschillen nog in veel opzichten van elkaar. De keuze van een bepaald merk voor de praktijk zal daarom ook voor een groot gedeelte beïnvloed worden door:

1. De constantheid van de grondstoffen en de eindresultaten.

2. De houdbaarheid (shelf-life) der grondstoffen. Voorlopig moet voor de meeste composieten nog aanbevolen worden deze na gebruik in de ijskast te bewaren in verband met mogelijke voortijdige polymerisatie.

3. De verwerkbaarheid. Zowel het met de hand mengen van twee ongeveer gelijke uit dikke pasta's bestaande porties van het materiaal, als het mechanisch mengen der componenten, voorgedoseerd in capsules, zal niet snel tot mislukkingen leiden. Het direct spuiten van het mengsel uit de capsule in de caviteit vergemakkelijkt de verwerking eveneens. Van belang bij de verwerkbaarheid is de viscositeit van het mengsel. Een dikke pasta is gemakkelijker aan te brengen dan een dun vloeibare. De consistentie wordt bepaald door de samenstelling der kunsthargrondstoffen en de soort en de hoeveelheid vulstof.

4. De verhardingsverschijnselen. Na het aanbrengen moet het materiaal snel verharden en de polymerisatiereactie zoveel mogelijk aflopen, zodat zo weinig mogelijk restmonomeer overblijft. De restauratie kan dan meteen afgewerkt worden, als zij daarbij ook meteen voldoende hard is geworden. Het langere tijd elastisch blijven van sommige composieten tijdens hun verharding is een lastig verschijnsel. Wisselende mechanische belastingen op een materiaal in dat stadium zullen niet zo gemakkelijk als bij een visceuze pasta tot de gewenste vormverandering leiden. Door elastische terugvering en nawerking zal er verplaatsing en vervorming van de massa in de caviteit optreden, hetgeen weer aanleiding zal zijn tot onder andere een minder goede adaptatie van het materiaal aan de caviteitwanden.

Composieten die tussen het visceuze en het harde stadium een elastisch stadium doormaken moeten dus voor het bereiken van dit elastisch stadium geappliceerd worden en volkomen ongestoord kunnen uitharden. Op klinisch moeilijk bereikbare plaatsen is dit niet altijd even gemakkelijk te realiseren.

5. Het afwerken. Bij een aantal composieten wordt de beste oppervlaktestructuur verkregen, indien het materiaal uithardt tegen een polyester matrix strip. Meestal moet echter overmaat worden weggenomen en de restauratie gepolijst worden. Het is noodzakelijk, dat de fabrikant hier juiste aanwijzingen over geeft en de instrumentatie hiervoor levert. Reeds vermeld is de grote invloed van de soort en de vorm van de vulstof in het composiet op het polijsten.

6. De kostprijs. Het is te hopen, dat verhoging van de

omzet en het in de handel komen van Europese fabrieken zal leiden tot een prijsverlaging van het produkt, dat op dit moment tegen een wel zeer hoge prijs verhandeld wordt.

De keuring van commerciële tandheelkundige composieten

In 1969 ontving Working Group I (Filling Materials) van de International Organization for Standardization, Technical Committee 106 (Dentistry) de opdracht om een specificatie te ontwerpen voor de keuring van composieten en andere vulmaterialen op kunststofbasis. Zoals ook voor andere tandheelkundige marktprodukten mag ook hier verwacht worden, dat de effectuering van de keuring op deze produkten zal leiden tot een maximale standaardisering van de applicatie en afwerktechnieken en tot een grotere voorzichtigheid van de zijde van de fabrikant bij het introduceren van nieuwe produkten.

Klinisch onderzoek

Zoals reeds is vermeld kunnen door de kortheid van de periode, waarin composieten voor de tandheelkunde beschikbaar zijn, slechts weinig definitieve uitspraken gedaan worden. Het wachten is dan ook op de resultaten van klinische studies, die gelukkig op verschillende plaatsen op dit moment in uitvoering zijn^{13, 16, 28, 29}.

Vragen van de eerste orde, die alleen door dergelijk onderzoek redelijk snel zijn te beantwoorden, zijn de volgende: wat is het indicatiegebied, wat zijn zeer beslist de grenzen daarvan, welke zijn de juiste maatregelen tegen pulpa-irritatie en hoe kan het materiaal het beste verwerkt, aangebracht en afgewerkt worden?

Totdat meer klinische resultaten bekend worden, moet bij het gebruik van composieten de nodige voorzichtigheid in acht genomen worden. De individuele gebruiker kan zich echter wel zelf, op grond van kritische beoordeling van zijn eigen resultaten, reeds een mening vormen. Klinische verschijnselen, die bij deze beoordeling in het oog moeten worden gehouden zijn onder andere:

1. het ontstaan van secundaire cariës,
2. het optreden van pijnklachten en hun tijdsverschil met het plaatsen der restauratie,
3. slijtage aan occlusale, incisale, proximale en buccale vlakken, eventueel gevolgd door verschuivingen van elementen,
4. het voorkomen van fracturen en vloeiverschijnselen aan proximale gedeelten van restauraties,
5. fracturen en verkleuringen van marginale randen,

6. verkleuringen van de restauratie zelf,
7. diepe verkleuringen van het omringende tandweefsel.

Ten aanzien van berichten in de literatuur over klinisch onderzoek kan opgemerkt worden, dat het meest betrouwbaar zijn die, welke door onpartijdige en onafhankelijke onderzoekers zijn uitgevoerd.

Onderzoeken, die zich beperken tot een fabrieksmerk hebben geen vergelijkende waarde, maar kunnen op zich wel nuttig zijn. De grootste moeilijkheid bij dergelijk klinisch onderzoek is, dat de onderzoeker of onderzoekgroep vertrouwd raakt met alleen dat ene materiaal en het daardoor doorgaans beter verwerken dan waartoe de algemeen practicus na de nodige zelfoefening zal geraken. Ongunstige verwerkingseigenschappen zullen daarom in het eindresultaat zodanig doorwerken, dat er grote verschillen in restauratiekwaliteit tussen verschillende operatoren zullen ontstaan. Vergelijk met andere merkprodukten is al helemaal niet wetenschappelijk te verdedigen. Een factor in de hele ontwikkeling, die de waarderingsvorming van deze materialen telkens weer verstoort, is het uit de handel nemen van een slechts enige jaren in gebruik zijnd merk en de vervanging daarvan door een nieuw, eventueel met een herschreven reclamebrochure.

Het is echter gunstig in deze dat de meeste fabrieken streven naar een voortdurende verbetering van hun produkten.

Bij eventuele klachten over een bepaald merk verdient het aanbeveling niet alleen de dentalhandel of de importeur ervan op de hoogte te stellen, maar ook contact op te nemen met deskundigen aan een van de Universitaire Tandheelkundige Instituten of Subfaculteiten.

De toekomstverwachting

Composieten zijn veelbelovend. Reeds nu zijn zij een alternatief voor silicaatcement, waarvan bekend is, dat de gemiddelde levensduur van daaruit vervaardigde restauraties niet meer dan 4 à 5 jaar is. Bovendien zijn de ontwikkelingen naar verbeteringen nog niet afgelopen en bevinden composieten zich nog midden in het beproevings- en ontwikkelingsstadium. Misschien zal het nog eens zo ver komen, dat er een universeel tandheelkundig materiaal ontwikkeld wordt, hetgeen een alternatief zou zijn, niet alleen voor silicaatcement, maar ook voor amalgaam. Bovendien moet worden gedacht aan de mogelijkheid om variaties in deze materialen te ontwikkelen, die geschikt zijn als hulpmiddel bij opbouw- en cementatiewerkzaamheden.

Samenvatting:

Met het in de handel komen van composieten als restauratiematerialen ontstond de behoefte aan algemene informatie over het materiaal voor de algemene practicus.

De voorgeschiedenis, de chemisch-technologische grondslagen met de daarbij gebruikte terminologie alsmede de betekenis van enige eigenschappen van het materiaal voor de conserverende tandheelkunde, werden beschreven.

De samenstelling, structuur en klinische aspecten van in Nederland verkrijgbare marktproducten werden in algemene zin besproken.

De vele onzekerheden, die over het nieuwe materiaal nog bestaan noodzaken een voorzichtig en vooralsnog beperkt gebruik ervan.

De toepassing van composieten in de tandheelkunde bevindt zich echter in een snelle ontwikkeling.

Summary:

Title: Composite filling materials.

With the commercial introduction of composite filling materials, the need has arisen for comprehensive information on these materials for the general practitioner.

The history, chemical-technological principles and terminology as well as the significance of certain properties of the material for operative dentistry, are discussed.

The composition, structure and clinical aspects of commercial products available in The Netherlands are described in general.

The many uncertainties which the new materials still entail necessitate a prudent and, for the time being, a limited use of composites.

However, the application of composites in dentistry is in a process of rapid development.

Literatuur:

1. *Deppe, A.* (1942): Selbsthärtende Kunststoffe. *Deutsch. Zahnärztl. Wschr.* 45: 115.
2. *Slack, F. A.* (1943): Present research status of direkt acrylic restorations. *J. Amer. Dent. Ass.* 30: 1233.
3. *Hedegard, B.* (1957): Cold-polymerizing resins as restorative materials. *Odont. T.* 65: 73.
4. *Coy, H. D.* (1958): Silicate cements and direkt filling resins: a comparative study. *J. Amer. Dent. Ass.* 56: 848.
5. *Nealon, F. H.* (1952): Acrylic restorations by the operative nonpressure procedure. *J. Prosth. Dent.* 2: 513.
6. *Nelson, R. J., Wolcott, R. B., Paffenbarger, G. C.* (1952): Fluid exchange at the margins of dental restorations. *J. Amer. Dent. Ass.* 44: 288.
7. *Gilmore, H. W.* (1967): Textbook of operative dentistry, blz. 385.
8. *Bowen, R. L.* (1963): Properties of a silica-reinforced polymer for dental restorations. *J. Amer. Dent. Ass.* 66: 75.
9. *Fischer, C. H., Grosz, A., Masuhara, E.* (1968): Erste Erfahrungen mit einem neuen Kunststoff-Füllungsmaterial. *Deutsch. Zahnärztl. Z.* 23: 209.
10. *Herrmann, D., Viohl, J.* (1968): Klinische Untersuchungen mit einem neuen Kunststoff-Füllungsmaterial. *Deutsch. Zahnärztl. Z.* 23: 212.

11. *Lenz, H., Viohl, J.* (1968): Werkstoffkundliche Untersuchungen mit einem neuen Kunststoff-Füllungsmaterial. *Deutsch. Zahnärztl. Z.* 23: 218.
12. *Masuhara, E.* (1969): Über die Chemie eines neuen haftfähigen Kunststoff-Füllungsmaterial. *Deutsch. Zahnärztl. Z.* 24: 290.
13. *Fischer, C. H., Strassburg, M., Knolle, G.* (1970): Tests with a new synthetic filling material over a period of three years. *Int. Dent. J.* 20: 679.
14. *Strassburg, M., Knolle, G.* (1971): Füllungstherapie mit Palakav. *Deutsch. Zahnärztl. Z.* 26: 247.
15. *Riedel, H., Vahl, J., Winkelmann, G.* (1971): Untersuchungen über die Mikromorphologie getragener Palakav-Füllungen mit Hilfe des Raster-Elektronenmikroskops. *Deutsch. Zahnärztl. Z.* 26: 267.
16. *McLean, J. W., Short, I. G.* (1969): Composite anterior filling materials. *Brit. Dent. J.* 127: 9.
17. *Peterson, E. A., Phillips, R. W., Swartz, M. L.* (1966): A comparison of the physical properties of four restorative resins. *J. Amer. Dent. Ass.* 73: 1324.
18. *Langeland, L. K., Gutterso, J., Jerome, D. R., Langeland, K.* (1966): Histologic and clinical comparison of addent with silicate cements and cold-curing materials. *J. Amer. Dent. Ass.* 72: 373.
19. *Riedel, H., Vahl, J., Hahne, D.* (1968): Untersuchungen über die Mikromorphologie von 3M Addent 35 mit Hilfe des Oberflächen-Raster Elektronenmikroskops. *Deutsch. Zahnärztl. Z.* 23: 199.
20. *Godt, H.* (1966): Über die physikalisch-chemischen Eigenschaften der 3M Addent-Produkte. *Deutsch. Zahnärztl. Z.* 24: 529.
21. *Dogon, L.* (1961): A technic for long term temporary repair of fractured anterior teeth. *J. Dent. Child.* 35: 322.
22. *Gotfredsen* (1970): Physical properties of a plastic filling material. *Acta Odont. Scand.* 27: 595.
23. *Lee, H. L., Swartz, M. L.* (1970): Scanning electron microscope study of composite restorative materials. *J. Dent. Res.* 49: 149.
24. *Ribbons, J. W.* (1970): Handling properties of a new composite filling material. *Brit. Dent. J.* 129: 509.
25. *Stanford, J. W.* (1971): The current status of restorative resins, uit: *The Dental Clinics of North America.* 15: 57.
26. *Strassburg, M.* (1971): Experiences with a adhesive dental filling material, uit: *Dental Tissues and Materials*, F. C. M. Driessens ed. *Proceedings of the Symposium Surdentisma*, Nov. 10-12 1970, University of Nijmegen, The Netherlands.
27. *Baume, L. J.* (1971): Compatibility of some new synthetic materials with host tissues, uit: *Dental Tissues and Materials*, F. C. M. Driessens ed. *Proceedings of the Symposium Surdentisma*, Nov. 10-12 1970, University of Nijmegen, The Netherlands.
28. *McCune, R. J., Cvar, J. F., Ryge, G.* (1969): Clinical comparison of anterior and posterior restorative materials, *IADR Houston abstr.* nr. 482.
29. *Phillips, R. W., e.a.* (1971): One-year observations on a composite resin for Class II restorations. *J. Prosth. Dent.* 26: 68.

Philips van Leydenlaan 25,
Nijmegen.