

ONDERZOEK

DRUKSTERKTE, DIMENSIONELE VERANDERING EN HARDHEID VAN EEN TWEETAL AMALGAAMLEGERINGEN IN RELATIE TOT MENGTIJD EN UITGESTELDE CONDENSATIE

B. A. MESMAN SCHULTZ

*Uit de vakgroep Conserverende tandheelkunde van de rijksuniversiteit te Utrecht.
Wvd. voorzitter: D. P. van Wijk.
Uit de vakgroep Materiaalkunde*¹⁾ van de rijksuniversiteit te Utrecht.
Voorzitter: Ir. H. P. L. Schoenmakers.*

Trefwoorden: Materiaalkunde – Amalgaam

Inleiding

Een van de belangrijke eisen waaraan een amalgaamrestauratie behoort te voldoen is, dat het gebruikte materiaal gedurende een betrekkelijk groot aantal jaren een zo perfect mogelijke aansluiting aan de wanden van de caviteitspreparatie geeft, terwijl het amalgaam impermeabel dient te zijn.

Eventuele lekkage via het materiaal zelf kan veroorzaakt worden door een hoge mate van porositeit (Jørgensen, 1976) – vooral te wijten aan een slechte condensatietechniek of door een sterke corrosie, soms nog versterkt door een te dunne laag materiaal – of door het optreden van fracturen. De indruk bestaat, dat deze vorm van lekkage bij een beperkt percentage van de restauraties optreedt.

Anders is het gesteld met de afdichting, die in het grensgebied moet bestaan tussen de caviteitspreparatie en het vulmateriaal. Immers, in een groot aantal gevallen ziet men daar, uitgaande van een goed sluitende restauratie, na verloop van tijd duidelijk veranderingen optreden. Daarbij vallen vooral de spleetvorming en het uitstulpingseffect van het materiaal uit de preparatie op.

Dit laatste fenomeen roept een aantal vragen op betreffende de mogelijke oorzaken. Hierbij wordt gedacht aan de verwachte verhardingsexpansie en de thermomechanische invloeden – met als gevolg een knieffect (Rodhouse, 1970) van het materiaal, waar-

door uitstulping optreedt –, aan de vertraagde expansie in verband met de vochtcontaminatie tijdens de verwerking van het plastische amalgaam (Eames, 1973), aan de volumevergroting van de restauratie ten gevolge van corrosie van het materiaal en in het bijzonder bij vestibulaire en orale restauraties, aan een zekere buigzaamheid van de elementen in buccopalatinale richting tijdens de articulatiebelasting.

Dit onderzoek wil zich echter voornamelijk richten op de eigenlijke spleetvorming (Letzel, 1972; Duperon, 1971; Eames, 1976 a; Derand, 1977). Hierbij is gebruik gemaakt van een klinische condensatiemethode. Het onderzoek is daardoor mede gericht op de mate van betrouwbaarheid van die methode.

Spleetvormig kan zijn oorzaak vinden in een aantal factoren, die ieder op zich zelf alsmede in combinatie met andere kunnen optreden. Daarbij spelen fysische en chemische eigenschappen, verwerkingstechniek, occlusie en articulatie en het mondmilieo een rol.

Doel van het onderzoek

Hoewel ieder bovenvermeld onderwerp uitgebreid onderzoek zou rechtvaardigen is gekozen voor enige bewerkingen, waarvan wordt verondersteld dat zij, door het wijzigen van enkele klinische manipulaties, wellicht een gunstig resultaat zullen opleveren. Laboratoriumonderzoek werd verricht om gegevens te verzamelen, waarbij geijkte methoden, die soms opgenomen zijn in diverse normen voor het opstellen van de specificaties (A.D.A., 1973) zijn toegepast, maar waarbij, bij de vervaardiging van de proefstaafjes, meer is tegemoet gekomen aan een algemeen gebruikte klinische condensatietechniek.

Samenvatting:

In dit onderzoek is de invloed nagegaan van de variabelen 'verlenging mengtijd' en 'wachtijd tussen einde mengproces en condensatie' op de eigenschappen 'hardheid', 'dimensionele verandering' en 'sterkte' van amalgaam. Gebruik werd gemaakt van een ook klinisch toegepaste condensatietechniek. Tevens werden de resultaten vergeleken met de uitkomsten van laboratoriumproeven die volgens de A.D.A.-specificatielijnrichtlijnen werden uitgevoerd.

Daarbij bleek onder meer dat:

- De toegepaste condensatietechniek een amalgaamlegering oplevert met een laag kwikpercentage.
- Verlenging van de mengtijd van 7 tot 12 seconden bij de hier toegepaste condensatie- en meetmethode een grotere sterkte te zien geeft. Verlenging tot 20 seconden geeft nauwelijks beter resultaat.
- Instellen van een wachtijd een nadelige invloed op het percentage residuëel kwik en op de druksterkte heeft.
- De karakteristieke dimensionele veranderingen van de legering sterk wordt bepaald door het tijdstip waarop met het registreren van deze veranderingen wordt begonnen.
- Bij de bovenbeschreven condensatietechniek en meetmethoden de contractie na 24 uur van het Dispersalloy 0.05% en van New True Dentalloy 0.2% is.
- Verlenging van de mengtijd nauwelijks invloed heeft op de contractie.
- De hardheid van amalgaamlegeringen rechtstreeks is gekoppeld aan het kwikpercentage, terwijl verlenging van mengtijd een grotere hardheid geeft.
- Het onderzochte koperrijke amalgaam bij een gelijk kwikpercentage een grotere hardheid heeft dan het conventionele amalgaam.

Omdat sterk de indruk bestaat, dat het ontstaan van een slechte randaansluiting mede het gevolg kan zijn van een lage druksterkte, een excessieve krimp gedurende de verharding van de legering en een geringe hardheid, is onderzoek verricht in hoeverre het inbouwen van variabelen bij twee in het algemeen gewaardeerde en veelvuldig gebruikte amalgaamsoorten*¹⁾ invloed hebben op: de druksterkte (I), de dimensionele veranderingen (II) en de hardheid (III).

*¹⁾ New True Dentalloy-SSW, nr. 857351 – conventioneel vijlsel amalgaam.

Dispersalloy – Johnson & Johnson, nr. 11441 – samengesteld uit vijlsel en sferisch amalgaam – kopergehalte 12%.

*¹⁾ De laboratoriumproeven werden verricht in samenwerking met de heer H. Maas, metaalanalist.

Van de uit de verwerkingsprocedure van het amalgaam bekende variabelen (Holst, 1965; Jørgensen, 1965), werd gekozen voor de bepalingen van:

- I. De 24-uurs-druksterkte
 - een drietal mengtijden (7, 12 en 20 sec.) en
 - een wachttijd tussen het einde van het mengproces en de condensatie van 0, 2 en 4 minuten.
- II. De dimensionale veranderingen tijdens de verharding
 - een tweetal mengtijden (7 en 12 sec.).
- III. De hardheid
 - een drietal mengtijden (7, 12 en 20 sec.) en
 - een variërend kwikgehalte (45, 50 en 55% Hg).

I. De 24-uurs-druksterkte

Na het beëindigen der proeven werd door analyses bij I en II tevens nauwkeurig nagegaan in hoeverre door het condenseren het kwikgehalte in de legering afneemt. Tevens werd in enkele gevallen ook de druksterkte bepaald bij 37° ± 1° C.

Teneinde het mogelijk te maken om de ons inziens klinisch zeer effectieve condensatiemethode met behulp van een pneumatische hamer* te kunnen toepassen, werd afgeweken van de in de ADA-

specificatie nr. 1 aanbevolen hoogte van de proefstaafjes van 8 mm, aangezien bij gebruikmaking van de standaardstoppers deze hoogte niet te bereiken was.

De proefstaafjes hadden een hoogte van 7 mm met een maximale afwijking van -0,15 mm en een diameter van 4 mm ± 0,01 mm.

Aangezien uit vele onderzoeken reeds was gebleken, dat de meest oppervlakkige laag ten gevolge van het uitdrijven van kwik tijdens de condensatie relatief veel kwik bevat (Flögel, 1964; Wilson, 1957) en derhalve ongunstige fysische waarde vertoont (Phillips, 1973), werd ieder pas vervaardigd proefstaafje aan de kwikrijke bovenzijde 1 mm ingekort, min of meer in overeenstemming met het feit dat ook klinisch, bij goede condensatie- en modelleertechniek de toplaag wordt verwijderd. Daartoe werd een dubbelzijdig toepasbare houder (1) ontworpen waar de mal (2), waarin de staafjes werden vervaardigd, nauwkeurig in paste (a) (afb. 1). De zuiger (3) in de mal werd dusdanig gekozen dat in eerste instantie een amalgaamstaafje van 8 mm werd vervaardigd (4). Voor het vervaardigen van het proefstaafje werd uitgegaan van 0,9 gram kwik. Daarbij werd een zelfde hoeveelheid poeder gevoegd, afgewogen tot op 1 mg nauwkeurig.

Beide componenten werden in een nauwkeurig sluitende capsule** mechanisch*** vermengd. Er werd geen gebruik gemaakt van een stamper. Om de invloed van diverse factoren op de druksterkte na te gaan werden mengtijden van 7, 12 en 20 seconden toegepast, waarna of direct

condensatie plaats vond of een wachttijd in acht werd genomen van 2 en 4 minuten om het effect van het uitgestelde condenseren na te gaan.

Om een homogene opbouw van het staafje te realiseren werd het amalgaammengsel op het oog verdeeld in zes gelijke porties. Gecondenseerd werd met een frequentie van 900 ± 20 slagen per minuut. Controle op de variatie in de frequentie is nagegaan met behulp van geluidsbandapparatuur.

Ofschoon de hamer in werking trad wanneer een kracht van 265 gram door de onderzoeker via de stopper op de legering werd uitgeoefend is er op gelet, dat door de daaropvolgende slag een druk van 450-455 gram werd bereikt.

Voor het eigenlijke condenseren werd gebruik gemaakt van een platte, cirkelvormige stopper met een doorsnede van 3 mm. Bij het condenseren van de laatste portie amalgaam werd de rubber condensings point volgens Miller gebruikt. Hoewel deze laatste stap technisch niet nodig was, is dit gedaan om beschadiging van de rand van de mal te voorkomen.

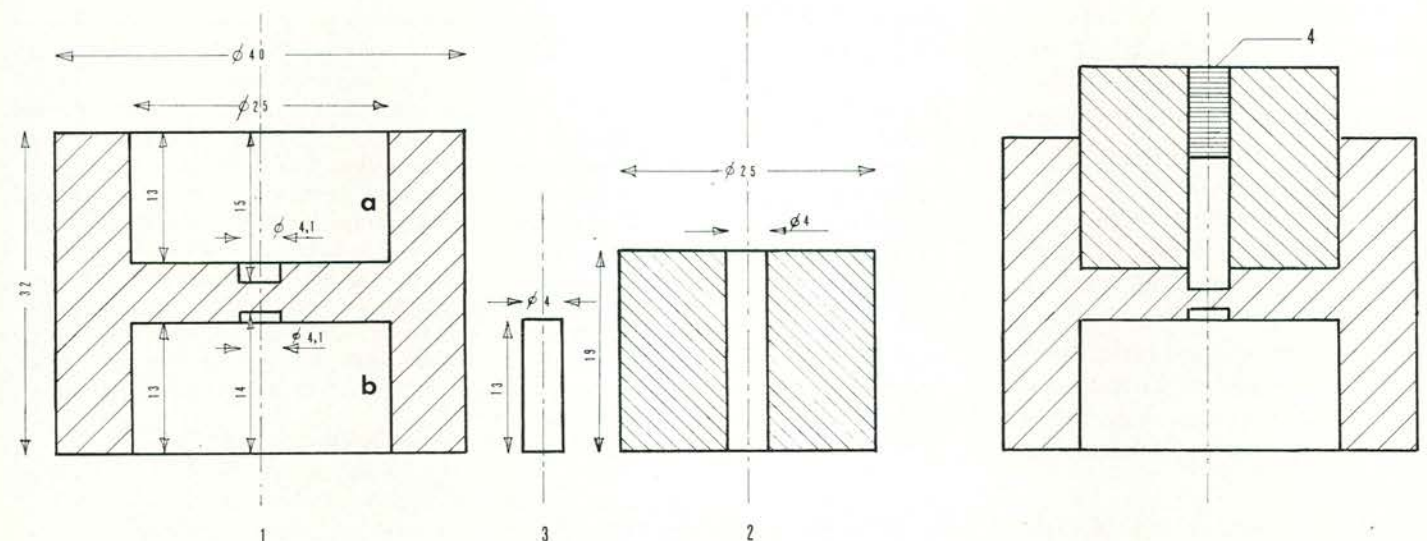
Als geen wachttijd in acht werd genomen, werd de eerste portie 30 seconden na het begin van de mengtijd gedurende 15 seconden intensief gecondenseerd, waarbij na de laatste slagen het uitgecondenseerde kwik werd verwijderd. Het condenseren van de volgende vier porties geschiedde op dezelfde wijze.

Na deze laatste handeling werd de mal in het tegenoverliggende deel (b) van de houder geplaatst waarbij de zuiger 1 mm omhoog werd gedrukt. Daardoor werd bereikt dat de bovenste millimeter van het proefstaafje boven de mal uitstak, zodat dit gedeelte met behulp van een scherp rechtekantig glasplaatje zodanig kon worden verwijderd, dat geen bescha-

* Hollenback Pneumatic Condenser - Cleveland Model 400 PC.

** Crescent Dental Mfg. Schroefopcapsule.

*** Silamat - Vivadent 4200 slagen p.m. belast met capsule.



Afb. 1. Doorsnede van de houder (1), de mal (2), de zuiger (3) en het proefstaafje (4).

diging van de rand van het staafje optrad. Nadat het proefstaafje ten minste één uur de gelegenheid had gehad in de mal te verharden, werd dit, wederom met behulp van de houder en de zuiger, 0.15 mm omhoog gedrukt, teneinde het mogelijk te maken de bovenkant van het staafje te polijsten. Er werd zorg voor gedragen dat onder- en bovenkant onderling volkomen parallel waren.

Het polijsten werd met de hand uitgevoerd in vier stappen op watervast schuurpapier met de fijnheid van resp. 240, 320, 400 en 600 grit. Na het uitdrukken van de staafjes werden deze 24 uur bewaard voordat de drukproeven werden uitgevoerd.

De druksterkte werd bepaald met behulp van een semi-elektronische trekbank merk Zwick, type nr. 1441, die op de maximale belasting van 1000 kg was ingesteld. De deformatiesnelheid bedroeg 0.5 mm per minuut.

De resten van ieder staafje werden na verbrijzeling verzameld, teneinde in een later stadium kwikanalyses te kunnen uitvoeren. De staafjes, waarvan de druksterkte bepaald werd bij $37 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ en die op analoge wijze werden vervaardigd en getest, werden 24 uur bij die temperatuur opgeslagen, terwijl tijdens de druk-

proeven het werkzame deel van de trekbank omgeven werd door een bijna gesloten kooi. Thermostatisch werd hierin de temperatuur op het gewenste peil gehouden. Voor elke bepaling werden series gemaakt van vijf proefstaafjes.

Resultaten

De resultaten van het onderzoek naar de druksterkte, beïnvloed door de ingebrachte variabelen, zijn verzameld in tabel I in de vorm van blokgrafieken, uitgedrukt in kg/mm^2 .

Deze resultaten zijn zodanig gegroepeerd dat elk drietal kolommen een zelfde mengtijd maar een variabele wachttijd vertegenwoordigt. In het gedeelte van de tabel gelegen boven de horizontale streep is van twee soorten amalgaam de druksterkte, gemeten bij $23 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$, in afhankelijkheid van mengtijd en al dan niet uitgestelde condensatie, weergegeven. Daaruit blijkt dat bij New True Dentalloy, weergegeven in het linker gedeelte van de tabel, het aanhouden van een wachttijd leidt tot een lagere druksterkte. Eveneens blijkt dat de druksterkte ook afhankelijk is van de mengtijd. Nu echter ziet men eerst een toename van sterkte wanneer de mengtijd van 7 naar 12 seconden wordt gebracht, terwijl bij 20 seconden

den weer een langere sterkte wordt verkregen. Dit verschijnsel wordt ook in de gevallen van uitgesteld condenseren waargenomen.

Opmerkelijk is echter, dat de 12 seconden mengtijdgroep een veel kleinere spreiding vertoont in vergelijking tot de beide anderen.

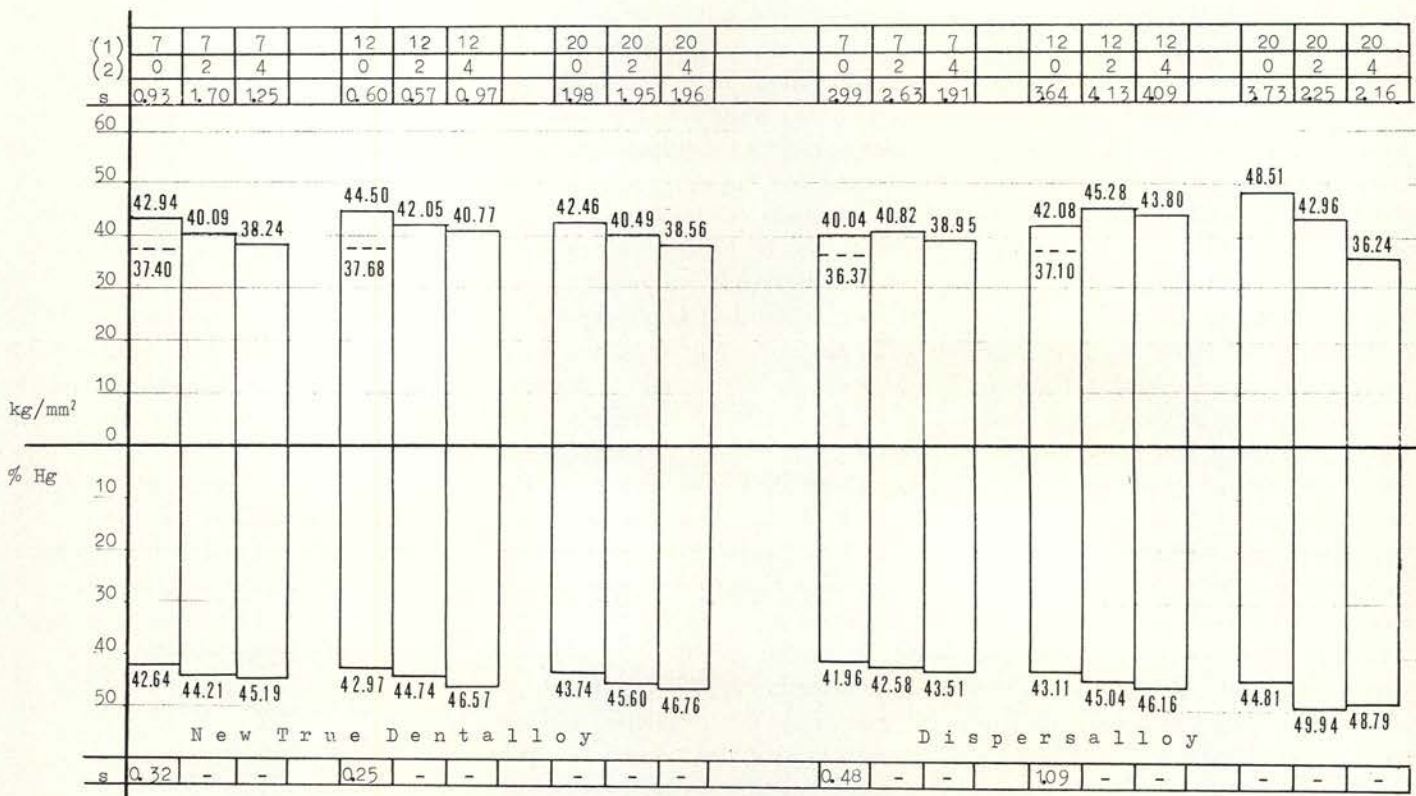
De sterkte van het Dispersalloy, afhankelijk van de reeds eerder vermelde factoren, vindt men in het rechter deel van de tabel. Hier blijkt, dat de druksterkte in de 12 seconden mengtijdgroep groter is dan die in de 7 seconden mengtijdgroep. Beschouwt men echter de 20 seconden mengtijdgroep dan blijkt, dat indien direct met condenseren wordt begonnen de druksterkte hoger uitvalt dan bij de vorige groepen.

Het instellen van een wachttijd bij de 7 en 12 seconden mengtijdgroep heeft feitelijk weinig invloed, terwijl bij de 20 seconden mengtijdgroep een duidelijke daling optreedt naar mate de wachttijd wordt verlengd. Tevens blijkt, dat de spreiding van de uitkomsten bij het Dispersalloy aanmerkelijk groter is dan van die bij het conventionele amalgaam.

In een aantal gevallen is naast de bepaling van de druksterkte bij $23 \text{ }^\circ\text{C}$ ook die bij

Tabel I. Druksterkten van 2 soorten amalgaam bij variërende mengtijd en uitgestelde condensatie. Een analyse van de kwikgehaltenes.

Verklaring: Het bovenste gedeelte van de tabel geeft de druksterkten weer, gemeten bij $22 \text{ }^\circ\text{C}$. De onderbroken lijn die bij $37 \text{ }^\circ\text{C}$. Het onderste gedeelte de bij de aan de drukproeven onderworpen staafjes gevonden kwikpercentages.



(1) Mengtijd in seconden.
(2) Wachttijd in minuten.

37 ° ± 1 °C uitgevoerd (Jørgensen, 1964). Deze waarden zijn aangegeven door onderbroken lijnen. Het New True Dentalloy vertoont daarbij ongeveer een reductie in druksterkte van 14%, terwijl die bij het Dispersalloy 10% is.

In het onderste gedeelte van tabel I zijn weergegeven de percentages kwik die in de drukstaafjes aanwezig waren.

Kan men bij het conventionele amalgaam veronderstellen, dat de druksterkte in dit onderzoek een directe relatie vertoont met het kwikpercentage, bij de gedispergeerde legering spelen kennelijk andere factoren mede een rol, ofschoon de neiging aanwezig is om bij een verlenging van de wachttijd een grotere reductie te doen ontstaan, die wellicht gepaard gaat met een hoger percentage kwik, dat in het amalgaam achterblijft. Evenwel mag het feit van de geringe spreiding in de kwikpercentages, geconstateerd bij een klinisch veelvuldig toegepaste condensatietechniek, opvallend worden genoemd. In vier groepen zijn de spreidingen in kwikgehalten weergegeven.

In andere gevallen werden vijf staafjes van één groep bij elkaar verzameld. Daarvan kon slechts het gemiddelde kwikgehalte worden vermeld.

Discussie

In de literatuur staat veelvuldig beschreven dat bij amalgaam van de conventionele samenstelling een verlenging van de mengtijd, die voert tot de zgn. 'overmix', een verhoging van de druksterkte oplevert (Philips, 1973; Lonka, 1977). Verhoging van de druksterkte zou in eerste instantie daarbij te danken zijn aan het intensievere in contact brengen van de partikels met kwik, waardoor een homogener samenstelling ontstaat waarin de chemische reacties vollediger tot stand zouden komen.

Overmatig verlengen van de mengtijd daarentegen zou bewerkstelligen dat meer kwik door de partikels geabsorbeerd zou worden waardoor de vorming van een grote hoeveelheid Sn₇Hg (γ_2), de zwakke schakel in het tandheelkundig amalgaam, zou worden bevorderd, waardoor de druksterkte nadelig wordt beïnvloed. Immers bij het mengproces worden de legeringpartikels Ag₃Sn (γ) omgeven door kwik dat daarin penetreert en oppervlakkig eerst het Ag₂Hg₃ (γ_1) en enige tijd later het Sn₇Hg (γ_2) laat ontstaan.

Langer mengen heeft tot gevolg dat

deze buitenste produktielaag wordt afgewreven. Is dan nog vrij kwik aanwezig, dan zullen ook de diepere delen van de partikels in de γ_1 -en γ_2 -fase worden uitgekristalliseerd.

Ingrijpen, door enerzijds het handhaven van een betrekkelijk korte mengtijd en anderzijds door een poederkwikverhouding, die >1 te hanteren zou de vorming van de γ_2 -fase verhinderen. Hieruit kan blijken, dat niet alleen het kwikpercentage maatgevend is voor de sterkte, maar dat ook de homogeniteit van het proefmonster een duidelijke bijdrage levert aan deze sterkte. Met betrekking tot het Dispersalloy wordt in het algemeen gesteld dat een langere mengtijd is gewenst in verband met het verwijderen van de oxydelaag die zich om de sferische Ag-Cu-partikels zou hebben gevormd (Jørgensen, 1976; Eames, 1976 b). Verlenging van de mengtijd zou dan tot een homogener reactieproduct moeten leiden.

Uit de grafieken blijkt dat, indien men geen wachttijd instelt de druksterkte bij verlenging van een mengprocedure inderdaad stijgt. De stijging van de kwikpercentages hebben daarop geen nadelige invloed. Dit opmerkelijke feit valt te verklaren door de reactie die de primair gevormde Sn₇Hg alsnog met het Cu ondergaat, waarbij de eerstgenoemde in kwantitatief opzicht sterk afneemt.

Het instellen van een wachttijd bij de 20 seconden mengtijdgroep heeft geen nut omdat bij de aanvang van de condensatie reeds verharding is opgetreden. Dit facet komt niet zo duidelijk naar voren bij de andere mengtijdgroepen. De twaalf secondengroep lijkt zelfs het tegendeel aan te geven als men geen wachttijd instelt van 2 minuten. Men zou zich de vraag kunnen stellen of in dit bijzondere geval gedurende de wachttijd alsnog een homogenere mix verkregen wordt.

Het in enkele gevallen bepalen van de druksterkte bij 37 °C gaf voor het Dispersalloy een reductie in druksterkte te zien van zeker 10%. Deze reductie is enigszins geringer dan die welke optreedt bij het conventionele amalgaam nl. 14%. Anderzijds is de

reductie van druksterkte veel kleiner dan de waarden die in de literatuur worden vermeld (Schoenmakers, 1971).

Conclusies

Uit de onderzoekresultaten kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

1. De druksterkte van het amalgaam van conventionele samenstelling wordt positief beïnvloed door de mengtijd, met dien verstande dat de grootste druksterkte wordt verkregen indien de mengtijd 12 seconden bedraagt; daarboven treedt evenwel weer een daling op.
2. De druksterkte van de conventionele legering wordt nadelig beïnvloed door het instellen van een wachttijd. Dit geldt voor elke mengtijd.
3. De afname van de druksterkte blijkt bij deze legering gerelateerd te zijn aan de toename van de hoeveelheid residueel kwik.
4. Als bij het conventionele amalgaam direct met condenseren aangevangen wordt, dan blijkt dat bij de toegepaste condensatiemethode amalgaammonsters worden verkregen met een opvallend laag percentage residueel kwik.
5. De koperrijke legering vertoont een druksterkte die positief beïnvloed wordt door verlenging van de mengtijd. De grootste druksterkte wordt verkregen indien 20 seconden wordt gemengd en indien direct daarna wordt gecondenseerd.
6. Het instellen van een wachttijd heeft bij Dispersalloy geen duidelijke invloed op de druksterkte mits de mengtijd niet tot 20 seconden wordt verlengd.
7. Instellen van een wachttijd leidt bij het koperrijke amalgaam tot proefmonsters met een hoog percentage residueel kwik ofschoon hiermede in een aantal gevallen geen lagere druksterkte gepaard gaat.

II. Dimensionele veranderingen tijdens verharding

Materiaal en methode

Analoog aan de wijze waarop voor het bepalen van de druksterkte de amalgaam-

staafjes werden gemaakt, werden ter vaststelling van de dimensionele veranderingen tijdens de verharding series van drie staafjes vervaardigd. Dit geschiedde bij een temperatuur van $23^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$.

Na de condensatie en het verwijderen van de kwikrijke bovenlaag werden de staafjes uit de mal gedrukt. Direct daarna werden zij geplaatst in de broedstoom, ingesteld op $37^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$, waarin drie microcatoren volgens Johansson stonden opgesteld (Eames, 1976 c).

Voordat de eerste meting plaats vond, kon worden geconstateerd dat de staafjes reeds tot 37°C waren opgewarmd. De kracht, die door de microcator op de bovenkant van de staafjes werd uitgeoefend was, inclusief het gewicht van het afdekkend glasplaatje, 5 ± 0.1 gram. De eerste aflezing vond plaats vijf minuten na het begin van het mengen.

Gedurende het eerste uur werd vervolgens om de vijf minuten afgelezen, daarna werd gedurende de volgende drie uren om de dertig minuten de stand van de microcator genoteerd. Na acht uur werd het aflezen met dit interval gestaakt om zestien uur later de eindmeting te verrichten. Getoetst werden de twee amalgaamsorten, die ook werden gebruikt bij het bepalen van de druksterkte.

Om de invloed van de mengtijd te constateren (Wing, 1971), werden dimensionele veranderingen gemeten van staafjes, waarvan het amalgaam resp. 7 en 12 seconden werd gemengd.

Resultaten

De resultaten van de onderzoeken om de dimensionele veranderingen te bepalen zijn verwerkt in afb. 2. Uit de curven blijkt, dat Dispersalloy zijn grootste contractie bereikt na 30 minuten nl. ter waarde van 0.07%. Hierop heeft de mengtijd geen invloed. Daarna treedt gedurende de volgende drie uren een relatieve expansie op, die ongeveer de helft van de aanvankelijke contractie weer teniet doet. Daarna treedt wederom een langzame en kleine contractie op.

Het uiteindelijke resultaat na 24 uur bestaat uit een krimp van bijna 0.05% voor het 7 seconden gemengd amalgaam en 0.07% voor het 12 seconden gemengd amalgaam.

Het conventioneel samengestelde amalgaam vertoont gedurende het eerste uur een grotere contractie, die het hoogst uitvalt voor het 12 seconden gemengd amalgaam nl. 0.2%. Hierna valt een geringe expansie te constateren, die toch weer in een contractie overgaat. De uiteindelijke krimp na 24 uur is voor het 12 seconden gemengd amalgaam zelfs groter dan 0.2%.

Discussie

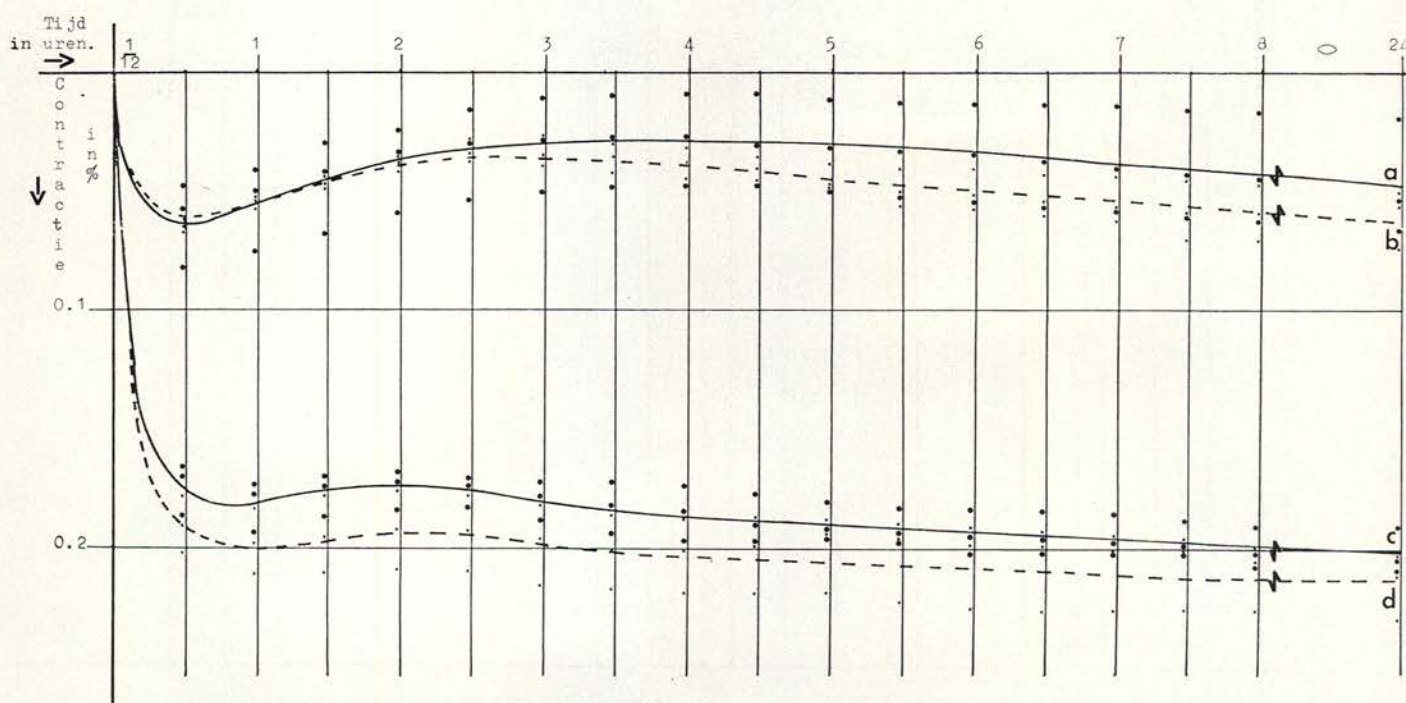
In dit onderzoek wordt een grote aanvankelijke contractie waargenomen. Voor New True Dentalloy bedraagt deze zelfs haast 0.2%. Bij deze constatering moet echter gerealiseerd

worden, dat de eerste meting, waarvan alle andere waarden afhankelijk zijn, reeds na vijf minuten plaats vond.

De reden om dit tijdstip te kiezen is gelegen in het feit, dat daardoor meer klinisch relevante gedragingen kunnen worden geregistreerd.

De andere reden voor de aanvankelijk grote contractie is het feit dat het amalgaam, in tegenstelling tot hetgeen gebruikelijk is bij laboratoriumonderzoek, zeer intensief is gecondenseerd. Zouden de metingen gebaseerd zijn op een eerste meting genomen vijftien minuten na het begin van het mengen, zoals toegepast bij de meeste specificaties voor legeringen van amalgaam, dan zou Dispersalloy, dat resp. 7 en 12 seconden werd gemengd, een 24-uurs-expansie vertonen van 0.01% en een contractie van 0.02%.

New True Dentalloy, resp. 7 en 12 seconden gemengd – en dat de eerste minuten reeds een contractie vertoont van 0.15% en 0.17% – zou dan gekarakteriseerd worden door een 24-uurs-contractie van resp. slechts 0.05% en 0.06%. De reëel optredende



Afb. 2. Dimensionele veranderingen bij verharding van 2 soorten amalgaam.

Verklaring: curve a – Dispersalloy gedurende 7 sec. gemengd, $s = 0.026$ (na 24 uur), meetpunten ●
 curve b – Dispersalloy gedurende 12 sec. gemengd, $s = 0.010$ (na 24 uur), meetpunten ■
 curve c – New True Dentalloy gedurende 7 sec. gemengd, $s = 0.011$ (na 24 uur), meetpunten ●
 curve d – New True Dentalloy gedurende 12 sec. gemengd, $s = 0.020$ (na 24 uur), meetpunten ■

contractie van 0.2% is echter bij restauraties van 'normale' afmetingen visueel en met behulp van explorerend instrumentarium duidelijk te constateren.

Het gedrag ten aanzien van de dimensionele verandering van het amalgaam wordt toegeschreven aan de volgende reacties. Direct na de aanvang van het mengproces wordt het kwik door de $Ag_3 Sn$ -deeltjes geabsorbeerd onder vorming van een vaste oplossing β . Hierbij treedt een sterke contractie op. Indien pas na 15 minuten met de metingen wordt begonnen, zal van deze contractie slechts een gering deel worden geregistreerd.

Na verloop van tijd vormen zich de $Ag_2 Hg_3 (\gamma_1)$ - en de $Sn_7 Hg (\gamma_2)$ -kristallen, die een expansie bewerkstelligen zodat het eindresultaat bij de gestandaardiseerde laboratoriumproeven nog dikwijls wordt waarge-

nomen als een expansie. Beschouwt men echter de uitkomsten van de hier beschreven proeven, dan kan men aannemen, dat door de sterke uitdrijving van het kwik tijdens de condensatie, er minder van de γ_1 - en γ_2 -fase gevormd zou worden. Verlenging van de mengtijd geeft kleinere expansie of grotere contractie. Dit gedrag, zij het in geringe mate, wordt dan ook voor het New True Dentalloy waargenomen.

Opmerkelijk is, dat het Dispersalloy een aanvankelijke contractie vertoont, die klein is in vergelijking met die van het New True Dentalloy. Ook hier wordt de contractiecurve slechts in geringe mate door langer mengen beïnvloed.

Conclusies

1. Het amalgaam met de conventionele samenstelling heeft, bij de toe-

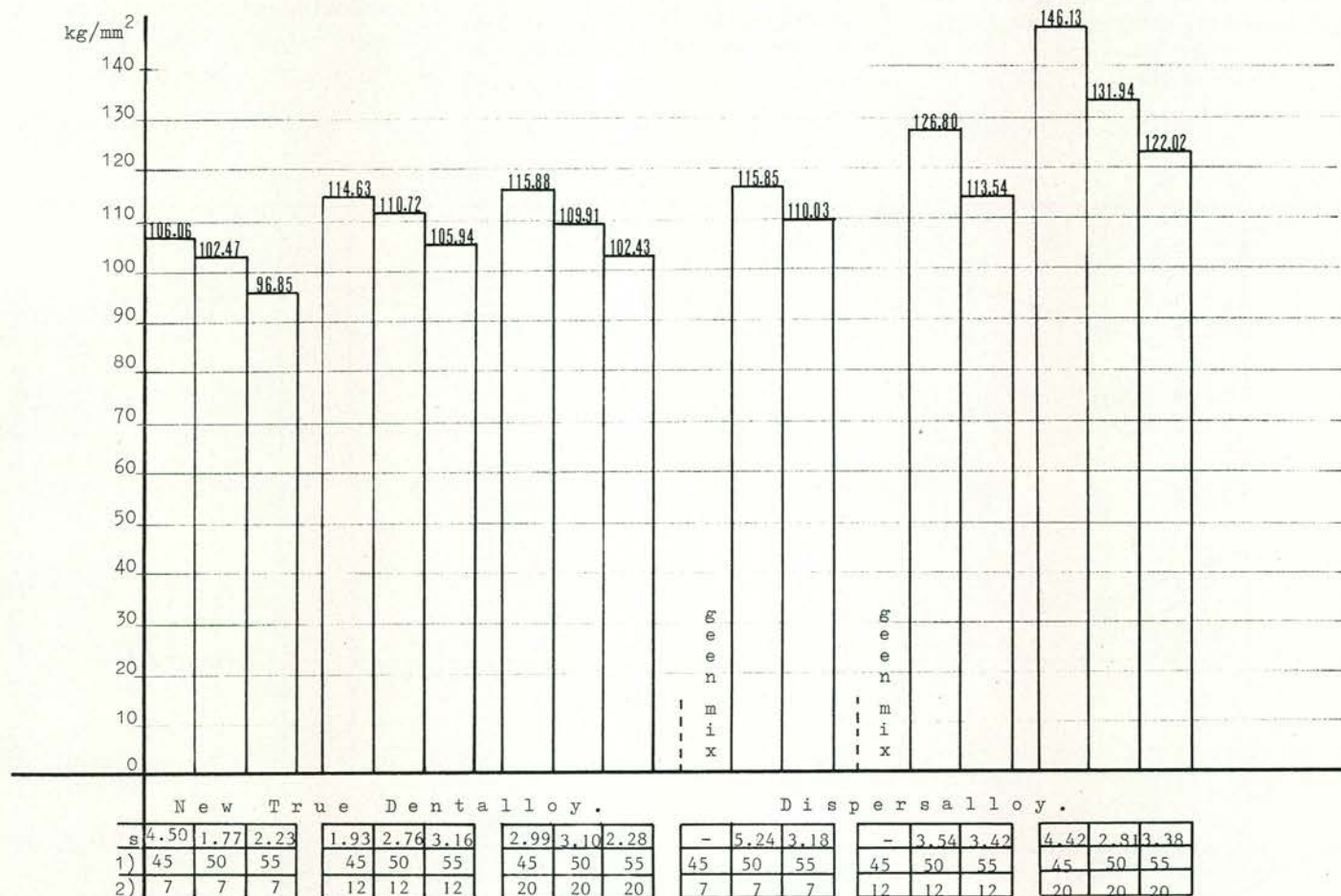
gepaste condensatietechniek en meetmethode na 24 uur een grote contractie, die de 0.2% benadert. Dispersalloy vertoont een matige contractie.

2. De contractie die optreedt gedurende de eerste vijftien minuten heeft een grote invloed op de 24 uurs-contractie, waarmee het materiaal gekarakteriseerd wordt.

3. In tegenstelling tot de in de literatuur beschreven uitkomsten van laboratoriumonderzoek aangaande de dimensionele veranderingen treden meer en grotere contracties op bij boven beschreven condensatietechniek en meetmethode.

4. Een verlenging van de mengtijd van 7 tot 12 seconden heeft nauwelijks invloed op het totale dimensionele gedrag.

Tabel II. Hardheid van twee soorten amalgaamlegeringen, vervaardigd met verschillende kwikpercentages en mengtijden.



1) Kwikpercentage.
2) Mengtijd in seconden.

III. Hardheid

Materiaal en methode

Als aanvulling op een reeds eerder gepubliceerd onderzoek (Mesman Schultz, 1973), werden de twee soorten amalgaam met verschillende hoeveelheden kwik gedurende resp. 7, 12 en 20 seconden met behulp van de Silamat gemengd. Elk mengsel werd in zijn geheel op een glasplaat gedeponereerd totdat het voldoende was uitgehard. Hierna werd het omhuld met zelfpolymeriserende kunsthar, geplaatst in een atmosfeer van 2 Atu om porositeit in de kunsthar te voorkomen. Een ruim gedeelte van het amalgaam werd afgezaagd, waarna het amalgaam oppervlak tot een plat vlak werd afgewerkt en gepolijst. Zodoende werd een oppervlak verkregen, waarvan zowel aan de rand als in het centrum op ongeveer 50 plaatsen de Vickers-hardheid kon worden bepaald onder gebruikmaking van een belasting van 5 kg.

De onderzochte mengsels bevatten resp. 45%, 50% en 55% kwik. Een hoger percentage kwik kwam niet in aanmerking, omdat mengsels met 60% kwik en hoger niet als klinisch relevant konden worden aangemerkt.

Resultaten

In tabel II zijn blokdiagrammen opgenomen, die de gemiddelde hardheid van de mengsels weergeven. Aan de voet van de tabel is resp. weergegeven de standaarddeviatie van de betreffende metingen, het percentage kwik dat in het mengsel aanwezig was en de mengtijd.

In twee gevallen, te weten bij Dispersalloy gemengd met 45% kwik en resp. 7 en 12 seconden geschud, is geen resultaat genoteerd, omdat geen homogene massa werd verkregen.

Uit de tabel blijkt, dat bij het conventionele amalgaam het kwikpercentage, ongeacht de mengtijd, maatgevend is voor de hardheid, met dien verstande, dat een hoger kwikgehalte tot een lagere hardheid leidt.

Bij het beschouwen van de mengtijd kan geen algemeen gedrag worden aangevoerd. Het New True Dentalloy vertoont in alle gevallen een toename in hardheid bij verlenging van de mengtijd van 7 naar 12 seconden. Nog langer mengen heeft geen invloed van betekenis.

Bij Dispersalloy kan alleen de invloed van de mengtijd worden nagegaan bij de mengsels die resp. 50% en 55% kwik bevatten. In beide gevallen ziet men een duidelijke toename van de hardheid naarmate langer gemengd wordt.

Discussie

Zoals eerder werd betoogd in de discussie in het hoofdstuk omtrent de

druksterktebepaling van het conventionele amalgaam ligt kennelijk de optimale mengtijd, ook met betrekking tot de hardheid, in de buurt van de 12 seconden, indien gemengd wordt in de Silamat-schudmachine (frequentie 4200 slagen per minuut). Bij gebruik van een machine met een lagere schudfrequentie zal in het algemeen deze optimale mengtijd langer zijn. Nog langer mengen geeft ook hier geen beduidend beter resultaat. Dat de hardheid is gecorreleerd aan het kwikpercentage mag weinig verrassend worden genoemd.

Uit de grafieken voor het koperrijke amalgaam blijkt, dat de hoogste hardheidswaarde werd verkregen bij 20 seconden mengen. Men zou verwachten, dat nog langer mengen tot een nog hoger resultaat zou leiden, maar beproevingen in deze richting toonden aan, dat het materiaal nauwelijks meer te verwerken was. Dit mag ook blijken uit de scherpe daling in de druksterkte, weergegeven in tabel I, voor Dispersalloy dat gedurende 20 seconden werd gemengd en waarbij wachttijden van resp. 2 en 4 minuten in acht werd genomen.

Dat langer mengen bijdraagt tot grotere hardheid van het Dispersalloy zou verklaart kunnen worden uit het feit dat Dispersalloy behalve vijlsel van de conventionele samenstelling ook zilver-koper partikels bevat, die kennelijk meer mengtijd behoeven om tot een goede amalgamatie te komen.

Conclusies

1. De hardheid van de onderzochte amalgaamsorten is rechtstreeks gekoppeld aan het kwikgehalte.
2. Bij gebruikmaking van een Silamat mengapparaat geeft verlenging van de mengtijd tot 12 seconden in alle gevallen een grotere hardheid dan bij 7 seconden. Bij de koperrijke legering worden de hoogste hardheidswaarden verkregen indien 20 seconden wordt gemengd.
3. Het samengestelde koperrijke amalgaam heeft een grotere hardheid dan het conventionele amalgaam, bij een gelijk kwikpercentage.
4. Goede menging van koperrijk

amalgaam is bij een kwikgehalte van 45% pas mogelijk bij een mengtijd van ca. 20 seconden.

Summary:

A study was made to determine to what extent a number of important physical properties of dental amalgam – used in a clinical condensation technique and with inclusion of some variables: longer mixing-time and an interval between mixing-process and condensation – correlate to the results of laboratory tests performed according to the standards of specification.

The findings included the following:

- a. The condensation technique used yields an amalgam alloy with a low mercury percentage.
- b. Prolonging the mixing-time from 7 to 12 seconds leads to greater strength with the condensation and measurement techniques used. Longer mixing, for up to 20 seconds, hardly improves the results.
- c. An interval between mixing and condensation has an unfavourable effect on the percentage of residual mercury and on the strength.
- d. The characteristic changes in dimension of the amalgam are markedly determined by the moment at which recording of these changes is started.
- e. With the techniques of condensation and measurement used the contraction after 24 hours is 0.05% for Dispersalloy and 0.2% for New True Dentalloy.
- f. A longer mixing-time hardly influences contraction.
- g. The hardness of amalgam alloys is directly related to the percentage of mercury, and a longer mixing-time results in greater hardness.
- h. The copper-rich amalgam examined has a greater hardness than the conventional amalgam, with equal mercury content.

Literatuur:

1. American Dental Association (1970): Specification no. 1 for alloy for dental amalgam. Pp. 132-135.
2. Dérand T. (1977): Marginal failure of class II restoration. *J Dent Res* 56: 481-485.
3. Dupéron D. F. et al. (1971): Clinical evaluation of corrosion resistance of conventional alloy, spherical-particle alloy and dispersion-phase alloy. *J Prost Dent* 25: 650-656.
4. Eames W. B. (1976 a): Factors influencing the marginal adaptation of amalgam. *J Am Dent Assoc* 75: 629-637.
5. Eames W. B. (1976 b): A clinical view of dental amalgam. *Dent Clin North Am* 20: 385-395.
6. Eames W. B., Macnamara J. F. (1976 c): Eight high-copper amalgam alloys and six conventional alloys compared. *Operat Dent* 1: 98-107.
7. Eames W. B., Tharp L. G., Hibbard E. D. (1973): The effect of saliva contamination

- on dental amalgam. J Am Dent Assoc 86: 652-656.
8. Flögel G. E. (1964): De invloed van de condensatiemethode op de verdeling van kwik in amalgaamrestauraties. Ned Tijdschr Tandheelkd 11: 749-759.
 9. Holst K. (1965): The influence of trituration time on the crushing strength of silver amalgam. Acta Odontol Scand 3: 231-238.
 10. Jørgensen K. D. (1964): The influence of temperature on the crushing strength of dental amalgams. Acta Odontol Scand 5: 547-556.
 11. Jørgensen K. D. (1965): The effect of delayed condensation upon the crushing strength of amalgam. Acta Odontol Scand 3: 271-275.
 12. Jørgensen K. D. (1976): Recent developments in alloys for dental amalgams: their properties and proper use. Int Dent J 26: 369-377.
 13. Letzel H. (1972): Adaptatie en tandheelkundige restauratie. Proefschrift Nijmegen.
 14. Lonka A. N. (1977): Compressive strength of high copper amalgams under variable manipulative conditions. Presentation AADR general session, Las Vegas, June.
 15. Mesman Schultz B. A. (1973): Hardheidsmetingen van amalgaamrestauraties. Ned Tijdschr Tandheelkd 5: 167-174.
 16. Phillips R. W. (1973): Skinner's Science of Dental Materials. 7th edition W. B. Saunders Company, Philadelphia.
 17. Rodhouse R. H., Paxon P. R. (1970): Thermal changes in dimension of restorative cavities. J Dent Res 49: 567-571.
 18. Schoenmakers H. P. L. (1971): Zinkhoudend of zink-vrij amalgaam? Ned Tijdschr Tandheelkd 78: 54-58.
 19. Wilson R. T., Phillips R. W., Norman R. D. (1975): Influence of certain condensation procedure upon the mercury content of amalgam restorations. J Dent Res 36: 458-461.
 20. Wing G. (1971): Modern concepts for the amalgamrestoration. Dent Clin North Am 15: 43-56.

Juli 1978.

Sorbonnelaan 16,
3584 CA Utrecht.

DE INVLOED VAN DE ACTIVERING VAN HET LACTOPEROXYDASE-SYSTEEM IN HET SPEEKSEL BIJ HET ONTSTAAN VAN CARIËS EN CHRONISCH RECIDIVERENDE AFTEN (I)

H. HOOGENDOORN
W. SCHOLTES

*Uit het laboratorium van
AKZO Dental research department*

Trefwoorden: Lactoperoxydase – Cariës – Aften

Inleiding

De betekenis van het speeksel als beschermende factor in de mond is reeds lang bekend. Een van de speekselcomponenten die hierbij een rol speelt, is het lactoperoxydasesysteem. In samenwerking met andere speekselcomponenten zoals lactoferrine en lysozyme, beperkt dit systeem de groei van bacteriën en draagt er toe bij dat een gezonde mondflora kan ontstaan die geen schade toebrengt aan de gastheer. Een op deze wijze door de gastheer geselecteerde en gecontroleerde flora levert op zijn beurt weer een bijdrage tot de verdediging van de gastheer tegen potentieel pathogene micro-organismen. Een voorbeeld van deze bescherming door de mondflora is te vinden in het optreden van schimmelinfecties indien antibiotica of chemotherapeutica de normale flora verstoren.

Het lactoperoxydase-systeem bestaat uit het enzym lactoperoxydase (LPO) dat te zamen met een ander

bestanddeel van het speeksel, thiocyanaat, en met behulp van waterstofperoxyde een bacterie-remmende verbinding (hypothiocyaniet, OSCN^-) vormt. Het waterstofperoxyde wordt gevormd door een aantal facultatief anaërobe bacteriën in de mond. Het is dus duidelijk dat hier sprake is van een wisselwerking tussen de aanwezige micro-organismen en de remmende werking van het speeksel.

Zowel het enzym (LPO) als het zout (thiocyanaat) komen vrijwel altijd in voldoende mate in het speeksel voor en het ligt dus voor de hand dat een onvoldoende remming door het speeksel het gevolg kan zijn van een tekort of relatief tekort aan waterstofperoxyde. Proeven verricht *in vitro*, zowel als *in vivo*, toonden aan dat dit inderdaad het geval is (Hooendoorn, 1974). Tevens kwam hierbij naar voren dat de dosering van waterstofperoxyde uitermate belangrijk is. Bij een geringe onderdosering aan H_2O_2 blijken de actieve bacteriën

Samenvatting:

De werking van de enzymen in de onderzochte tandpasta – Zendium® – berust op het activeren van de bacterie-remmende werking van het speeksel. Hierdoor wordt de zuurvorming en de groei van tandplaque-bacteriën verhindert, waardoor er minder cariës en gingivitis ontstaat. Daarnaast blijkt regelmatig gebruik van deze tandpasta ook een gunstig effect te hebben op het ontstaan en de genezing van aften.

De resultaten van dit dubbelblind, gekruiste onderzoek tonen aan dat er een significante voorkeur bestaat voor de pasta met enzymen. De eerste indruk, verkregen na een langduriger gebruik wijst er op dat 75% van de patiënten gunstig reageert. Hoewel voorlopige cijfers uit Zweden deze indruk versterken, dienen deze gegevens in een verder onderzoek bevestigd te worden. Van belang bij deze waarnemingen is vooral dat de effecten worden verkregen bij vrij en ongecontroleerd gebruik zonder speciale instructies.

de remstof (OSCN^-) te reduceren, terwijl bij overdosering de remstof door ontleding verloren gaat (Hooendoorn et al., 1977).

Geleidelijke vorming van H_2O_2 is dus noodzakelijk voor het reactiveren van het in speeksel aanwezige lactoperoxydase-systeem. Dit kan be-