

tum von Augen und Augenhöhlen beim Hühnerembryo. II. Die Grössenverhältnisse der Augen und Augenhöhlen bei Embryonen von 11-19 Tagen mit künstlich erzeugter einseitiger Mikrophthalmie. Acta Morphol. Neerl.-Scand. Terperse.

39. Weiss, P., Amprino, R. (1940): The effect of mechanical

stress on the differentiation of scleral cartilage in vitro and in the embryo. Growth 4: 245-258.

Adres: Prof. Dr. J. van Limborgh,  
Mauritskade 61,  
Amsterdam-O.

## ZINK-HOUDEND OF ZINK-VRIJ AMALGAAM?

H. P. L. SCHOENMAKERS

### Inleiding

Om tot een efficiënte bedrijfsvoering in de tandheelkundige praktijk te komen, is het o.a. gewenst het aantal materialen tot een minimum te beperken. Een bijkomend voordeel is, dat, als men b.v. slechts één soort silicaatcement en één soort amalgaam verwerkt, men gemakkelijker kan standaardiseren en zodoende eerder tot een optimale kwaliteit van de vulling kan komen.

Toch is het de gewoonte dat de practicus over twee soorten amalgaamlegeringen beschikt, n.l. een zinkhoudende en een zink-vrije legering.

In het algemeen geeft men de voorkeur aan de legeringen die zink bevatten en wel om de volgende redenen:

1. Zink maakt het amalgaam minder gevoelig voor de verwerkingsomstandigheden (1); het belemmert n.l. de contractie die tijdens het verharden dreigt op te treden.
2. Door de fabrikant wordt zink toegevoegd om een „gezonde” legering te verkrijgen. Het onedele zink kan n.l. voorkomen dat de legering tijdens het smeltproces met oxyden wordt verontreinigd omdat het de zuurstof van andere oxyden overneemt. Het gevormde zinkoxyde heeft een groot volume; het stijgt daarom naar de oppervlakte van de smelt (gesmolten legering) en kan dan gemakkelijk verwijderd worden.
3. Het is niet ondenkbaar dat een gezonde legering, die dus geen of zeer weinig oxyden bevat, een sterker amalgaam zal geven.

Uit een onderzoek van Jendresen e.a. (2), waarin eigenschappen van een experimentele zinkhoudende en zink-vrije legering worden vergeleken, blijkt dat de zinkhoudende legering een amalgaam levert met een hogere druksterkte.

*Uit de afdeling Materiaalkunde  
van het Tandheelkundig Instituut te Utrecht.  
Hoofd: Ir. H. P. L. Schoenmakers.*

Niettemin kleeft aan het zinkhoudend amalgaam een groot nadeel. Als n.l. dit amalgaam met vocht wordt verontreinigd, hetgeen kan geschieden als het in de handpalm wordt nagekneed of als het amalgaam in een niet droge caviteit wordt gecondenseerd, zal na verloop van enige weken een zeer grote expansie optreden. Deze expansie wordt veroorzaakt door een waterstofgas-ontwikkeling die ontstaat uit het vocht via een elektrolytisch proces tussen het onedele zink en de edeler fasen.

De excessieve expansie heeft tot gevolg dat het amalgaam verzwakt (3), terwijl het aangrenzende parodontium door de uitpuilende vulling wordt geïrriteerd. Tevens kunnen volgens Robinson (4) pijnklachten optreden als gevolg van een te grote druk op het dentine.

Bij zink-vrij amalgaam kan een dergelijke excessieve expansie niet optreden. Dit materiaal is dan ook ontwikkeld om toegepast te worden in gevallen waarbij men niet de zekerheid heeft dat de caviteit vlak voor en tijdens het condenseren droog te houden is.

Men mag zich afvragen of heden ten dage het zinkhoudende amalgaam nog steeds superieur is aan het zink-vrije amalgaam.

Men staat tegenwoordig op het standpunt dat een kleine contractie tijdens het verharden van het amalgaam klinisch geen bezwaar oplevert (5, 6). Tevens moet het mogelijk zijn om een „gezonde” legering samen te stellen door de legeringsbestanddelen te versmelten onder vacuüm of onder een schutgas.

Een eventueel kwaliteitsverschil tussen een zink-vrije en een zinkhoudende legering wordt dus in hoofdzaak bepaald door de mechanische eigenschappen van de hiermee vervaardigde amalgamen. Meestal wordt de

druksterkte genomen als maat voor de mechanische eigenschappen. De bepaling hiervan geschiedt dan bij kamertemperatuur. Dit was ook het geval bij het hierboven genoemde onderzoek van Jendresen e.a. (2). Wil men echter een uitspraak doen over de weerstand die het amalgaam kan bieden tegen kauwkrachten, dan zal men de sterkte bij mondtemperatuur moeten bepalen.

In een onderzoek van Caul e.a. (7) wordt als conclusie vermeld dat bij 37°C de druksterkte gemiddeld 15 % lager ligt dan bij 23°C. Een nadere beschouwing van de resultaten leert echter dat voor de diverse legeringen de reductie in sterkte varieert, n.l. van 8 tot 20 %.

#### Doel van het onderzoek

Om na te gaan of de voorkeur moet blijven uitgaan naar zink-houdend amalgaam, werd de druksterkte bepaald van enige fabrikaten, die zowel in zink-vrije als in zink-houdende uitvoering worden geleverd. Tevens werden in dit onderzoek twee zink-vrije legeringen opgenomen (Amalcap en Shofu) die met relatief weinig kwik een plastisch mengsel vormen, zodat een hogere druksterkte mag worden verwacht, omdat het amalgaam dan ook relatief weinig residueel kwik zal bevatten (8, 9).

Om een indruk te krijgen omtrent de verhardingsnelheid werd de druksterkte bepaald na 1 uur, terwijl als maatstaf voor de uiteindelijke sterkte de druksterkte na 24 uur werd bepaald. De proeven vonden plaats zowel bij 23°C (de internationaal afgesproken kamertemperatuur) als bij 37°C (mondtemperatuur).

#### Materialen en methoden

De amalgaamlegeringen die in dit onderzoek zijn betrokken, staan vermeld in tabel I.

Tabel I.

legering	fabrikant	charge nummer
Cavex 68 (met zink)	Keur & Sneltsjes - Haarlem	36864
Cavex 68 non zinc	„ „	96811
Novalgaam (met zink)	„ „	116822
Novalgaam non zinc	„ „	66839
Micro alloy (met zink)	Caulk Co. - Milford, Del.	23 F 65
Micro alloy non zinc	„ „ „	20 L 67
New True Dentalloy (met zink)	S.S. White - London	696810
True Dentalloy (non zinc)	„ „	136710
Amalcap (non zinc)	Vivadent - Schaan - (Liechtenstein)	50416 - 301068
Shofu Spherical non zinc	Shofu Co. - Japan	229

Alle amalgaamlegeringen werden mechanisch gemengd. De toegepaste kwik-legering verhouding, de mengapparatuur en de mengtijd staan vermeld in tabel II. Tevens is hierin de uitvoering van de legering (poedervorm of getabletteerd) opgenomen.

Tabel II.

legering	uitvoering	Hg:leg.	mengapparaat	mengtijd
Cavex 68	tablet	1,11	Wig-L-Bug <sup>1)</sup>	20 sec.
Novalgaam	tablet	1,0	Silamat <sup>2)</sup>	10 sec.
Micro alloy	tablet	1,4	Wig-L-Bug	20 sec.
True Dentalloy	tablet	1,2	Wig-L-Bug	20 sec.
Amalcap	poeder	0,78	Silamat	5 sec.
Shofu	poeder	0,88	Silamat	5 sec. en 10 sec.

Met de Wig-L-Bug werd gemengd in de bijbehorende plastic capsule met pestle.

Met de Silamat werd gemengd in de capsule waarin Amalcap geleverd wordt (zonder pestle).

<sup>1)</sup> Crescent Dent. Mfg. Chicago, Ill.

<sup>2)</sup> Vivadent Schaan - Liechtenstein

Direct na het mengen werden in een stalen proefcaviteit amalgaamstaafjes vervaardigd met een diameter van 4 mm. Hiertoe werden met een amalgaamtransporteur propjes amalgaam met een diameter van 2 mm en een lengte van 3 mm in de proefcaviteit gebracht en 8 maal aangedrukt met een ronde stopper van 3 mm in diameter, onder aanwending van een kracht van 4 Kgf. Bij deze wijze van condenseren werden staafjes verkregen waarvan het kwikgehalte bleek overeen te komen met het gemiddelde kwikgehalte van redelijk ge-

condenseerde klinische occlusale vullingen. Alleen als de betreffende gebruiksaanwijzing aangaf dat ook met een lage kracht gecondenseerd mocht worden, werd (ook) een condensatiekracht van 2 Kgf toegepast (Amalcap, Shofu).

Na het condenseren werd een toplaag ter dikte van 1 mm weggenomen zodat een staafje met een hoogte van ongeveer 8 mm werd verkregen.

Om moeilijk te controleren temperatuurswisselingen te voorkomen, werden de staafjes, die na 1 uur moesten

worden beproefd, bewaard bij 23°C. De staafjes die na 24 uur moesten worden beproefd, werden bewaard bij een temperatuur van 37°C. Zonodig werden zij 15 ± 5 minuten vóór de proef op de gewenste temperatuur gebracht.

De druksterkte werd bepaald met behulp van een elektronische trekbank\*), waarbij om de drukplaten een kast was gebouwd (zie afb. 1), waarin de tempera-

\*) Zwick 1441. Zwick & Co. KG, Eisingen bei Ulm-Donau.

Tabel III.

druksterkte van amalgaam in Kgf/mm<sup>2</sup>

	na 1 uur			na 24 uur			
	bij 23°C	bij 37°C	reductie in %	bij 23°C	bij 37°C	reductie in %	residueel kwik in %
Cavex 68 (met zink)	10,8 (0,30)	7,7 (0,35)	29	32,6 (0,65)	23,1 (0,18)	29	44,7
Cavex 68 non zinc	13,8 (0,63)	10,8 (0,50)	22	33,2 (0,88)	21,4 (0,21)	36	44,7
Novalgaam (met zink)	10,3 (0,39)	7,4 (0,37)	29	35,0 (0,43)	24,2 (0,24)	31	42,0
Novalgaam non zinc	10,4 (0,20)	7,2 (0,19)	31	30,8 (0,25)	19,5 (0,34)	37	43,6
Micro alloy (met zink)	5,4 (0,25)	4,1 (0,22)	24	29,2 (0,91)	19,8 (0,46)	32	49,4
Micro alloy non zinc	5,6 (0,39)	4,4 (0,27)	21	29,3 (0,28)	20,2 (0,14)	31	49,8
New True Dentalloy (met zink)	8,4 (0,91)	6,3 (0,32)	25	36,3 (0,52)	26,3 (0,45)	28	43,9
True Dentalloy (non zinc)	7,5 (0,58)	5,7 (0,46)	24	33,1 (0,74)	22,6 (0,52)	32	44,6
Amalcap (2 kg)	7,2 (0,32)	5,1 (0,18)	29	31,9 (0,57)	22,8 (0,34)	28	39,2
Amalcap (4 kg)	8,0 (0,54)	5,4 (0,31)	32	32,8 (0,22)	23,2 (0,27)	29	37,8
Shofu (5 sec-2 kg) non-zinc	16,1 (0,44)	10,2 (0,74)	37	35,9 (0,76)	26,0 (0,69)	28	41,1
Shofu (10 sec-2 kg) non-zinc	14,7 (0,41)	11,2 (0,47)	24	35,6 (0,73)	25,2 (0,87)	29	41,1

tuur tot op één graad Celsius te regelen was. De belastingsnelheid bedroeg ongeveer 170 Kgf/min.

Om te voorkomen dat de ruwheid van de eindvlakken van het staafje de druksterkte beïnvloedt, werden op en onder het staafje een stukje schrijfpapier en een stalen plaatje aangebracht. Een en ander is te onderscheiden in afbeelding 2.

Elke proef is in vijfvoud verricht.

De standaarddeviatie is berekend volgens de formule

$$s = \sqrt{\frac{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}{n-1}}$$

Om na te gaan of er tussen bepaalde resultaten een significant verschil bestaat, is de (1 %) t-test toegepast.

### Resultaten

De resultaten van het onderzoek zijn weergegeven in tabel III. De legeringen zijn zodanig gerangschikt dat de druksterkte van de zink-houdende amalgamen (boven) direct vergeleken kunnen worden met hun zink-vrije uitvoering (onder). De resterende zink-vrije legeringen zijn onderaan vermeld. Voor Amalcap is de condensatiekracht als variant genomen, terwijl bij Shofu de mengtijd gevarieerd is.

De eerste twee kolommen vermelden de druksterkte na 1 uur, respectievelijk bepaald bij 23 en 37°C. Een vergelijking tussen beide kolommen laat zien dat de sterkte bij 37°C steeds lager is dan de sterkte bij 23°C. De relatieve vermindering in sterkte (de reductie) is weergegeven in de derde kolom.

Dezelfde systematiek is aangehouden in de vierde, vijfde en zesde kolom; hier betreft het echter de druksterkten die na 24 uur gevonden werden.

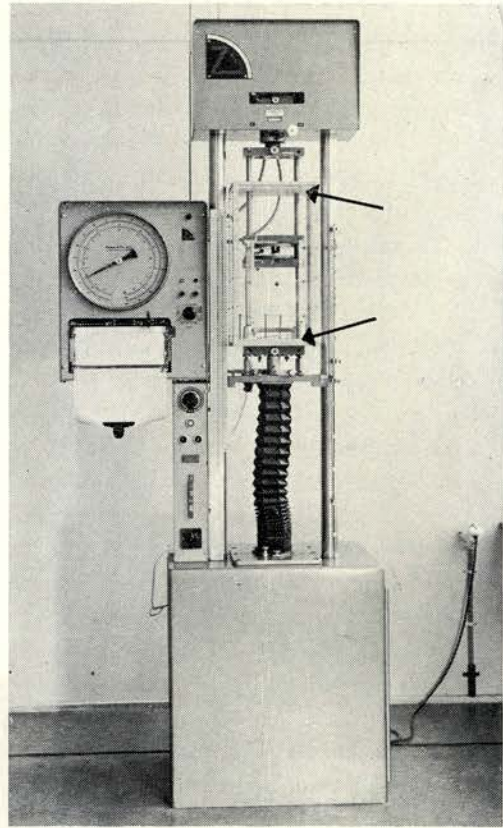
In de laatste kolom is het gemiddelde kwikgehalte (residueel kwik) van de proefstaafjes vermeld.

De getallen tussen haakjes vermelden telkens de berekende standaarddeviatie.

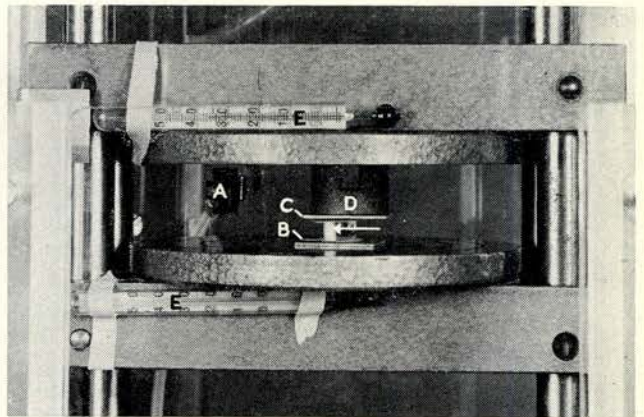
### Conclusie

De druksterkte, bepaald na 24 uur, dient als maatstaf voor de weerstand die het verharde materiaal kan bieden tegen de kauwkrachten. Uit de zesde kolom van tabel III, die de reductie van de sterkte aangeeft, blijkt dat er geen vaste relatie bestaat tussen de druksterkte respectievelijk bepaald bij kamertemperatuur en mondtemperatuur. Beide uitvoeringen van b.v. Cavex vertonen nagenoeg geen verschil in sterkte bij 23°C, terwijl bij 37°C het zink-houdende amalgaam toch sterker blijkt te zijn.

De gemiddelde reductie in sterkte van de diverse le-



Afb. 1. De trekbank, die werd gebruikt bij de bepaling van de druksterkte. De pijlen geven de plexiglasen kast aan waarin de temperatuur geregeld kan worden.



Afb. 2. Detail van afb. 1. De pijl wijst het proefstaafje aan. Verder zijn te onderscheiden: de thermostaat (A), de papiertjes (B) en stalen plaatjes (C) die de ruwheid der eindvlakken van de staafjes corrigeren, een magneet (D) ter fixatie van het bovenste stalen plaatje en de controlethermometers (E).

geringen bedraagt ongeveer 30 %, welke waarde sterk afwijkt van de waarden die de literatuur vermeldt. Hieruit mag geconcludeerd worden dat de druksterkte, bepaald bij 37°C (dit is immers de mondtemperatuur) de meest essentiële waarde is. Als deze norm wordt gehanteerd om de „klinische” mechanische kwaliteit van de zink-houdende en de zink-vrije legeringen te bepalen, dan blijkt dat statistisch kan worden aangetoond dat de zink-vrije uitvoeringen van Cavex, Novalgaam en True Dentalloy sterker zijn dan hun gepaarde zink-vrije legeringen. Het verschil in sterkte van beide uitvoeringen van Micro alloy is niet significant.

Zeer in het algemeen kan dus gesteld worden dat de toepassing van een zink-houdende legering de voorkeur verdient. Men ziet echter tussen de zink-houdende legeringen een kwaliteitsverschil. Micro alloy met zijn „klinische” sterkte van 19,8 Kgf/mm<sup>2</sup> moet als zwakste in deze reeks worden aangemerkt (hetgeen overeenkomt met het relatieve hoge gehalte aan residueel kwik), terwijl New True Dentalloy (26,3 Kgf/mm<sup>2</sup>) als de sterkste legering naar voren komt.

De zink-vrije uitvoeringen van de gepaarde legeringen variëren ook in sterkte. Hier zijn de uitersten Novalgaam (19,5) en True Dentalloy (22,6).

Vergelijken we deze waarden met de speciaal toegevoegde zink-vrije legeringen dan ziet men dat Amalcap (met zijn lage kwikgehalte) tot een behoorlijke sterkte komt, doch dat de kroon gespannen wordt door Shofu (26,0) dat kan concurreren met de sterkste van de zink-houdende legeringen uit deze reeks.

Als men de druksterkte na één uur in beschouwing neemt, dan blijkt al direct dat er een groot verschil bestaat voor de waarden die voor de diverse merken genoteerd konden worden. Het feit of een legering al of niet zink bevat, schijnt hierop niet van invloed te zijn.

Hier is natuurlijk ook weer het meest interessant de kolom die de sterkte bij 37°C aangeeft. Micro alloy noteert weer een lage waarde, n.l. iets boven de 4 Kgf/mm<sup>2</sup>. Shofu echter komt na 1 uur reeds tot een klinische sterkte van resp. boven de 10 en 11 Kgf/mm<sup>2</sup>, hetgeen van een sferische legering wel te verwachten is. Verrassend is het daarentegen dat ook Cavex non-zinc tot een dergelijke 1-uur sterkte komt.

Er bestaat geen relatie tussen de sterkte die een amalgaam na 1 uur en na 24 uur bezit. Elke legering schijnt een eigen verhardingskarakteristiek te bezitten.

#### Samenvatting:

De druksterkte (na 1 uur en na 24 uur) van 4 verschillende amalgaamlegeringen, die zowel in zink-houdende als in zink-

vrije uitvoering worden verkocht, werd bepaald bij 23°C en 37°C. Tevens werden twee zink-vrije legeringen opgenomen, die met relatief weinig kwik werden gemengd, zodat een hoge sterkte werd verwacht.

De sterkte bij 37°C bleek lager te zijn dan die bij 23°C. De reductie was echter niet dezelfde voor elke amalgaam-legering.

Drie van de zink-houdende legeringen bleken significant sterker te zijn dan de bijbehorende zink-vrije legeringen.

Een zink-vrije sferische legering bleek een hoge 1 uur en een hoge 24 uur druksterkte te bezitten.

#### Summary:

The compressive strength (after 1 hour and after 24 hour) of four different amalgam alloys, which are sold as a zinc-free and as a zinc-containing alloy, were determined at 23°C and 37°C. Also two zinc-free alloys, which has to be mixed with relative little mercury, so that a high strength is expected, were included.

The strength at 37°C appeared to be lower than the strength at 23°C. The reduction in strength was not of the same amount for the different alloys.

Three zinc-containing amalgam alloys appeared to be significant stronger than the matching non-zinc alloys. A zinc-free spherical alloy appeared to have a high 1 hour and a high 24 hour strength.

#### Literatuur:

1. *Skinner* (1954): The science of dental materials. 4e druk. W. B. Saunders Company.
2. *Jendresen, Malcom D., Ryge, Gunnar* (1960): Effect of particle thickness of zinc and non-zinc alloys. Dental Progress 1: 25.
3. *Philips, R. W., Swartz, M. L., Boozayaangool, R.* (1954): Effect of moisture contamination on compressive strength of amalgam. J.A.D.A. 49: 436.
4. *Robinson, A. D.* (1967): The experimental determination of the force produced by expansion of dental amalgam. B.D.J. 122: 377.
5. *McDonald, R. E., Philips, R. W.* (1950): Clinical observations on a contracting amalgam alloy. J. D. Res. 29:482.
6. *American Dental Association* (1969): Specification No. 1 Revised. J.A.D.A. 79: 1206.
7. *Caul, H. J., Longton, R., Sweeney, W. T., Paffenbarger, G. C.* (1963): Effect of rate loading, time of trituration and testtemperature on compressive strength of dental amalgam. J.A.D.A. 67: 670.
8. *Swartz, M. L., Philips, R. W.* (1956): Residual mercury content of amalgam restorations and its influence on compressive strength. J. D. Res. 35: 438.
9. *Jorgenson, K. D., Nielsen, M. R.* (1964): The influence of the condensation pressure upon crushing strength and mercury content of amalgam. Acta. Odont. Scand. 22: 539.

Adres: Ir. H. P. L. Schoenmakers,  
Paulus Potterlaan 33,  
Bilthoven.