



Overstap naar een nieuwe composiet met geringe krimp nu nog onverstandig

In de tandheelkunde is veel onderzoek gericht op de ontwikkeling van procedures en materialen die de negatieve effecten van krimpspanning door polymerisatie van composiet moeten voorkomen. De klinische gevolgen van krimpspanning lijken echter beperkt te zijn, op voorwaarde dat de restauratie *lege artis* wordt vervaardigd. Met de komst van op siloraan gebaseerde composieten die een lagere krimp vertonen, wordt de tandarts tegelijkertijd geconfronteerd met een aantal onzekere factoren zoals andere verwerkingseigenschappen en een nieuw polymerisatiesysteem. Langlopend klinisch onderzoek is gewenst alvorens dit nieuwe materiaal op grote schaal toe te passen.

Roeters FJM, Jong LCG de, Opdam NJM. Overstap naar een nieuwe composiet met geringe krimp nu nog onverstandig
Ned Tijdschr Tandheelkd 2009; 116: 10-15

Inleiding

Het uitharden van de meeste materialen die kunstthars bevatten gaat gepaard met krimp. Krimp treedt op tijdens de uitharding wanneer tussen losse monomeren bindingen ontstaan, waardoor ketens ofwel polymeren worden gevormd. Hoe groter het aantal bindingen dat wordt gemaakt, hoe groter de krimp. Korte monomeren zullen daarom meer krimp opleveren dan lange monomeren. Tijdens de polymerisatiereactie (de uitharding) zijn 2 fasen te onderscheiden, namelijk de gelfase en de postgelfase. Tijdens de gelfase verkeert het vulmateriaal in een viskeuze, plastische toestand waarin vervorming door vloeï van het materiaal kan plaatsvinden. Het moment waarop deze vloeï niet meer mogelijk is, wordt het gelpunt genoemd. In de postgelfase is het materiaal hard, maar toch nog enigszins elastisch zodat de krimp doorgaat, maar wel leidt tot opbouw van spanning. De krimpspanning treedt op in het materiaal zelf, maar bij aanwezigheid van een adhesieve verbinding ook in het tandweefsel (Davidson et al, 1984). Naast de krimpeigenschappen spelen ook de grootte en de vorm van de preparatie, evenals de vul- en polymerisatietechniek een rol bij de opbouw van spanning ten gevolge van de krimp. Naarmate het gebonden oppervlak groter wordt ten opzichte van het vrije oppervlak, zal de krimp zich meer in spanning vertalen. Nieuwe ontwikkelingen op het gebied van composietmaterialen richten zich op het verminderen van krimp. Hoewel een lage krimp wenselijk is, moet men zich afvragen in hoeverre de polymerisatiekrimp van invloed is op de kwaliteit van de restauratie.

Polymerisatiekrimp

Een belangrijk bestanddeel van composieten is de vulstof die inert is, maar door een oppervlaktecoating een chemische verbinding aangaat met de kunstthars. Een hoger vulstofpercentage van de composiet gaat gepaard met een grotere sterkte en slijtvastheid en een reductie van de krimp, omdat het gehalte aan kunstthars dat verantwoordelijk is voor de krimp, lager is.

Aan sommige composieten zijn prepolymerisaten (reeds uitgeharte stukjes composiet) toegevoegd, waardoor de hoeveelheid nog te polymeriseren kunstthars lager is en de uiteindelijke krimp wordt gereduceerd (Kleverlaan en Feilzer, 2005). Een andere manier om de polymerisatiekrimp van een composiet te reduceren is het gebruik van een ander type kunstthars waarbij de polymerisatiereactie met minder krimp gepaard gaat (Ilie et al, 2007). Er zijn kunsttharsen ontwikkeld waarbij ringvormige structuren in de monomeren zich tijdens polymerisatie openen. Nadelen van deze nieuwe kunstthars, die allereerst op basis van oxiranen was samengesteld, zijn vooral de matige mechanische eigenschappen, een ongunstige cytotoxiciteit en mogelijke mutageniteit. Sinds kort is in de tandheelkunde de zogenaamde 'siloraan kunstthars' geïntroduceerd, een mengsel van oxiranen en siloxanen, die een verbeterde biocompatibiliteit en redelijke mechanische eigenschappen vertoont (Schweickl et al, 2002; Schweickl et al, 2004; Palin et al, 2005). De toepassing van siloranen heeft enkele modificaties van de composiet noodzakelijk gemaakt. Zo moest de oppervlaktecoating van de vulstofpartikels worden aangepast vanwege het hydrofobe karakter van de kunstthars. Een ander probleem

was de incompatibiliteit van de op sileraan gebaseerde composiet met traditionele adhesiesystemen. De nieuwe composiet kan daarom alleen met een speciaal adhesiesysteem worden gecombineerd (Guggenberger en Weinmann, 2000).

Adhesieve en cohesieve krimpspanning

In het geval van een grote preparatie waarbij knobbels met weinig massa overblijven, zullen deze verzwakte knobbels door de krimp uiteindelijk naar elkaar toe bewegen (Tantbirojn et al, 2004; Versluis et al, 2004). Effecten van krimpspanning worden soms zichtbaar als barsten in het glazuur aan de basis van de knobbel, omdat op die plaats door buiging de spanning het grootst zal zijn (afb. 1). Door krimpspanning wordt ook de adhesieve verbinding belast en deze zal bij onvoldoende sterkte verloren gaan, met microlekkage als gevolg. Is daarentegen de hechting sterk genoeg en de weerstand tegen vervorming van het resterende tandweefsel groot, dan bouwt de spanning zich op in de composiet zelf. Naast het type kunsthars dat voor de composiet is gebruikt, wordt de polymerisatiekrimp ook sterk beïnvloed door de hoeveelheid toegevoegde vulstof. Door toevoeging van vulstof neemt de stijfheid (ook wel elasticiteitsmodulus genoemd) en de weerstand tegen vervorming toe. Dit betekent volgens sommige onderzoekers dat met het hoger worden van het vulstofpercentage de krimpspanning aan het grensvlak tussen restauratie en gebitselement oploopt. Bij composieten met meer elastische eigenschappen als gevolg van een lager vulstofgehalte wordt de spanning opgevangen in de kunstharsmatrix (De Gee et al, 2007). Ander onderzoek kan echter geen duidelijke relatie aantonen tussen de hoogte van het vulstofgehalte en de krimpspanning (Watts et al, 2003).

Niet alle krimp wordt in spanning vertaald. Verondersteld wordt dat van de totale volumetrische krimp tijdens polymerisatie alleen de krimp tijdens de postgelfase, die slechts een vijfde tot eentiende deel van de totale volumetrische krimp bedraagt, leidt tot het ontwikkelen van krimpspanning (Versluis et al, 2004). Het is de vraag of geringe verschillen in volumetrische krimp ook terug te vinden zijn in de kwaliteit van de restauratie. Op de lange termijn zal in de composiet een reductie van de krimpspanning optreden doordat de kunstharsfase water opneemt (Rüttermann et al, 2007). Bij een hoog gehalte aan kunsthars of een matige verbinding tussen vulstof en kunsthars kan deze hygroscopische expansie substantieel zijn (Yap et al, 2001). Ongeacht het bestaan van een aantal controverses lijkt een verlaging



Afb. 1. Na het leggen van een drievlaks composietrestauratie in de tweede premolaar in de bovenkaak is aan de basis van de palatinale knobbel een fractuurlijn zichtbaar geworden.

van de krimpspanning wenselijk en dit is ook te bereiken door maatregelen te nemen tijdens het aanbrengen en polymeriseren van de restauratie.

Invloed van de vul- en polymerisatietechniek

Het optreden van krimpspanning in een restauratie wordt ook beïnvloed door de vorm van de preparatie, uitgedrukt in de configuratiewaarde (ofwel C-factor), en de vultechniek. De configuratiewaarde is de verhouding tussen gebonden oppervlak en vrij oppervlak van een hoeveelheid composiet die is aangebracht in een caviteit (Feilzer et al, 1987). Een composiet die in een preparatie wordt geapliceerd waar eerst een adhesieve techniek is toegepast, zal krimp vertonen in de richting van het oppervlak waar het vast zit (Cho et al, 2002). Er treedt dan vloeï op in het materiaal vanuit het ongebon-

den ofwel vrije oppervlak. Naarmate de verhouding tussen het gebonden en vrije oppervlak groter wordt, is de situatie ongunstiger omdat de mogelijkheden tot vloeï afnemen. Het effect van verschillen in configuratiewaarde op de randspleetvorming zal duidelijk naar voren komen op het moment dat bij een ongunstige configuratiewaarde de composiet in bulk wordt aangebracht en uitgehard (Opdam et al, 1998; Moreira da Silva et al, 2007). Bij een juiste plaatsingstechniek wordt de restauratie echter niet in bulk maar in lagen geapliceerd en uitgehard. Dit wordt gedaan om de verhouding tussen gebonden en vrij oppervlak gunstig te beïnvloeden, maar ook om een goede uitharding in de diepte te waarborgen. Door composieten in lagen aan te brengen en uit te harden wordt de krimpspanning dan ook gereduceerd (Lee et al, 2007). Het aanbrengen en uitharden in lagen zorgt ervoor dat de gehele restauratie voldoende wordt belicht, hetgeen zowel de sterkte van de composiet als de hechting ten goede komt (Najif et al, 2008). Een andere vaak gepropageerde methode om de krimpspanning op te vangen is het aanbrengen van een onderlaag van een materiaal met een lage elasticiteitsmodulus, zoals bij een sandwichtechniek met een glasionomeercement of een laagviskeuze composiet. *In vitro*- en *in vivo*-onderzoeken hebben aangetoond dat een onderlaag van glasionomeercement de bovenliggende composietrestauratie gevoeliger maakt voor breuk door vermoeïing (Ausiello et al, 1997; Opdam et al, 2007a). Laagviskeuze composieten die een laag percentage vulstof bevatten, hebben echter weer een zo grote volumetrische krimp dat de krimpspanning in de restauratie uiteindelijk niet minder is dan bij een gewone composiet (Braga et al, 2003).

Naast de wijze van verwerking heeft ook de polymerisatie-techniek een effect op de krimpspanning. Bij een lagere uithardingsgraad (conversiegraad) van een composiet, zoals bij chemisch hardende composieten, zal de totale krimp en krimpspanning lager zijn. Het toepassen van 'soft-start' polymerisatietechnieken die beogen de gelfase te verlengen, blijkt geen of slechts een marginale vermindering van de krimp(spanning) op te leveren (Chye et al, 2005; Hofmann en Hunecke, 2006; Fleming et al, 2007; Visvanathan et al, 2007). Wel blijkt dat uithardingslampen met een hoge lichtintensiteit meer krimp veroorzaken, maar dit is dan ook weer gekoppeld aan een grotere hardheid van het materiaal (Visvanathan et al, 2007).

Klinische relevantie van polymerisatiekrimp en krimpspanning

De belangrijkste redenen voor falen van composietrestauraties zijn secundaire cariës en breuk van de restauratie en/of het gebitselement (Sarrett, 2005). Minder vaak voorkomende redenen voor falen zijn onder meer het optreden van postoperatieve pijn, pulpanecrose en slechte proximale contacten (Hickel et al, 2001). Of krimp en krimpspanning hierbij een rol spelen is te betwijfelen. Bovenal wordt de behandelaar als de meest bepalende factor voor het succes van de restauratie gezien. In dat kader is het ook opvallend dat in longitudinaal prospectief onderzoek composietrestauraties een goede levensduur hebben (Hickel et al, 2001). In retrospectief onderzoek echter laat composiet soms een relatief hoog jaarlijks faalpercentage zien. Deze uitkomsten komen vooral voor in onderzoek dat gebaseerd is op gegevens verkregen uit de algemene tandartspraktijk (Hickel et al, 2001). Het verschil zou kunnen worden verklaard uit het feit dat bij prospectieve onderzoeken de behandelaars meestal een training hebben gevolgd hoe ze composiet dienen te verwerken. Bij retrospectief onderzoek in algemene tandartspraktijken is er zeker in het verleden vaak sprake geweest van behandelaars die weinig training hadden gevolgd in de correcte verwerking van composiet. Andere retrospectieve onderzoeken naar composietrestauraties in posterieure gebitselementen vervaardigd in de algemene tandartspraktijk laten wel een goede levensduur zien (Da Rosa Rodolfo et al, 2006; Opdam et al, 2007b). Opvallend bij onderzoeken waarbij het jaarlijkse faalpercentage van composiet hoog uitvalt, is dat het optreden van nieuwe cariës regelmatig als reden voor falen wordt vermeld. Dit falen zou een verband kunnen hebben met polymerisatiekrimp. Binnen de cariologie bestaat op dit moment echter duidelijke consensus over de noodzaak van een randspleet van 240 µm tot 400 µm breed als voorwaarde voor het optreden van secundaire cariës in de randspleet tussen restauratie en gebitselement (Kidd en O'Hara, 1990; Özer, 1997; Thomas et al, 2007). Dergelijke grote randspleten komen niet tot stand door polymerisatiekrimp, maar lijken het gevolg van het niet goed op zijn plaats komen van de composiet tijdens de restauratieve procedure. Dit laatste aspect is duidelijk afhankelijk van de

behandelaar en verklaart ook waarom zulke grote verschillen in faalpercentages worden gevonden bij verschillende onderzoeken. Zo was in een klinisch onderzoek uitgevoerd in New England het faalpercentage voor composiet en compomeer veel groter dan voor amalgaam (Soncini et al, 2007). Daartegenover staat een eveneens in een algemene tandartspraktijk uitgevoerd onderzoek met als uitkomst een gelijke levensduur voor beide vulmaterialen (Opdam et al, 2007b).

Een ander mogelijk gevolg van de polymerisatiekrimp en de bijbehorende krimpspanning is het optreden van postoperatieve klachten. In een klinisch onderzoek werden significant minder postoperatieve klachten gevonden wanneer composietrestauraties in occlusale gebitselementen werden vervaardigd met een applicatie in 2 lagen dan bij applicatie in bulk (Opdam et al, 1998). In een vergelijkbaar klinisch onderzoek naar klasse II-restauraties was het effect van het type adhesief op de postoperatieve klachten significant, maar kon geen verschil worden gevonden in microlekkage tussen de verschillende behandelmethoden. In geen enkel onderzoek is ooit een verband aangetoond tussen postoperatieve klachten en het type composiet. Het lijkt dan ook dat postoperatieve klachten niet of slechts minimaal worden beïnvloed door de verschillen in krimp van de composiet en meer afhankelijk zijn van het gebruikte adhesiefsysteem (Sarrett, 2005). Barsten in het gebitselement als gevolg van de vervorming van de knobfels door de krimp zijn natuurlijk ongewenst. Er zijn echter geen klinische onderzoeken die melding maken van een invloed van dergelijke onvolledige scheurtjes op de levensduur van restauraties. De klinische relevantie lijkt dus beperkt te zijn.

Op basis van een *in vitro*-onderzoek naar de krimpspanning van een groot aantal composieten wordt gesuggereerd dat het verstandig is om in situaties waarin weinig vervorming van het gebitselement mogelijk is, zoals bij een klasse V-restauratie, een materiaal te gebruiken dat een lage krimpspanning oplevert (Kleverlaan et al, 2005). Uit beschikbaar klinisch onderzoek is echter nooit een verband aangetoond tussen krimpspanning van individuele composieten en hun functioneren. Daarentegen lijken materialen met een lagere stijfheid (en dus geringere krimpspanning) minder geschikt om langdurig zware belasting te weerstaan. In een klinisch onderzoek werden een microfijne composiet, een submicron hybride composiet en een hooggepulde hybride composiet in premolaren en molaren toegepast (Collins et al, 1998). Na 8 jaar bleken de microfijne composiet (Heliomolar®, Vivadent) en de submicron hybride composiet (Herculite®, Kerr) meer bulkbreuk en randbreuk te laten zien dan de hooggepulde hybride composiet (P30®, 3M), die op basis van het vulstofgehalte beduidend meer krimpspanning zal genereren. Ook andere klinische onderzoeken lieten zien dat randbreuk meer voorkomt bij microfijne composieten (Heliomolar, Vivadent) dan bij conventionele hybride composieten (Dietschi en Holz, 1990). De conclusie is dat krimp bij een correcte verwerking van de meeste adhesiesystemen en composieten niet tot problemen leidt.



Afb. 2. a. Een knobbelopbouw vervaardigd met een nieuwe composiet met geringe krimp (Filtek Silorane®).



b. Het stugge karakter van het materiaal heeft buccaal tot een slechte adaptatie aan het caviteitsoppervlak geleid.

Nieuwe composiet met een geringe krimp

Bij het beoordelen van de kwaliteit van een restauratiemateriaal moet men zich niet beperken tot 1 aspect maar het hele complex van factoren in ogenschouw nemen. Bij het introduceren van een nieuw materiaal ontbreekt vaak informatie over belangrijke aspecten, zoals de fysische eigenschappen van de composiet en de effectiviteit van het bijhorende adhesiefsysteem. In dat geval is het veiliger om zich aan reeds bewezen technieken te houden. Een dergelijke terughoudendheid is op zijn plaats wanneer er materialen met nieuwe technologieën worden toegepast. Kramer et al (2005) evalueerden de onderzoeken die zijn verschenen over de materialen Solitaire® en Ariston®. Beide materialen werden als veelbelovende innovaties op de markt gebracht, maar bleken later een faliekante mislukking te zijn. Kramer et al (2005) adviseerden daarom in hun conclusie om in het vervolg ten minste 2 jaar klinische resultaten af te wachten alvorens nieuwe composieten met een nieuwe technologie op het gebied van vulstof of polymeertechnologie in de praktijk te gaan toepassen. Andere onderzoekers bepleiten zelfs een langere evaluatieperiode in acht te nemen (Van Dijken en Sunnegardh-Gronberg, 2006). Dit werd geconcludeerd op basis van ervaringen met een vezels bevattende composiet die pas na 3 jaar klinisch functioneren een sterke stijging van het aantal falende restauraties liet zien.

Voor een duurzame restauratie moet de composiet goed zijn te verwerken (dat wil zeggen zonder al te veel porositeiten te appliceren zijn), en sterk en slijtvast zijn (een voldoende hoog vulstofgehalte hebben). De nieuwe op siloraan gebaseerde composiet toegepast in posterieure gebitsele-

menten, Filtek Silorane® (3M), heeft een relatief laag percentage vulstof van 55 volumepercent, waar de meeste andere composieten toegepast in posterieure gebitselementen 10 tot 25% meer vulstof bevatten. Het is mogelijk dat betere fysische eigenschappen van de siloraan kunstthars bij dit lage vulstofgehalte toch zorgen voor een voldoende sterke composiet. Daarover is bij gebrek aan klinische resultaten te weinig bekend. Randspleten kunnen ook ontstaan door een slechte adaptatie van het vulmateriaal aan de caviteitswand. De consistentie van deze nieuwe composiet is zeer stug, waardoor extra aandacht moet worden besteed aan de adaptatie (afb. 2). In een *in vitro*-onderzoek werden klasse I-preparaties in bulk of in lagen gerestaureerd met conventionele composieten en een op siloraan gebaseerde composiet (Yamazaki et al, 2008). Daarbij bleken de op siloraan gebaseerde restauraties veel inwendige spleten te vertonen. In theorie zou het mogelijk zijn een composiet met een geringe krimp in bulk te appliceren en uit te harden zonder dat de krimpspanning hoog oploopt. Dit zou een tijdsbesparing kunnen opleveren ten opzichte van een composiet die laagsgewijs moet worden uitgehard. Echter, de huidige siloraan composiet moet nog steeds in lagen worden aangebracht en uitgehard om voldoende polymerisatie in de diepte te bereiken. De lichtintensiteit van de polymerisatielamp moet ten minste 1.000 mW/cm² bedragen om een belichtingstijd van 20 seconden per laag mogelijk te maken. In geval van een lamp met een lagere lichtintensiteit wordt geadviseerd iedere laag ten minste 40 seconden te polymeriseren.

Daarnaast moet iedere composiet met een goed adhesiefsysteem worden gecombineerd. Van de nieuwe voor

siloraan ontwikkelde adhesieven, die essentieel zijn bij toepassing van siloraan composieten, zijn eveneens nog geen klinische resultaten bekend. Een laboratoriumonderzoek bij klasse V-restauraties liet zien dat de op siloraan gebaseerde composiet met adhesiefcombinatie significant meer lekkage vertoonde aan de glazuurzijde dan conventionele composieten met adhesiefsystemen (Ernst et al, 2008). In ieder geval kan de tandarts bij toepassing van een op siloraan gebaseerde composiet niet gebruikmaken van bewezen gouden standaardmaterialen zoals driestappen ets- en spoeladhesieven.

Conclusie

Hoewel polymerisatiekrimp en krimpspanning als nadelige factoren van op kunstharis gebaseerde composieten worden gezien, blijkt de klinische relevantie gering op voorwaarde dat een goed adhesiefsysteem wordt gebruikt en de composiet op de juiste wijze wordt verwerkt. Applicatie en polymerisatie in lagen is daarbij noodzakelijk. Het gebruik van composieten die minder krimp vertonen dan conventionele hybride composieten lijkt vooralsnog weinig klinische voordelen op te leveren. De op dit moment verkrijgbare composiet met een geringe krimp kan niet in bulk worden aangebracht en uitgehard, maar stelt juist hoge eisen aan de polymerisatie-lamp en de belichtingstijd. Het is verstandig de resultaten van langlopend klinisch onderzoek af te wachten zodat het optreden van ernstige mislukkingen kan worden voorkomen. Tot die tijd kan men beter gebruik blijven maken van bewezen materialen en technieken waarmee bij een goede verwerking uitstekende resultaten zijn te behalen.

Literatuur

- *Ausiello P, Gee AJ de, Rengo S, Davidson CL.* Fracture resistance of endodontically-treated premolars adhesively restored. *Am J Dent* 1997; 10: 237-241.
- *Braga RR, Hilton TJ, Ferracane JL.* Contraction stress of flowable composite materials and their efficacy as stress-relieving layers. *J Am Dent Assoc* 2003; 134: 721-728.
- *Cho BH, Dickens SH, Bae JH, Chang CG, Son HH, Um CM.* Effect of interfacial bond quality on the direction of polymerization shrinkage flow in resin composite restorations. *Oper Dent* 2002; 27: 297-304.
- *Chye CH, Yap AU, Laim YC, Soh MS.* Post-gel polymerization shrinkage associated with different light curing regimens. *Oper Dent* 2005; 30: 474-480.
- *Collins CJ, Bryant RW, Hodge KLV.* A clinical evaluation of posterior composite resin restorations: 8-year findings. *J Dent* 1998; 26: 311-317.
- *Da Rosa Rodolpho PA, Cenci MS, Donassollo TA, Loguercio AD, Demarco FF.* A clinical evaluation of posterior composite restorations: 17-year findings. *J Dent* 2006; 34: 427-435.
- *Davidson CL, Gee AJ de, Feilzer A.* The competition between the composite-dentin bond strength and the polymerization contraction stress. *J Dent Res* 1984; 12: 1396-1399.
- *Dietschi D, Holz J.* A clinical trial of four light-curing posterior composite resins: two-year report. *Quintessence Int* 1990; 21: 965-75.
- *Dijken JW van, Sunnegårdh-Grönberg K.* Fiber-reinforced packable resin composites in Class II cavities. *J Dent* 2006; 34: 763-769.
- *Ernst CP, Galler P, Willershausen B, Haller B.* Marginal integrity of class V restorations: SEM versus dye penetration. *Dent Mater* 2008; 24: 319-327.
- *Feilzer AJ, Gee AJ de, Davidson CL.* Setting stress in composite resin in relation to configuration of the restoration. *J Dent Res* 1987; 66: 1636-1639.
- *Fleming GJP, Cara RR, Palin WM, Burke FJT.* Cuspal movement and microleakage in premolar teeth restored with resin-based filling materials cured using a 'soft-start' polymerisation protocol. *Dent Mater* 2007; 23: 637-643.
- *Gee AJ de, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ.* Krimp en krimpspanning. Welke composiet voor welke caviteitsvorm? *Ned Tandartsenblad* 2007; 62: 26-29.
- *Guggenberger R, Weinmann W.* Exploring beyond methacrylates. *Am J Dent* 2000; 13: 82D-84D.
- *Hickel RA, Manhart J.* Longevity in posterior teeth and reasons for failure. *J Adhes Dent* 2001; 3: 45-64.
- *Hofmann N, Hunecke A.* Influence of curing methods and matrix type on the marginal seal of class II resin-based composite restorations *in vitro*. *Oper Dent* 2006; 31: 97-105.
- *Ilie N, Jelen E, Clementino-Luedemann T, Hickel R.* Low-shrinkage composite for dental application. *Dent Mater J* 2007; 2: 149-155.
- *Kidd EAM, O' Hara JW.* The caries status of occlusal amalgam restorations with marginal defects. *J Dent Res* 1990; 69: 1275-1277.
- *Kleverlaan JC, Feilzer AJ.* Polymerization shrinkage and contraction stress of dental resin composites. *Dent Mater* 2005; 21: 1150-1157.
- *Krämer N, García-Godoy F, Frankenberger R.* Evaluation of resin composite materials. Part II: *in vivo* investigations. *Am J Dent* 2005; 18: 75-81.
- *Lee MR, Cho BH, Son HH, Um CM, Lee IB.* Influence of cavity dimension and restoration methods on the cusp deflection of premolars in composite restoration. *Dent Mater* 2007; 23: 288-295.
- *Moreira da Silva E, Santos GO dos, Guimarães JGS, Barcellos AAL de, Sampaio EM.* The influence of C-factor, flexural modulus and viscous flow on gap formation in resin composite restorations. *Oper Dent* 2007; 32: 356-362.
- *Nayif MM, Nakajima M, Foxton RM, Tagami J.* Bond strength and ultimate tensile strength of resin composite filled into dentine cavity; effect of bulk and incremental filling technique. *J Dent* 2008; 36: 228-234.
- *Opdam NJ, Feilzer AJ, Roeters JJ, Smale I.* Class I occlusal composite resin restorations: *in vivo* post-operative sensitivity, wall adaptation, and microleakage. *Am J Dent* 1998; 11: 229-234.
- *Opdam NJ, Bronkhorst EM, Roeters JM, Loomans BA.* Longevity and reasons for failure of sandwich and total-etch posterior composite resin restorations. *J Adhes Dent* 2007a; 9: 469-475.
- *Opdam NJ, Bronkhorst EM, Roeters JM, Loomans BA.* A retrospective clinical study on longevity of posterior composite and amalgam restorations. *Dent Mater* 2007b; 23: 2-8.
- *Özer L.* The relationship between gap size, microbial accumulation and the structural features of natural caries in extracted teeth with class II amalgam restorations. Copenhagen: University of Copenhagen, 1997.

- *Palin WM, Fleming GJ, Nathwani H, Burke FJ, Randall RC.* In vitro cuspal deflection and microleakage of maxillary premolars restored with novel low-shrink dental composites. *Dent Mater* 2005; 21: 324-335.
- *Rüttermann S, Krüger S, Raab WHM, Janda R.* Polymerization shrinkage and hydropscopic expansion of contemporary posterior resin-based filling materials – a comparative study. *J Dent* 2007; 35: 806-813.
- *Sarrett DC.* Clinical challenges and the relevance of materials testing for posterior composite restorations. *Dent Mater* 2005; 21: 9-20.
- *Schweikl H, Schmalz G, Weinmann W.* Mutagenic activity of structurally related oxiranes and siloranes in *Salmonella typhimurium*. *Mutat Res* 2002; 521: 19-27.
- *Schweikl H, Schmalz G, Weinmann W.* The induction of gene mutations and micronuclei by oxiranes and siloranes in mammalian cells *in vitro*. *J Dent Res* 2004; 83: 17-21.
- *Soncini JA, Maserejian NN, Trachtenberg F, Tavares M, Hayes C.* The longevity of amalgam versus compomer/composite restorations in posterior primary and permanent teeth. Findings from the New England children's amalgam trial. *J Am Dent Assoc* 2007; 138: 763-772.
- *Tantbirojn D, Versluis A, Pintado MR, DeLong R, Douglas WH.* Tooth deformation patterns in molars after composite restoration. *Dent Mater* 2004; 20: 535-542.
- *Thomas RZ, Ruben JL, Bosch JJ ten, Fidler V, Huysmans MCDNJM.* Appoximal secondary caries lesion progression, a 20 weeks *in situ* study. *Caries Res* 2007; 41: 399-405.
- *Versluis A, Tantbirojn D, Pintado MR, DeLong R, Douglas WH.* Residual shrinkage stress distributions in molars after composite restoration. *Dent Mat* 2004; 20: 554-564.
- *Visvanathan A, Ilie N, Hickel R, Kunzelmann KH.* The influence of curing times and light curing methods on the polymerization shrinkage stress of a shrinkage-optimized composite with hybrid-type prepolymer fillers. *Dent Mater* 2007; 23: 777-784.
- *Watts DC, Marouf AS, Al-Hindi AM.* Photo-polymerization shrinkage stress kinetics in resin-composites: methods development. *Dent Mater* 2003; 19: 1-11.
- *Yamazaki PC, Bedran-Russo AK, Pereira PN, Swift EJ.* Microleakage evaluation of a new low-shrinkage composite restorative material. *Oper Dent* 2006; 31: 670-676.
- *Yap AUJ, Tan SHL, Wee SSC, Lee CW, Lim ELC, Zeng KY.* Chemical degradation of composite restoratives. *J Oral Rehab* 2001; 28: 1015-1021.

Summary

Change to a new composite with low shrinkage not sensible at this point

In dentistry much research focuses on the development of procedures and materials with the aim of preventing negative effects of polymerisation shrinkage stress of composite resin. The clinical implications of shrinkage stress seem to be limited as long as correct restorative procedures are precisely followed. With the introduction of a silorane-based composite resin exhibiting a low-shrinkage behaviour the dentist is confronted with some uncertain factors. Long-term clinical studies are needed before applying these materials on a large scale.

Bron

F.J.M. Roeters, L.C.G. de Jong, N.J.M. Opdam

Uit de afdeling Preventieve en Curatieve Tandheelkunde van het UMC St Radboud in Nijmegen

Datum van acceptatie: 23 juni 2008

Adres: dr. F.J.M. Roeters, UMC St Radboud, huispost 309, postbus 9101, 6500 HB Nijmegen
j.roeters@dent.umcn.nl