

Het cariësremmende effect van antibacteriële bonding *in vitro* gaat verloren door veroudering

Samenvatting. In een *in vitro*-onderzoek werd onderzocht of veroudering van restauratiematerialen invloed heeft op het ontstaan van secundaire cariëslaesies. De onderzoeksvraag was of antibacteriële bonding na veroudering zijn effect behield. Er werden 60 glazuur-dentineproefstukjes gerestaureerd met 3 verschillende restauratiematerialen (n = 20 per materiaal): composiet met conventionele bonding, composiet met antibacteriële bonding en amalgaam. De helft van de proefstukjes in elke groep (n = 10) werd gesimuleerd verouderd, waarbij de proefstukjes werden blootgesteld aan een sucrose-biofilmmodel. Vervolgens werd de laesiediepte gemeten door middel van transversale microradiografie. Veroudering leidde tot diepere laesies in de groep composiet met antibacteriële bonding (CAB), vergeleken met verse proefstukjes. Deze verse proefstukjes vertoonden minder diepe laesies dan verse proefstukjes van composiet met conventionele bonding. Na veroudering was dit verschil verdwenen. Binnen de beperkingen van dit *in vitro* kortetermijnonderzoek is de conclusie dat veroudering van restauratiematerialen de cariësprogressie kan beïnvloeden. Antibacteriële bonding verliest haar effect met de tijd.

Hollanders ACC, Kuper NK, Huysmans MCDNJM. Het cariësremmende effect van antibacteriële bonding *in vitro* gaat verloren door veroudering

Ned Tijdschr Tandheelkd 2020; 127: 417-423

doi: <https://www.doi.org/10.5177/ntvt.2020.07/08.19119>

INLEIDING

Met secundaire cariës worden cariëslaesies aangeduid die zich dicht bij de rand van een bestaande restauratie ontwikkelen (afb. 1) (Mjör en Toffenetti, 2000). Secundaire cariës is een belangrijke reden voor het falen van restauraties, in het bijzonder bij hoog-cariësrisicopatiënten (Opdam et al, 2010; Van de Sande et al, 2016). Specifieke eigenschappen van restauratiematerialen kunnen het secundaire cariësproces beïnvloeden.

Vanuit sommige materialen komen ionen vrij die kunnen worden gebruikt voor remineralisatie, zoals fluoride uit glasionomeercement (Czarnecka et al, 2007). Van amalgaam is bekend dat het bacteriostatische eigenschappen heeft en de oxidatieproducten van het materiaal de randspleet tussen gebitselement en restauratie zouden kunnen dichten (Ben-Amar et al, 1995; Morrier et al, 1998; Mahler et al, 2009). Verschillende klinische onder-

zoeken hebben laten zien dat bij patiënten met een hoog cariësrisico composietrestauraties vaker falen wegens secundaire cariës dan amalgaamrestauraties (Bernardo et al, 2007; Soncini et al, 2007; Opdam et al, 2010; Kuper et al, 2012; Van de Sande et al, 2013; Van de Sande et al, 2016).

De ontwikkeling en verbetering van tandheelkundige restauratiematerialen staat niet stil. Nieuwe composieten en adhesieven bevatten antibacteriële bestanddelen. *In vitro* laten dergelijke adhesieven minder secundaire cariës zien dan reguliere adhesieven (Sousa et al, 2009; Van de Sande et al, 2014; Kuper et al, 2015). Het monomeer 12-methacryloyloxydodecylpyridinium bromide (ofwel MDPB) heeft een antibacteriële werking. Het vrijkomen van dit monomeer in ongepolymeriseerde vorm heeft een cariësremmend effect (Kuper et al, 2015; Pinto et al, 2015; Krishnamurthy et al, 2018). Onderzoek naar deze materialen wordt vrijwel

NTVT ONDERZOEKSBEURS

Het onderzoek van Audrey Hollanders is mede mogelijk gemaakt dankzij de NTVT onderzoeksbeurs vanuit de Stichting Bevordering Tandheelkundige Kennis.

NTVT
ONDERZOEKS
BEURS

WAT WETEN WE?

Secundaire cariës is een belangrijke reden van falen voor composietrestauraties. Antibacteriële bondings kunnen een cariësremmend effect hebben.

WAT IS NIEUW?

Verse proefstukjes gerestaureerd met bonding waaruit antibacteriële ongepolymeriseerde monomeren vrijkomen vertoonden minder diepe laesies dan verse proefstukjes gerestaureerd met conventionele bonding. Na kunstmatige veroudering van 6 maanden was dit effect verdwenen.

PRAKTIJKTOEPASSING

Tandartsen moeten zich realiseren dat een antibacteriële bonding haar effect met de tijd kan verliezen.



Foto's: N.J.M. Opdam

Afb. 1. Bitewing-opname van een composietrestauratie in gebitselement 36 met secundaire cariës (a) Een klinische foto van hetzelfde gebitselement met de secundaire cariës zichtbaar op de bodem van de box na verwijdering van de composietrestauratie.

altijd met zeer recent gemaakte proefstukjes uitgevoerd. Veroudering zou het secundaire-cariësproces zowel positief als negatief kunnen beïnvloeden afhankelijk van het restauratiemateriaal: remming bijvoorbeeld door de oxidatieproducten van amalgaam en bevordering door aantasting van de adhesieve verbinding van composiet (Mahler et al, 2009; Montagner et al, 2014). Een antibacterieel adhesief zou na verloop van tijd door uitwassing van de actieve stof zijn effect kunnen verliezen.

Het doel van dit onderzoek was na te gaan of de cariësremmende eigenschappen van een antibacterieel adhesief behouden blijven na een gesimuleerd verouderingsproces. Een conventionele bonding werd gebruikt als negatieve controle. Amalgaam werd gebruikt als positieve controle.

MATERIAAL EN METHODE

Het ontstaan van secundaire cariës naast 3 verschillende restauratiematerialen werd *in vitro* onderzocht. Er werden 60 glazuur-dentineproefstukjes gerestaureerd (n = 20 per materiaal): composiet met conventionele bonding (CCB), composiet met antibacteriële bonding (CAB) en amalgaam (A). De conventionele bonding werd gebruikt als negatieve controle en amalgaam werd gebruikt als positieve controle. Zie afbeelding 2 voor het vervaardigings- en verouderingsproces.

Eerst werd de helft van de proefstukjes in elke groep (n = 10) gesimuleerd verouderd, waarna alle (n = 60) proefstukjes werden gesteriliseerd en daarna blootgesteld aan

een sucrose-biofilmmodel, zoals beschreven door Van de Sande et al (2011). De productie van de sucrose-biofilm ging als volgt: menselijk speeksel van 1 gezonde vrijwilliger (vrouw, 43 jaar) werd als inoculum gebruikt en de blokjes van glazuur en dentine vormden het substraat. Het voedingsrijke medium was een chemisch gedefinieerd medium verrijkt met mucine (*defined mucin medium*, DMM), met een pH van 6,8 (Wong en Sissons, 2001). De biofilms werden gekweekt onder periodieke blootstelling aan sucrose.

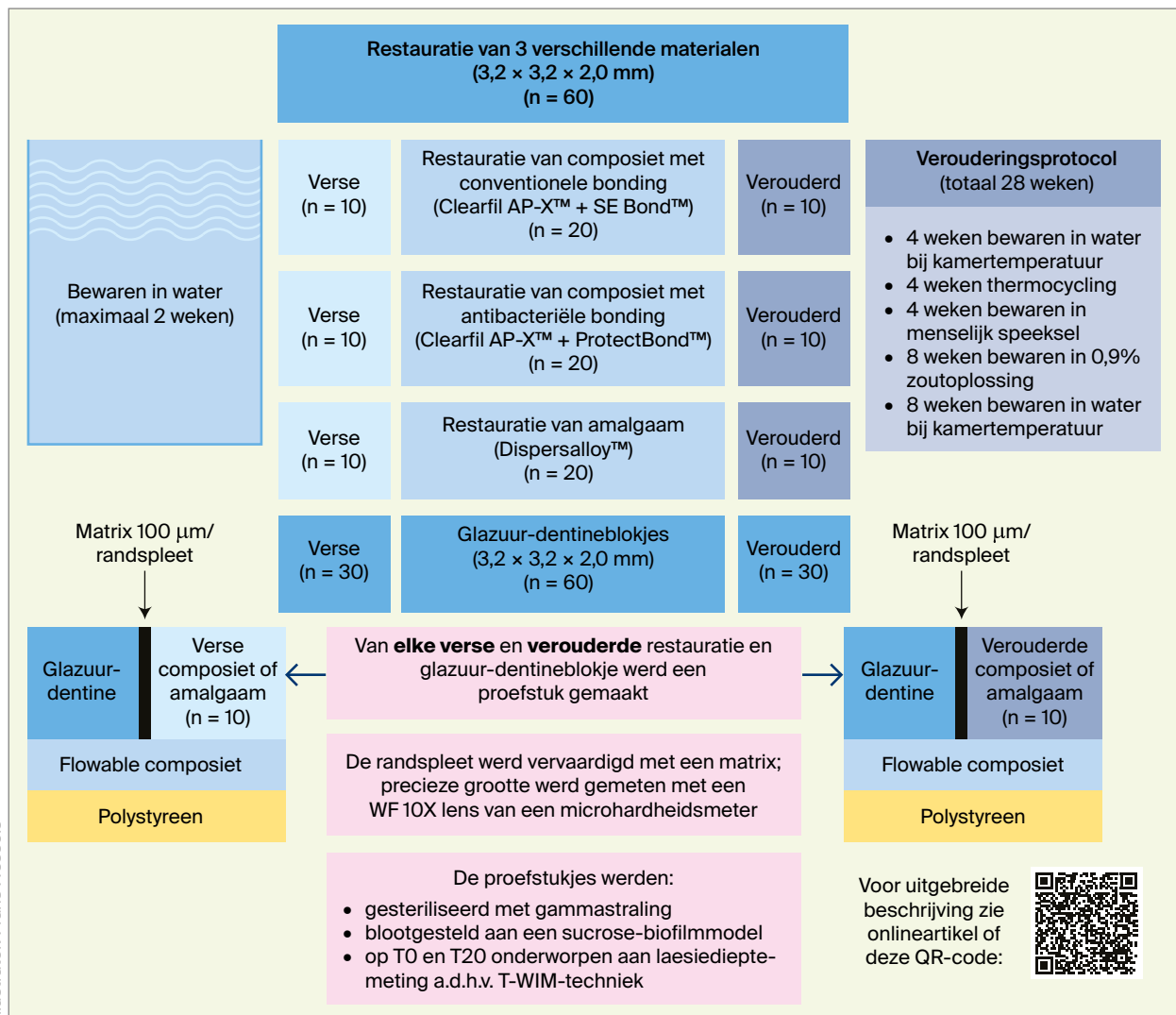
De gesteriliseerde proefstukjes werden overgebracht op een steriele plaat (24-wells weefselcultuur plaat) en daar gedurende 20 dagen blootgesteld aan de cariogene sucrose-biofilm. Aan het einde van het experiment werden de proefstukjes schoongespoeld met 0,9% zoutoplossing en werd de zichtbare biofilm weggeveegd met een gaasje gedoopt in gedestilleerd water.

Voorafgaand aan het experiment (T0) en na 20 dagen (T20) werden afbeeldingen gemaakt volgens de microradiografiemethode van Thomas et al (2006), ofwel de T-WIM-techniek (zie intermezzo 1). De resultaten van T = 0 werden afgetrokken van de resultaten na 20 dagen (T = 20), om de in die periode ontstane laesiediepte te kunnen meten. Deze waarden werden gebruikt in de statistische analyse.

Statistische analyse

Multipole lineaire regressie werd gebruikt om het effect van veroudering op de laesiediepte te bepalen voor elk res-

Antibacteriële bonding verliest haar effect na kunstmatige veroudering



Afb. 2. Infographic van vervaardiging van de proefstukjes voor de simulatie van secundaire cariës.

tauratiemateriaal en meetlocatie, gecorrigeerd voor grootte van de randspleet. De data-analyse werd gecorrigeerd voor geclusterde waarden. De CCB- en CAB-groepen werden verder vergeleken voor locatie en verouderingstype met behulp van een t-test. P-waarden kleiner dan 0,05 werden als statistisch significant beschouwd.

RESULTATEN

Van de 60 proefstukjes werden er 6 geëxcludeerd vanwege breuk van het blokje tandmateriaal tijdens blootstelling aan de biofilm (n = 1 verouderd amalgaam, n = 1 vers amalgaam, n = 2 verouderd CCB, n = 2 vers CCB)

De gemiddelde grootte van de randspleet was 309 µm (sd = 76 µm) en de breedte van de randspleeten varieerde van 176 tot 527 µm. De gemiddelde waarden van de laesiediepte van elk materiaal, zowel vers als verouderd, op alle meetlocaties zijn te zien in de staafgrafiek in afbeelding 4. Amalgaam liet op alle locaties een lagere laesiediepte zien na veroudering vergeleken met verse proefstukjes. Bij de CAB-restauratiegroep was een trend te zien naar grotere laesiediepte in oppervlaktelaesies en glazuur-wandlaesies na veroudering in vergelijking met vers, maar bij dentine-wandlaesies waren de waarden voor en na veroudering

vergelijkbaar. De CCB-restauratiegroep liet een trend zien voor hogere laesiediepte op de oppervlaktelocatie na veroudering. Afbeelding 4 laat ruwe data zien die niet zijn gecorrigeerd voor de grootte van de randspleet.

In tabel 1 zijn de resultaten van de multipale lineaire regressie te zien, voor elk materiaal en elke locatie. De grootte van de randspleet had bij de dentine-wandlaesies van elk materiaal invloed op de laesiediepte en liet consistent diepere wandlaesies zien bij grotere randspleten (0,001 < p < 0,024). Veroudering had een significant remmend effect op de laesiediepte van wandlaesies naast amalgaam in dentine (p = 0,016). Verouderde amalgaamproefstukjes hadden gemiddeld een 53,57 µm minder diepe laesie dan hun niet verouderde tegenhangers. Ook had veroudering een significante invloed op het ontstaan van oppervlaktelaesies naast een CAB-restauratie en leidde veroudering tot een grotere laesiediepte (p = 0,029). De oppervlaktelaesies naast verouderde CAB-proefstukjes waren gemiddeld 72,38 µm dieper dan de laesies naast de niet verouderde CAB-proefstukjes.

Om het effect van veroudering op de CAB-proefstukjes beter te kunnen bestuderen werden de CCB- en CAB-groepen vergeleken voor en na veroudering op alle locaties.

INTERMEZZO 1. MICRORADIOGRAFIEMETHODE VOLGENS THOMAS: T-WIM

T-WIM is een microradiografische techniek waarmee opnamen kunnen worden gemaakt van proefstukjes tot $\pm 3,2$ mm dik. De opnamen worden gemaakt op een hogeresolutiefilm met polychromatische röntgenstraling samen met een metalen stepwedge met dezelfde absorptiecoëfficiënt als tandmateriaal (94% Al/ 6% Zn legering). De stepwedge wordt gebruikt voor kalibratie van de grijswaarden. Zo kan het mineraalgehalte van een proefstukje met een bekende dikte worden berekend aan de hand van hun grijswaarden. Gezond glazuur heeft een mineraalgehalte van ongeveer 85 volumeprocent (vol%) en gezond dentine ongeveer 47 volumeprocent. Als mineraalverlies is opgetreden door een cariëslaesie is dit zichtbaar als een radiolucentie ten opzichte van gezond glazuur of dentine.

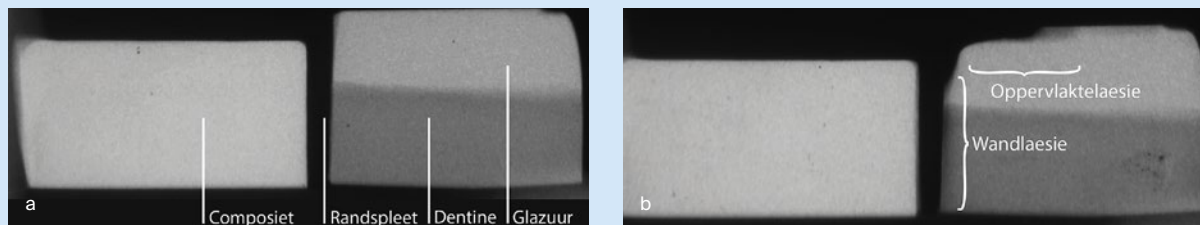
Na blootstelling werd de film ontwikkeld (10 min), gefixeerd (7 min), afgespoeld en gedroogd. Een digitale afbeelding werd verkregen met behulp van een lichtmicroscop (Leica Microsystems) met een vergroting van 10x en een CMOS camera (Canon EOS 50D). De microradiografische opnamen werden kwantitatief beoordeeld op de aanwezigheid van wandlaesies en oppervlaktelaesies. Afbeelding 3 laat een opname zien van een proefstukje met composiet voor (a) en na (b) blootstelling aan het biofilmmodel. Een laesie waarvan de richting van uitbreiding loodrecht op het buitenoppervlak staat,

wordt een oppervlaktelaesie genoemd (zie afb. 1b). Een laesie waarvan de uitbreidingsrichting loodrecht op het tand-restauratieoppervlak staat wordt beoordeeld als een wandlaesie. Laesiediepte werd gedefinieerd als de afstand in micrometer op de opname tussen de drempels van 8 vol% en 78,3 vol% mineraalgehalte voor glazuur en tussen 8 vol% en 43,2 vol% mineraalgehalte voor dentine (Thomas et al, 2006). De afwijkingen van de waarden 0 vol% voor het oppervlak, en 85 vol% of 47 vol% voor gaaf glazuur respectievelijk dentine zijn nodig om te corrigeren voor vervaging (Thomas et al, 2006).

Elk proefstukje werd op 4 locaties gemeten met behulp van software die in het laboratorium was ontwikkeld, op de volgende manier:

- Oppervlaktelaesie in glazuur (oppervlakte): op 400 μm van de randspleet tussen tand en restauratie.
- Wandlaesie in glazuur (wand-glazuur): 200 μm boven de glazuur-dentinegrens.
- Wandlaesie in dentine (wand-dentine 1): 200 μm onder de glazuur-dentinegrens.
- Wandlaesie in dentine (wand-dentine 2): 800 μm onder de glazuur-dentinegrens.

De metingen in het dentine werden samengevoegd om tot 1 wand-dentinelocatie te komen.



Afb. 3. T-WIM microradiografische opname van een proefstukje met composietrestauratie voor (a) en na (b) blootstelling aan het biofilm model. Na cariësontwikkeling zijn een wandlaesie en een oppervlaktelaesie zichtbaar.

De resultaten van de t-test staan vermeld in tabel 2. Verse CAB-proefstukjes hadden minder laesiediepte in de oppervlaktelaesies dan verse CCB-proefstukjes ($p = 0,006$). Na veroudering was dit verschil verdwenen en waren de laesies in de CAB- en CCB-groepen vergelijkbaar.

DISCUSSIE

In dit *in vitro*-onderzoek werd nagegaan of een antibacteriële bonding ook na veroudering effectief zou kunnen zijn in een bacterieel *in vitro*-model. Veroudering leidde tot grotere laesiediepten bij proefstukjes gerestaureerd met antibacteriële bonding, vergeleken met verse proefstukjes. In de groep gerestaureerd met composiet met een conventionele bonding leek veroudering niet veel invloed te hebben op de cariësformatie. Verouderde proefstukjes gerestaureerd met amalgaam vertoonden minder laesiediepte dan hun verse tegenhangers.

Er is geen consensus over hoe proefstukjes op een representatieve manier verouderd kunnen worden. In een overzichtsartikel van deze methoden door Lambrechts et al (2006) werd geconcludeerd dat er geen methode is die de orale omgeving en variëteit goed nabootst. De totale tijd die de proefstukjes in het hier beschreven onderzoek zijn verouderd, bedroeg 28 weken (6 maanden). Kermanshahi et al (2010) toonden aan dat biologische aantasting van de aansluiting tussen composiet en dentine al 7 dagen na bewaren in een oplossing van esterase zichtbaar was. Volgens een *in vitro*-onderzoek door Mahler et al (2009) vulde een randspleet naast een hoogkoper amalgaam in een 1,0% NaCl-oplossing zich in 8 weken met corrosieproducten. Deze gegevens werden gebruikt als startpunt voor een verouderingsprotocol van 6 maanden gebruikmakend van verschillende methoden.

De grootte van de randspleet werd gekozen op 100 μm

Restauratiegroep amalgaam, laesiediepte (µm)				95% BI effect	
Locatie	Variabele	Effect	p	Onder	Boven
Oppervlakte	Constante	11,1	0,900	-173,5	195,6
	Veroudering	15,1	0,716	-71,3	101,4
	Randspleet	0,4	0,096	-0,1	0,9
Wand-glazuur	Constante	210,0	0,060	-10,1	430,2
	Veroudering	-83,8	0,103	-186,9	19,2
	Randspleet	-0,1	0,844	-0,6	0,5
Wand-dentine	Constante	39,7	0,385	-52,0	131,4
	Veroudering	-53,6	0,016	-96,5	-10,7
	Randspleet	0,3	0,011	0,1	0,6
Restauratiegroep CCB: AP-X + SE , laesiediepte (µm)				95% BI effect	
Locatie	Variabele	Effect	p	Onder	Boven
Oppervlakte	Constante	84,4	0,470	-160,8	329,5
	Veroudering	4,0	0,945	-119,7	127,8
	Randspleet	0,4	0,375	-0,5	1,2
Wand-glazuur	Constante	163,3	0,112	-43,6	370,2
	Veroudering	-70,0	0,172	-174,4	34,5
	Randspleet	0,2	0,480	-0,5	0,9
Wand-dentine	Constante	25,5	0,526	-55,9	106,9
	Veroudering	-25,5	0,214	-66,6	15,6
	Randspleet	0,3	0,024	0,0	0,6
Restauratiegroep CAB: AP-X + PB, laesiediepte (µm)				95% BI effect	
Locatie	Variabele	Effect	p	Onder	Boven
Oppervlakte	Constante	157,7	0,012	39,1	276,2
	Veroudering	72,4	0,029	8,5	136,2
	Randspleet	-0,1	0,617	-0,5	0,3
Wand-glazuur	Constante	-79,7	0,470	-307,2	147,8
	Veroudering	11,1	0,850	-111,4	133,6
	Randspleet	0,9	0,024	0,1	1,7
Wand-dentine	Constante	21,9	0,453	-36,7	80,6
	Veroudering	-29,0	0,071	-60,6	2,6
	Randspleet	0,4	0,000	0,2	0,6

CCB = composiet met conventionele bonding; APX = Clearfil AP-X™ composiet; SE = SE Bond™; CAB = composiet met antibacteriële bonding ; PB = ProtectBond™

Tabel 1. Multipele lineaire regressieanalyse, resultaten gegroepeerd per materiaal. Effect van veroudering en breedte van randspleet op de laesiediepte naast elk restauratiemateriaal. Een effect kleiner dan 0 betekent dat de variabele de laesiediepte vermindert. Het 95% betrouwbaarheidsinterval (BI) van het effect is ook gegeven.

zodat enige vorming van biofilm in de randspleet mogelijk zou zijn, in tegenstelling tot ruimtes van rond de 30 µm die voor de vorming van wandlaesies van microlekkage afhankelijk zijn (Maske et al, 2017; Maske et al, 2019). Restauraties die perfect gehecht zijn aan tandmateriaal hebben minder kans op secundaire cariëslaesies dan restauraties met een imperfecte hechting (Maske et al, 2017). Er is echter weinig bekend over het voorkomen van randspleten in de praktijk. Het bevochtigen met vloeistoffen tijdens het restauratieproces kan leiden tot een slechte hechting, evenals een slecht uitgevoerde bondingprocedure (Maske et al, 2017). Eerder onderzoek heeft aangetoond dat ook bij een vrijwel perfect uitgevoerde klinische procedure direct een randspleet ontstaat van 6-10 µm (Irie et al, 2002). Er zijn echter geen klinische gegevens be-

schikbaar die inzicht geven in de prevalentie en breedte van randspleten in de praktijk.

Amalgaam corrodeert in de loop van de tijd en hieruit komen cariostatische stoffen zoals Ag-, Cu- en Zn-ionen vrij die bacteriële groei remmen (Mateer en Reitz, 1970; Sarkar et al, 1975). In dit onderzoek werd gezien dat naast verouderde amalgaamrestauraties minder diepe secundaire carieslaesies ontstonden dan naast vers amalgaam. In het hier beschreven onderzoek werden de proefstukjes echter pas tegen elkaar geplaatst ná het verouderen. Hierdoor was er geen sprake van het dicht corroderen van de randspleet tijdens verouderen; er was immers nog geen randspleet. De invloed die veroudering toch had op de met amalgaam geres-taureerde proefstukjes is mogelijk gerelateerd aan corrosie van het amalgaamoppervlak, waardoor cariostatische stoffen

Locatie		Vers		Verouderd	
		CCB	CAB	CCB	CAB
Oppervlakte	Gemiddelde ± sd	183,2 ± 73,1	130,9 ± 33,2	210,8 ± 124,2	197,7 ± 80,7
	P-waarde	p = 0,060		p = 0,791	
	95% BI verschil	-2,4 - 106,9		-89,5 - 115,7	
Wand-glazuur	Gemiddelde ± sd	229,2 ± 78,1	169,7 ± 40,9	175,0 ± 91,3	233,0 ± 189,6
	P-waarde	p = 0,053		p = 0,440	
	95% BI verschil	-1,0 - 119,9		-213,3 - 97,4	
Wand-dentine	Gemiddelde ± sd	115,7 ± 56,7	129,9 ± 50,0	111,7 ± 52,6	123,5 ± 58,1
	P-waarde	p = 0,429		p = 0,532	
	95% BI verschil	-50,4 - 21,9		-49,8 - 26,2	

Tabel 2. Vergelijking van laesiediepte (µm) voor groepen CCB en CAB door middel van t-test.

kunnen vrijkomen, of aan een verschil in oppervlaktetextuur.

Veroudering had een significant effect op het ontstaan van oppervlaktelaesies naast composiet met antibacteriële bonding. Dit effect was tegenovergesteld aan het effect dat veroudering op amalgaam had; veroudering bevorderde de laesies naast de antibacteriële bonding juist. De antibacteriële bonding, Protect Bond™, is een adhesief waaraan het bacterieremmende monomeer 12-methacryloyloxydodecylpyridinium bromide (MDPB) is toegevoegd. Door het vrijkomen van dit monomeer in ongepolymeriseerde vorm vindt er een cariësremmend effect plaats (Kuper et al, 2015; Pinto et al, 2015; Krishnamurthy et al, 2018). Tijdens het verouderingsproces is het mogelijk zo dat de MDPB uit het materiaal spoelt, waardoor het beschermende effect na veroudering is verminderd. Daardoor zijn de oppervlaktelaesies van proefstukjes na veroudering groter dan van proefstukjes zonder veroudering.

Minder diepe secundaire laesies naast verouderde amalgaamrestauraties

Onder verse omstandigheden liet de groep gerestaureerd met antibacteriële bonding minder grote laesies zien dan de groep gerestaureerd met conventionele bonding. Na veroudering gedroegen de conventionele en de antibacteriële bonding zich meer vergelijkbaar. Dit versterkt de hypothese dat het ongepolymeriseerde monomeer MDPB tijdens de gesimuleerde veroudering van 6 maanden vrijwel geheel uit

het materiaal is gelekt, waardoor het beschermende effect alleen zichtbaar was in de verse proefstukjes, maar niet in de verouderde groep.

Amalgaam lijkt vanwege het verouderingsproces klinisch een voordeel te hebben

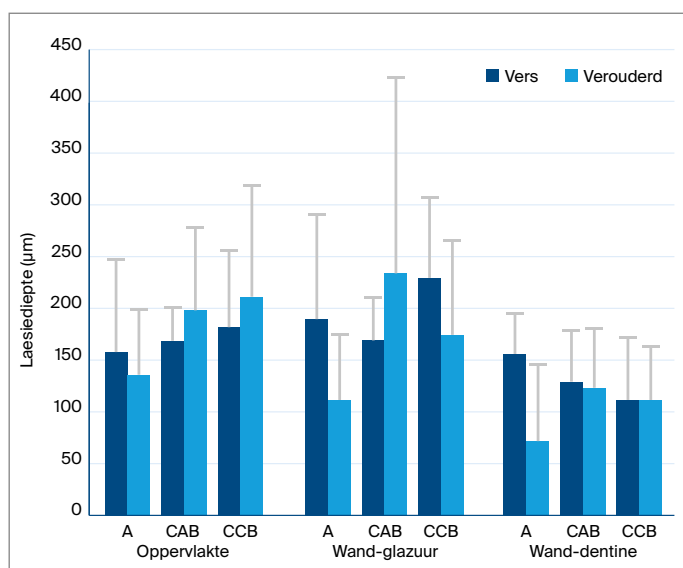
op composiet met betrekking tot secundaire cariës. Als composieten of adhesieven worden verrijkt met antibacteriële middelen is dat vooral zinvol als deze stoffen langzaam vrijkomen en hun effect voor lange tijd behouden blijft. Dit zou composieten bij patiënten met een hoog cariësriscico een groot voordeel geven. Voorlopig lijkt Protect Bond™ echter onvoldoende bescherming te bieden voor de lange termijn. Verder klinisch onderzoek naar de langetermijnprestaties van dit materiaal in patiënten met een hoog cariësriscico zou meer informatie kunnen geven over de mogelijkheden van dit soort stoffen.

CONCLUSIE

Binnen het huidige onderzoek kan worden vastgesteld dat veroudering invloed heeft op het ontstaan van cariës naast restauraties. Antibacteriële bonding lijkt de vorming van oppervlaktelaesies enigszins te remmen vergeleken met een conventionele bonding. Na een gesimuleerde veroudering van 6 maanden was dit beschermende effect verdwenen. Bij amalgaam leidde veroudering tot juist minder secundaire laesies, zoals verwacht naar aanleiding van eerder onderzoek (Mateer en Reitz, 1970; Sarkar et al, 1975; Ben-Amar et al, 1995; Morrier et al, 1998; Mahler et al, 2009).

LITERATUUR

* Ben-Amar A, Cardash HS, Judes H. The sealing of the tooth/amalgam interface by corrosion products. J Oral Rehabil 1995; 22: 101-104.



Afb. 4. Staafgrafiek van gemiddelden en standaarddeviatie voor laesiediepte naast elk materiaal op de verschillende meetlocaties in µm (A = amalgaam; CAB = composiet + antibacteriële bonding; CCB = composiet + conventionele bonding).

- * Bernardo M, Luis H, Martin MD et al. Survival and reasons for failure of amalgam versus composite posterior restorations placed in a randomized clinical trial. *J Am Dent Assoc* 2007; 138: 775-783.
- * Czarnecka B, Limanowska-Shaw H, Hatton R, Nicholson JW. Ion release by endodontic grade glass-ionomer cement. *J Mater Sci Mater Med* 2007; 18: 649-652.
- * Irie M, Suzuki K, Watts DC. Marginal gap formation of light-activated restorative materials: Effects of immediate setting shrinkage and bond strength. *Dent Mater* 2002; 18: 203-210.
- * Kermanshahi S, Santerre JP, Cvitkovitch DG, Finer Y. Biodegradation of resin-dentin interfaces increases bacterial microleakage. *J Dent Res* 2010; 89: 996-1001.
- * Krishnamurthy M, Kumar VN, Leburu A, Dhanavel C, Selvendran KE, Praveen N. Antibacterial effect and tensile bond strength of self-etching adhesive resins with and without methacryloyloxydodecylpyridinium bromide: An in vitro study. *J Contemp Dent Pract* 2018; 19: 409-414.
- * Kuper NK, Opdam NJ, Bronkhorst EM, Huysmans MC. The influence of approximal restoration extension on the development of secondary caries. *J Dent* 2012; 40: 241-247.
- * Kuper NK, van de Sande FH, Opdam NJ et al. Restoration materials and secondary caries using an in vitro biofilm model. *J Dent Res* 2015; 94: 62-68.
- * Lambrechts P, Debels E, Van Landuyt K, Peumans M, Van Meerbeek B. How to simulate wear? Overview of existing methods. *Dent Mater* 2006; 22: 693-701.
- * Mahler DB, Pham BV, Adey JD. Corrosion sealing of amalgam restorations in vitro. *Oper Dent* 2009; 34: 312-320.
- * Maske TT, Kuper NK, Cenci MS, Huysmans M. Minimal gap size and dentin wall lesion development next to resin composite in a microcosm biofilm model. *Caries Res* 2017; 51: 475-481.
- * Maske TT, Hollanders ACC, Kuper NK, Bronkhorst EM, Cenci MS, Huysmans M. A threshold gap size for in situ secondary caries lesion development. *J Dent* 2019; 80: 36-40.
- * Mateer RS, Reitz CD. Corrosion of amalgam restorations. *J Dent Res* 1970; 49: 399-407.
- * Mjör IA, Toffenetti F. Secondary caries: a literature review with case reports. *Quintessence Int* 2000; 31: 165-179.
- * Montagner AF, Sarkis-Onofre R, Pereira-Cenci T, Cenci MS. Mmp inhibitors on dentin stability: A systematic review and meta-analysis. *J Dent Res* 2014; 93: 733-743.
- * Morrier JJ, Suchett-Kaye G, Nguyen D, Rocca JP, Blanc-Benon J, Barsotti O. Antimicrobial activity of amalgams, alloys and their elements and phases. *Dent Mater* 1998; 14: 150-157.
- * Opdam NJM, Bronkhorst EM, Loomans BAC, Huysmans MCDNJM. 12-Year survival of composite vs. amalgam restorations. *J Dent Res* 2010; 89: 1063-1067.
- * Pinto CF, Berger SB, Cavalli V, et al. In situ antimicrobial activity and inhibition of secondary caries of self-etching adhesives containing an antibacterial agent and/or fluoride. *Am J Dent* 2015; 28: 167-173.
- * van de Sande FH, Azevedo MS, Lund RG, Huysmans MC, Cenci MS. An in vitro biofilm model for enamel demineralization and antimicrobial dose-response studies. *Biofouling* 2011; 27: 1057-1063.
- * van de Sande FH, Opdam NJ, Rodolpho PA, Correa MB, Demarco FF, Cenci MS. Patient risk factors' influence on survival of posterior composites. *J Dent Res* 2013; 92: 78S-83S.
- * van de Sande FH, Opdam NJ, Truin GJ, et al. The influence of different restorative materials on secondary caries development in situ. *J Dent*

- 2014; 42: 1171-1177.
- * van de Sande FH, Collares K, Correa MB, Cenci MS, Demarco FF, Opdam N. Restoration survival: revisiting patients' risk factors through a systematic literature review. *Oper Dent* 2016; 41: S7-S26.
- * Sarkar NK, Marshall GW, Moser JB, Greener EH. In vivo and in vitro corrosion products of dental amalgam. *J Dent Res* 1975; 54: 1031-1038.
- * 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.
- * Sousa RP, Zanin IC, Lima JP, et al. In situ effects of restorative materials on dental biofilm and enamel demineralisation. *J Dent* 2009; 37: 44-51.
- * Thomas RZ, Ruben JL, de Vries J, ten Bosch JJ, Huysmans MC. Transversal wavelength-independent microradiography, a method for monitoring caries lesions over time, validated with transversal microradiography. *Caries Res* 2006; 40: 281-291.
- * Wong L, Sissons C. A comparison of human dental plaque microcosm biofilms grown in an undefined medium and a chemically defined artificial saliva. *Arch Oral Biol* 2001; 46: 477-486.

SUMMARY

The anticaries effect of antibacterial bonding in vitro is lost with aging

This in vitro study investigated whether aging of restorative materials influences secondary caries development. The research question was whether antibacterial bonding maintained its effectiveness after aging. 60 enamel-dentine blocks were restored using 3 different restorative materials (n = 20 per material): composite with conventional bonding, composite with antibacterial bonding and amalgam. Half of the samples in each group (n = 10) were artificially aged through exposure to a sucrose biofilm model. Lesion depth was subsequently measured using transversal microradiography. Aging led to deeper lesions in the composite with antibacterial bonding group (CAB), compared to fresh samples. These fresh samples showed lesions less deep than fresh samples of composite with conventional bonding. After aging, this effect was absent. Within the limitations of this short-term in vitro study, it can be concluded that aging of restorative materials can influence caries progression. Antibacterial bonding materials lose their effectiveness over time.

AUTEURSINFORMATIE

A.C.C. Hollanders, N.K. Kuper, M.C.D.N.J.M. Huysmans
 Uit de faculteit Tandheelkunde van het Radboudumc in Nijmegen
 Datum van acceptatie: 24 maart 2020
 Adres: mw. A.C.C. Hollanders, Radboudumc, Tandheelkunde Onderzoek, Philips van Leydenlaan 25, 6525EX Nijmegen
 audrey.hollanders@radboudumc.nl; audreyhollanders@gmail.com

VERANTWOORDING

Dit artikel is een bewerkte vertaling van het oorspronkelijke artikel: Kuper NK, Hollanders ACC, Dekkers EAM, Maske TT, Huysmans M, Cenci MS. Aging reduces the anticaries effect of antibacterial adhesive - an in vitro biofilm study. *J Adhes Dent* 2019; 21: 365-372.
 Afbeeldingen 1a en b zijn met dank aan N.J.M. Opdam opgenomen. Zij zijn eerder in NTVT gepubliceerd en wel in de serie Preventieve tandheelkunde: Hollanders ACC, Kuper NK, Opdam NJM, Huysmans MCDNJM. Preventieve tandheelkunde 5. Secundaire cariës. *Ned Tijdschr Tandheelkd* 2017; 124: 257-263.