

# Áhrif þykktar bindilags og yfirborðsmeðferða á viðgerðarstyrk plastblendis



SIGFÚS ÞÓR ELÍASSON, CAND. ODONT, MSD, PRÓFESSOR EMERITUS, TANNLÆKNADEILD HÁSKÓLA ÍSLANDS, GESTAVÍSINDAMAÐUR, NIOM, ÓSLÓ, NOREGI.

JOHN TIBBALLS, PHD, VÍSINDAMAÐUR, NIOM, ÓSLÓ, NOREGI.

JON E. DAHL, CAND. ODONT, DR. ODONT, FORSTÖÐUMAÐUR NIOM, PRÓFESSOR, TANNLÆKNADEILD HÁSKÓLANS Í ÓSLÓ, NOREGI.

NETFANG: sigfuse@hi.is TANNLÆKNABLAÐIÐ 2021; 39(1): 8-17  
doi:10.33112/tann.39.1.1

## ÁGRIP

**Tilgangur:** Að mæla áhrif þykktar bindilags og mismunandi yfirborðsmeðferða á viðgerðarstyrk plastblendis.

**Efni og aðferðir:** Samtals 72 Tetric Evo Ceram plastblendis sivalningar voru byggðir upp og geymdir í vatni í 3 vikur. Þeir voru síðan hitaðir og kældir 5000 sinnum milli 5°C og 55°C heitra vatnsbaða til að líkja eftir „gömlu“ plastblendis. Sivalningar voru slípaðar á öðrum enda með silíkon karbíð sandpappír #320, hreinsaðir með 37% fosfórsýrugeli, skolaðir með vatni og skipt í þrjú rannsóknarhópa: 1. Óbreytt yfirborð, 2. Yfirborð sandblásið með CoJet kísil úðuðum ál ögnum, 3. Bis-sílan borið á yfirborð með pensli. Átta viðmiðunar sivalningar voru byggðir upp úr sama efni og „gamlaðir“ á sama hátt. Hverjum rannsóknarhópi var skipt í 3 undirhópa sem hver fékk ólíkt bindiefni, AdeSE One, eins þreps sjálfætandi bindiefni, Clearfil SE, tveggja þátta sjálf ætandi bindiefni og Adper Scotchbond Multi Purpose, þriggja þrepa æta og skola bindiefni. Síðan voru plastblendis sivalningarnir með viðkomandi bindiefni viðgerðir og byggðir upp með nýju plastblendis. Viðgerðir sivalningar voru settir í vatn í viku og því næst hitaðir og kældir í vatnsböðum eins og áður, ásamt viðmiðunar sivalningum og síðan geymdir í vatni. Helmingur sivalninga var prófaðir eftir 1 mánuð og 12 mánuði frá viðgerð. Sivalningar voru næst raðskornir og fengust 10 - 20 1,1 x 1,1 mm. stautar úr hverjum sivalning. Þykkt bindiefnis í hverju hóp var mælt í smásjá. Tog- og viðgerðarstyrkur var mældur. Brotfletir voru skoðaðir í smásjá og tegund brots skráð.

**Niðurstöður:** Meðal togstyrkur viðmiðunarstauta var 54,5±6,0 MPa eftir 1 mánuð en lækkaði í 46,9±5,1 MPa eftir 12 mánuði. Meðal togstyrkur í viðgerðarhópum var frá 26,4±6,8 MPa til 49,9±10,4 MPa eftir 1 mán. og 21,2±9,9 til 41,3±7,5 eftir 12 mánuði. Tölfræðilega marktækur munur var milli allra hópa eftir einn mánuð ( $p < 0,05$ ), sem var ekki eins afgerandi eftir 12 mánuði. Clearfil hafði hæsta togstyrk í öllum þremur yfirborðsmeðferðar hópum. Hæsti viðgerðarstyrkur var þegar sílan og Clearfil SE var notað. Það var tilhneiging til lækkunar togbindistyrks í öllum hópum eftir 12 mánuði samanborið við 1 mánuð. Bindilagið mældist 5µ fyrir Clearfil SE, 20µ fyrir Adhese One og 175µ fyrir Scotchbond MP. Flestir stautar brotnuðu í bindiefni. Flest samloðunarbrot í plastblendis, 16% eftir 1 mánuð og 12% eftir 12 mánuði, voru í hópnum sem hafði hæstan viðgerðar togstyrk.

**Ályktun:** Besta viðgerðarstyrk var náð með því að nota nýblandað sílan og bindiefni sem gefur þunnt bindilag.

**Lykilorð:** tannbeinsbindiefni, plastblendis, togpolspróf

## Inngangur

Endurnýjun gamalla fyllinga er u.þ.b. helmingur allrar tannfyllingarvinnu og því mjög kostnaðarsamur hluti tannheilsugæslu (1-4). Að endurnýja gamlar plastblendifyllingar er tímafrekt vandaverk. Sýnt hefur verið fram á að þegar plastblendifylling er fjarlægð, tapast meira en helmingi meira af tannvef en þegar amalgamfylling er fjarlægð (5). Því hefur verið lagt til að nota íhaldsamari aðferðir við endurgerð plastblendifyllinga og gera aðeins við bilaða hluta fyllingar þegar mögulegt er, fremur en að fjarlægja hana alla (2, 6, 7). Þessari nálgun hefur smám saman vaxið fylgi og er nú sérstaklega kennd í öllum betri tannlæknaskólum (8-12). Þá hafa klínískar rannsóknir sýnt fram á að viðgerðir plastblendifyllinga lengir marktækt endingu þeirra (13).

Síðan plastblendi kom á markað, hafa vísindamenn leitað leiða til að finna bestu aðferðir til að fá nýtt plastblendi til að bindast við gamalt (14). Nýtt plastblendi getur mögulega bundist gömlu plastblendi efnafræðilega við ólfræn fyllikorn og lífrænt plast, eða þá fyllt upp í og læstst í ör-undirskurði í hrufum í demantskornu plastblendi (15). Alþekkt er að þegar plastblendi eldist og tekur upp vatn, verður marktæk fækkun á karboxýl tvíbindingum sem geta bundist nýju plasti (16-18). Á undanförunum árum hafa margar rannsóknir birst um viðgerðarstyrk plastblendis. Flestar rannsóknir mæla áhrif mismunandi yfirborðsmeðferða á bindistyrk við gamalt plast. Meðal þessara yfirborðsmeðferða er aukning á hrjúfleika með mismunandi grófum demantsborum og sandpappírs skífum (19-31), slípun með pimpsteini (32), sandblástur með álóxiði og kísilsandi (22, 24-42), æting með flúrsýru (20, 22, 25-27, 31, 34, 43, 44) þvottur með sterku vetnisperoxíði (38) og sílan meðferð (19, 20, 26, 28, 30, 38, 45, 46). Í öllum þessum rannsóknum var notuð einhvers konar bleytiefni milli nýs og gamals plastblendis, tannbeins bindiefni eða þunnfljótandi plastblendi (39) auk þess sem í einni rannsókn var nýja plastblendið forhitað (37). Veikleiki margra þessara rannsókna er verulegur. Gömlun (ageing process) plastblendis sem gera átti við var mjög oft ófullnægjandi og viðgerðarferlið hófst of snemma, einungis einum til tveimur sólarhringum eftir að plastblendi sýni voru búin til. Auk þess var mæling viðgerðarstyrkleika oft framkvæmd stuttu eftir viðgerðarferlið, án þess að gamla nægilega límingu og nýja plastblendið. Þrátt fyrir allar þessar rannsóknir hefur ekki fengist samstaða vísindamanna um eina almennt viðurkennda aðferð til að gera við plastblendifyllingar.

Geymsla í vatni í mismunandi langan tíma er algengasta

aðferðin við að gamla plastblendi sem á að nota í rannsóknir auk hita/kulda meðferðar, en þá eru efnin eða tilraunasýni hituð og kæld í vatntsbaði milli hæsta og lægsta hitastigs sem fólk er talið þola í munni (23, 47). Nokkrar öfgakenndari aðferðir sem hafa minni klíníska þýðingu hafa einnig verið notaðar, eins og að sjóða plastblendið í vatni í nokkra klukkutíma eða geyma það í sítrónsýru í viku (47).

Í nýlegri rannsókn var viðgerðarstyrkur mismunandi plastblendis mældur (25). Niðurstaðan var að engin ein yfirborðsmeðferð væri nothæf fyrir öll efnin. Áhrif þykktar bindiefnis á bindistyrkleika milli tannbeins og plastblendis hefur verið mæld (48-51), meðan engar slíkar rannsóknir fundust um bindistyrk milli gamals og nýs plastblendis.

Tilgangur þessarar rannsóknar er að mæla viðgerðarstyrk milli gamals og nýs plastblendis með endurbættri míkro-togþols aðferð. Auk þriggja tannbeins bindiefna af mismunandi gerðum, tveggja sjálf ætandi og eins þriggja skrefa, æta og skola, voru þrjár mismunandi yfirborðsmeðferðir bornar saman (9-11). Núll tilgátur eru:

1. viðgerðarstyrkur er óháður þykkt og gerð bindiefna.
2. viðgerðarstyrkur óháður yfirborðsmeðferð gamla plastblendisins sem gera á við.
3. viðgerðarstyrkur minnkar með tímanum.

## Efni og aðferðir

Öll viðgerðarefni sem eru notuð í þessari rannsókn eru skráð í Töflu 1. Í Töflu 2 er sýnt yfirlit yfir uppbyggingu, gerð og meðferð á plastblendisívalningum og framkvæmd rannsókna. Samtals 72 Tetric Evo plastblendisívalningar í lit B2, 10 mm. í þvermál og 6 mm. á hæð, voru byggðir upp í Teflon® móti. Plastblendisívalningar voru byggðir upp í þremur lögum og hvert lag ljóshert í 40 sek. með Demetron A2 LED herðingarljósi sem var beintengt við rafmagn (Kerr Corp., Orange, CA. USA). Ljós magn mældist 1100 mW/cm<sup>2</sup> (Norwegian Radiation Protection, Österaas, Norway). Mylar matrixuband og glerplata voru notuð á báða enda Teflon mótsins til að tryggja jafna og flata enda á plastblendisívalningum. Fyrir samanburðarhóp voru 8 plastblendisívalningar, 10 mm. í þvermál og 12 mm. háir, byggðir upp lagskipt á sama hátt.

Eftir ljósherðingu, voru allir plastblendisívalningar strax settir í vatn og geymdir í tvær vikur (52). Að auki voru sívalningarnir gamlaðir (aged) í sjálfvirkri vél sem dýfði þeim 5000 sinnum milli 5°C og 55°C heitra vatnsbaða. Sívalningar voru 20 sek. í hvoru vatnsbaði og færslutími 3 sek á milli baða. Til að fá yfirborð með stöðluðum grófleika, voru sívalningarnir 72 slípaðir á öðrum enda undir rennandi

Tafla 1. Viðgerðarefni sem voru notuð í rannsókninni.

Efni	Framleiðandi	Framleiðslunúmer
Tetric Evo Ceram litur B2	Ivoclar Vivadent AG, 9494 Schaan, Liechtenstein	N70113
Tetric Evo Ceram litur A2	Ivoclar Vivadent AG, 9494 Schaan, Liechtenstein	P02083 and P11483
AdheSE One F	Ivoclar Vivadent AG, 9494 Schaan, Liechtenstein	N58194
Clearfil SE Bond	Kuraray America, Inc. New York, NY 10038, US	Primer: 01043A Bond:01557A
Adper Scotchbond Multi Purpose	3M ESPE Dental Products, St. Paul, MN 55144-1000, US	Etch: N231977 Primer: N236935 Adhesive: N229564
Bis-Silane	BISCO, Inc., Schaumburg, IL 60193, US	Part A: 1000008430 Part B: 1000008431
Co-Jet system	3M ESPE Dental Products, St. Paul, MN 55144-1000, US	Co-Jet sand: 355331

Tafla 2. Yfirlit yfir gerð, uppbyggingu og meðferð plastblendi sívalninga

Grunn sýni	Tetric Evo Ceram litur B2 sívalningar (þvermál: 10 mm, hæð: 12 mm)	Tetric Evo Ceram sívalningar, litur B2 (þvermál 10 mm, hæð 6 mm)								
Gömlun (ageing)		Geymsla í vatni og hita/kæli meðferð 5000 sinnum á milli 5°C og 55 °C vatnsbaða (samtals tvær vikur)								
Yfirborðsmeðferð 1		Silíkon karbíð sandpappír #320								
Hreinsun yfirborðs		Sýru æting (37% fosforsýru gel í 15 sek) + skolon með vatni (15 sec)								
Yfirborðsmeðferð 2		Engin			Co-Jet			Bis-Silane		
Tannbeinsbindiefni (skv. Leiðbeiningum framleiðanda)		AdheSE	Clearfil SE	Scotch-bond MP	AdheSE	Clearfil SE	Scotch-bond MP	AdheSE	Clearfil SE	Scotch-bond MP
Nýtt plastblendi		Tetric Evo Ceram litur A2								
Gömlun (ageing)		Geymsla í vatni og hita/kæli meðferð 5000 X á milli 5°C og 55 °C vatnsbaða								
Skurður sívalninga		Skornir ferningslaga stautar 1,1 x 1,1 mm. 11 mm. langir								
<b>Rannsóknar hópar</b>	<b>Viðmiðunar hópur</b>	<b>1a</b>	<b>1b</b>	<b>1c</b>	<b>2a</b>	<b>2b</b>	<b>2c</b>	<b>3a</b>	<b>3b</b>	<b>3c</b>
Fjöldi stauta mældur (1 mánuður)	45	41	41	45	43	44	64	42	58	75
Fjöldi stauta mældur (12 mánuðir)	44	52	40	40	41	61	58	57	59	53

vatni í 5 sek. á silíkon karbíð sandpappírs diskir með grófleika 320 (Struers, Copenhagen, Denmark).

Slípað yfirborð plastsívalninganna var síðan hreinsað með því að bera á með pensli 37% fosforsýru hlaup í 15 sek. og síðan skolað með vatni í 15 sek. Sívalingunum 72 var skipt af handahófi í þrjá jafnstóra tilraunahópa sem fengu eftirfarandi yfirborðsmeðferð: 1. Óbreytt sandpappírsslípað yfirborð. 2. Slípað yfirborð sandblásið í 20 sek með CoJet® kísil úðuðum álögnum úr munnsandblásara (Microetcher II, Danville Engineering Inc., San Ramon, CA, USA) sem var

haldið 5 mm. frá yfirborði. Afgangs sandur var blásinn burt með loftstreymi í 5-10 sek. 3. Bis-Silane™, sem er tveggja þátta grunnur fyrir postulíns lím, var borinn á slípað yfirborðið. Þættir A og B voru blandaðir og bornir á með pensli í 30 sek. og síðan þurrkað varlega með lofti í 5-10 sek. Hópur 4 innihélt samanburðar sívalningana átta. Prófunarhópum 1-3 var síðan skipt í þrjá undirhópa sem fengu mismunandi tannbeins bindiefni: a. Adhesive One, eins skrefa sjálf ætandi bindiefni. b. Clearfil SE, tveggja þátta sjálf ætandi bindiefni. c. Adper Scotchbond Multi Purpose,

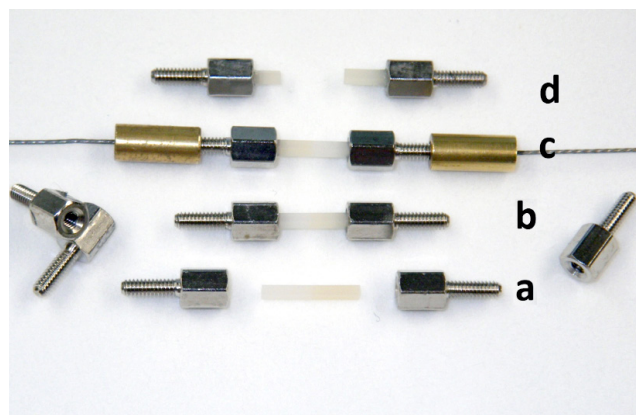
þriggja þrepa æta og skola bindiefni. Öll meðferð og notkun tannbeinsbindiefna var samkvæmt leiðbeiningum framleiðenda við ísetningu plastblendifyllinga.

Næst var upprunalega Teflon mótinu smeygt varlega yfir hvern sívalning án þess að snerta yfirborðið og öðru jafn stóru framlengingarmóti hagrætt ofaná. Upprunalegu plastblendisívalningarnir voru því næst viðgerðir með Tetric Evo Ceram, lit A2, í þremur lögum eins og áður, þannig að 12 mm. prófunarsívalningar fengust. Sívalningarnir voru síðan gamlaðir, fyrst með geymslu í vatni í viku, síðan hitaðir og kældir (thermal cycled) 5000X í sjálfvirkri vél milli 5°C og 55°C vatnsbaða og þar eftir geymdir í vatni. Viðmiðunarsívalningarnir voru einnig hitaðir og kældir á sama hátt og geymdir í vatni í sama tíma. Átta sívalningum í hverjum prófunarhópi var síðan skipt í tvo hópa og viðgerðarstyrkur mældur eftir einn mánuð frá viðgerð eða 12 mánuði frá viðgerð. Meðan á geymslu stóð, var skipt um vatn mánaðarlega.

Plastblendisívalningar voru festir í sjálfvirkra skurðarvél með þunnu demantsblaði og vatnskælingu (Isomet, Buehler Ltd., Lake Bluff, IL, USA). Sívalningar voru skornir röð eftir röð, þvert á viðgerðarflöt, bæði eftir x og y ás, þannig að fjöldi stauta með ferningslaga enda, u.þ.b. 1,1 x 1,1 mm. fengust. Tíu til tuttugu stautar fengust úr hverjum sívalningi. Prófunarstautar voru hreinsaðir í úthljóðstæki í 3 mín. í eimuðu vatni. Eftir hreinsun voru stautar skoðaðir undir smásjá (American Optical, Buffalo, NY, USA) í 40X stækkun í leit að bóllum eða öðrum göllum í plastblendi og þykkt á bindiefnislagi áætluð og skráð. Viðgerðarstyrkur var einungis mældur í gallalausum stautum. Breidd og þykkt á hverjum stauti var mæld og skráð næst tíunda úr mm. með lögvottuðum stafrænum þykktarmæli (Mitutoyo Co., Kawasaki, Japan).

Togpols viðgerðarstyrkur var mældur með endurbættri aðferð við festingu prófunarstauta við bindistyrksmælitækið, sem tryggir beinna tog og jafnari dreifingu togkrafta eftir lengdarás stautsins. Stærð stautenda, 1,1mm. X 1,1 mm., var valin til að passa í skrúfugatsenda 2 mm. tengiskrúfu sem fást í venjulegum byggingavöruslunum (ELRA AS, Oslo, Norway) (Mynd 1). Báðir endar hvers prófunarstauts var límdur inn í skrúfuenda tengiskrúfu með cyanoakrýl lími (Loctite 435, Henkel Norden, Gothenborg, Sweden). Sérstakt mót var útbúið til að tryggja réttan lengdarás skrúfa og prófunarstauts meðan lím harðnaði.

Hver stautur með skrúfum var festur í bindistyrksmælitæki (Loyd Instruments Ltd. Model LRX, Farham, England) með sérstökum vírum sem voru hannaðir til að færa beinan



Mynd 1. a. Stautur sem á að togstyrksmæla og 2 mm. tengiskrúfur við báða enda. b. Stautur stilltur af og límdur í skrúfugatsenda. c. Stautur með skrúfum festur við víra bindistyrks mælitækis. d. Stautur brotinn í viðgerðarlínu. Ónotaðar tengiskrúfur eru sýndar til hliðar.

togkraft til viðgerðarflatar í prófunarstaut. Mikro-togstyrkur var mældur á toghraðanum 1 mm./min. Þangað til stautur slitnar. Togpols styrkur hvers stauts var reiknaður út í megapaskölum (MPa) með því að deila flatarmáli yfirborðs endafatar í mm<sup>2</sup>. í brotkraft mældan í Newtonum (N). Öllum prófunarstautum var haldið rökum gegnum rannsóknarferlið.

Brotfletir stauta voru skoðaðir í smásjá (American Optical, Buffalo, NY, USA) í 40% stækkum til að ákvarða hvort brotlína var við eða í bindiefni á viðgerðarsvæði (adhesive) eða í plastblendi (cohesive). Viðgerðarsvæði var skilgreint svæðið milli gamlaða plastblendis sem gert var við og nýja plastbendis.

Við tölfræðiútreikninga var marktækni á mun viðgerðarstyrks milli yfirborðsmeðferða og tegunda bindiefna reiknuð með ANOVA og Kolmogorov-Smirnov prófum (53).

## Niðurstöður

Niðurstöður eru sýndar í Töflum 3 – 5. Meðal togbindistyrkur í viðmiðunarhópnum á heila óviðgerða plastblendinu er  $54.5 \pm 6.0$  MPa eftir einn mánuð og  $49.6 \pm 5.1$  MPa eftir 12 mánuði. Lægsti meðal togbindistyrkur í viðgerðarhópnum var í hópi 1c, slípað með sandpappír + Scotchbond Multi Purpose, bæði eftir einn mánuð ( $26.4 \pm 6.8$  MPa) og eftir 12 mánuði ( $21.2 \pm 9.9$  MPa). Þetta gerir 48,4% af togpolsstyrk viðmiðunarhópsins eftir eins mánaðar geymslu og 42,7% etir 12 mánuði. Hæsti meðal togbindistyrkur fyrir báða geymslutíma var í hópi 3b, slípað með sandpappír + sílan + Clearfil,  $49.9 \pm 10.4$  eftir einn mánuð og  $41.3 \pm 7.5$  eftir 12

mánuði, sem var 91.6% and 83.3% af togstyrk viðmiðunar hópsins. Það var alltaf minnkun í meðal togbindistyrk í viðgerðarhópum eftir 12 mánaða geymslu sem var á bilinu 14.6% til 21.8% af togbindistyrk samsvarandi eins mánaðar prófunarstauta.

Clearfil var með hæstan togpolsbindistyrk í öllum yfirborðsmeðferðar hópunum. Meðal togpolsstyrkur óviðgerðu viðmiðunarplastblendi stautanna minnkaði um 8,9% frá 1 til 12 mánaða geymslutíma. Tölfræði útreikningar voru framkvæmdir með ANOVA og Kolmogorov-Smirnov og gáfu sömu marktækni upplýsingar fyrir allar samanburðar breytur. Tölfræðilega marktækur munur var milli allra hópa eftir 1 mánuð, sem var ekki eins afgerandi eftir 12 mánuði

(Tafla 5). Lengri geymslutími sýndi ákveðna tilhneingingu til lægri togbindistyrks í öllum hópum, en munurinn var þó ekki tölfræðilega marktækur. Meðalstyrkur samanburðarsýna var verulega hærrí en meðalstyrkur sterkustu viðgerðarinnar, bæði eftir 1 og 12 mánaða geymslutíma. Þykkt Adper Scotchbond bindilagsins milli gamals og nýs plastblendis var nokkuð mismunandi, en virtist vera um 175µ. Adhese One bindilagið var um 20µ og Clearfil SE minna en 5µ. Hlutfall samloðunarbrota í hverjum hópi sem varð í plastblendi (cohesive) eða í bindiefni (adhesive) er sýnt í Töflu 4. Allir brotletir staðsettir í plastblendi voru í „gamla“ plastinu. Flest samloðunarbrot í plastblendi áttu sér stað í hópi 3b, 16% eftir 1 mánuð og 12% eftir 12 mánuði, sem einnig sýndi

Tafla 3. Niðurstöður togpolsprófana á viðgerðarstyrk eftir yfirborðsmeðferðum og tegundum tannbeinsmeðferða eftir einn mánuð og 12 mánuði

Surface treatment		Silikon karbíð sandpappír (Sks)			Sks + Co-jet			Sks + Bis-Silane		
Tannbeinsbindiefni	Viðmiðunar hópur	1a AdheSE	1b Clearfil	1c Scotch-bond	2a AdheSE	2b Clearfil	2c Scotch-bond	3a AdheSE	3b Clearfil	3c Scotch-bond
Meðal togbindistyrkur (SD) (1 m)‡	54.5 (6.0)	28.6 (8.6)	40.2 (9.6)	26.4 (6.8)	40.5 (12.5)	45.4 (11.2)	35.6 (7.2)	43.2 (10.0)	49.9 (10.4)	35.2 (11.0)
Meðal togbindistyrkur (SD) (12 m)‡	49.6 (5.1)	24.1 (7.3)	33.6 (8.4)	21.2 (9.9)	32.9 (8.5)	36.8 (10.7)	30.4 (8.3)	33.8 (6.6)	41.3 (7.5)	28.2 (6.2)
Lækkun á togbindistyrk	8.9%	15.7%	16.4%	19.7%	18.8%	18.9%	14.6%	21.8%	17.2%	19.9%
Meðal togbindistyrkur í% af viðmiðunar hópi (1 m)*	100%	52.5%	73.8%	48.4%	74.3%	83.3%	65.3%	79.3%	91.6%	64.6%
Meðal togbindistyrkur í% af viðmiðunar hópi (12 m)*	100%	48.6%	67.7%	42.7%	66.3%	74.1%	61.3%	68.1%	83.3%	56.9%

‡ Meðal togpols styrkur og meðalfrávik í MPa eftir einn mánuð (1 m) og tólf mánuði (12 m)

\* Meðal togpols styrkur í% af meðal togpolsstyrk viðmiðunar plastblendi hópa eftir einn mánuð (1 m) og 12 mánuði (12 m).

Tafla 4. Brot sem urðu í plastblendi (cohesive fractures) í rannsóknarhópum eftir yfirborðsmeðferð og tegund tannbeinsbindiefna eftir 1 mánuð og 12 mánuða.

Yfirborðsmeðferð		Silikon karbíð sandpappír (Sks)			Sks + Co-jet			Sks + Bis-Silane		
Tegund bindiefnis	Viðmiðunar hópur	1a AdheSE	1b Clearfil SE	1c Scotch-bond	2a AdheSE	2b Clearfil SE	2c Scotch-bond	3a AdheSE	3b Clearfil SE	3c Scotch-bond
Brot í plastblendi (1 m.)#	100%	4%	2%	2%	0%	7%	0%	5%	16%	4%
Brot í plastblendi (12 m.)#	100%	6%	5%	3%	2%	11%	3%	7%	12%	2%

# Brot var einungis í gamla plastblendi.

Tafla 5. Niðurstöður tölfræðilegra útreikninga með ANOVA og Kolmogorov-Smirnov prófum á mun milli hópa eftir einn mánuð og 12 mánuði\*.

	1a	1b	1c	2a	2b	2c	3a	3b	3c
Viðmið	A, b	A, b	A, b	A, b	A, b	A, b	A, b	A, b	A, b
1a		A, b	A, em	A, b	A, b	A, b	A, b	A, b	A, b
1b			A, b	A, em	A, em	A, em	A, em	A, b	A, b
1c				A, b	A, b	A, b	A, b	A, b	A, b
2a					A, em	A, em	A, em	A, b	A, em
2b						A, b	A, em	A, b	A, b
2c							A, em	A, b	A, em
3a								A, b	A, b
3b									A, b
3c									

\*Stórir stafir merkja geymslu í 1 mánuð og litlir stafir í 12 mánuði. Sömu stafir merkja tölfræðilega marktækan mun ( $p < 0,05$ ).

Skammstöfun: ns = ekki marktækur munur milli hópa

hæstan meðal viðgerðarstyrk fyrir bæði geymslutímabil. Næstflestir samloðunarbrottletir í plastblendi urðu í hópi 2b, sem var líka með næst hæstan meðal brotpólstykk, 7% eftir 1 mánuð og 11% eftir 12 mánuði. Aðrir hópar höfðu færri eða engin samloðunarbrott í plastblendinu (cohesive failures) sem þýðir að brotlinan var oftast í bindiefninu (adhesive).

## Umræða

Þverklippi (shear) styrkprófanir hafa verið mikið notaðar við mælingar á bindistyrk við tannvef og tannviðgerðarefni. Þessi aðferð hefur verið notuð mikið vegna þess hve auðveld og fljótleg hún er miðað við togprófs (tensile) aðferðina sem var notuð í þessari rannsókn. Vísindamenn hafa fundið að við hefðbundnar þverklippi styrkprófanir á plastblendi sem er límt við tannbein, myndist stress í tannbeini þannig að kraftar draga út tannbein þannig að brotið verður að hluta í tannbeininu sjálfu, en ekki einungis í límingunni, þannig að falskar niðurstöður fáiast (54, 55). Þessi gagnrýni hefur leitt til aukinnar notkunar á mikró-togpólsprófum, þar sem með tiltölulega litlum sýnastautum fæst jafnari álagsdreifing, þannig að togkraftarnir sem safnast upp í bindiefnislínunni eru mældir (56, 57). Í yfirlitsgrein sögðu Pashley et al. að  $\mu$ -togpólsmælingar biðu upp á meiri áreiðanleika og sveigjanleika en aðrar aðferðir (56). Potevin et al. (58) mældu bindingu plastblendis við tannbein og ályktuðu að  $\mu$ -togpólsmælingar væru áreiðanlegasta in-vitro aðferðin við að meta virkni og bindistyrk nútíma tannbeinsbindiefna. Fyrir nokkrum árum var kynnt ný svonefnt mikró-þverklippi ( $\mu$ -shear) próf til að mæla bindistyrk og vera valkostur við mikró-togpólsaðferðina ( $\mu$ -tensile) (59, 60). Ástæðan gefin

til að nota mikró-þverklippi aðferð var að hún væri auðveldari og fljótlegri í framkvæmd. Samanburðarrannsókn var gerð nýlega á mikró-þverklippi og mikró-togpóls aðferðum. Ályktað var að  $\mu$ -togpóls próf væru mun áreiðanlegri við mælingar á viðgerðarstyrk (61).

Nokkrir vísindamenn hafa fundið samband milli in-vitro bindistyrkleika og klíniskrar endingar V. klassa fyllinga (62). Í nýlegri rannsókn fann Heintze (63) að bæði makró- og mikró-togpólspróf gæfu betur til kynna hugsanlega klíniska endingu viðgerða á tannhálsnum heldur en makró- og mikró-þverklippi próf. Hann mælti með að vísindamenn hættu að nota þverklippi próf vegna ójafnrar stress dreifingar og óáreiðanlegrar fylgni við klínískar niðurstöður. Þar sem ekki er alger eining um aðferðir við togpólsprófanir, ákváðu þessir höfundar eftir forrannsókn að nota  $\mu$ -togpólspróf með endurbótum aðalhöfundar.

Mun fljótlegri og auðveldari aðferð við  $\mu$ -togpóls mælingar var þróuð fyrir þessa rannsókn. Með henni er prófunarstautur límdur inn í hola enda 2 mm. tengiskrúfu. Skrufurnar með límdan stautinn á milli er festur við sér útbúna víra sem eru tengdir við togpólsmælitækið, þannig að togið beinist betur langsum eftir endilöngum prófunarstauti. Við þessar aðstæður brotnuðu langflestir stautar í viðgerðarmótum sem bendir til þess að togkraftur hafi dreifst jafnt um efnið. Í mörgum sambærilegum rannsóknum þar sem  $\mu$ -togpólspróf var notað, brotnuðu stautar miklu oftari í plastblendinu sjálfu (19, 20, 22, 23, 64). Má því álykta að togkraftar hafi ekki verið eins jafnt dreifðir um tilraunastauta og þegar þessi endurbætta aðferð var notuð (65). Fjöldi brota í plastblendi (cohesive)

Í þessum rannsóknum er undarleg, því ætla má að bindiefni milli nýja og gamla plastblendis sé veikasti hlekkurinn. Ef tilraunastautar brotna oftast í bindiefni, eins og í þessari rannsókn, má aftur á móti gera ráð fyrir að niðurstöður sýni betur hinn eiginlega viðgerðarstyrk. Almennt séð verður þó að gera ráð fyrir að hlutfall brota í plastblendi fjölgi eftir því sem viðgerðarstyrkur nálgast meira styrk plastblendis sem er notað, eins og sést vel í þessari rannsókn. Aftur á móti þegar uppgjafinn viðgerðarstyrkur er aðeins helmingur af togstyrk plastblendis sem er notað í rannsókn og tveir þriðju hlutar af brotum verða í plastblendi (cohesive), verður að setja stórt spurningarmerki við aðferðafræði eða framkvæmd rannsókna.

Þriggja þrepa tannbeinsbindiefni hafa verið talin viðmiðunarstaðall við ísetningu plastblendifyllinga, sérsaklega fyrir stórar fyllingar sem eru undir miklu tyggingar álagi (66-68). Sá góði árangur sem hefur náðst með þriggja þrepa bindiefnum er hugsanlega vegna þess að þau hafa tiltölulega þykkt og því sveigjanlegra lag, sem gæti virkað sem einskonar dempari milli tannar og plastblendis (49, 55). Önnur skýring gæti verið að þau innihalda minna af vatnssæknum einliðungum (monomers) en súrari sjálfætandi bindiefni. Þekkt er að vatnssækni bindiefna hefur áhrif á langtíma endingu þeirra, en vatnssækin plastefni taka upp meira vatn, sem með tímanum dregur úr styrk þeirra (17, 26). Niðurstöður rannsókna á viðgerðarstyrk plastblendis hafa sýnt fram á marktækt hraðari minnkun viðgerðarstyrks hjá sjálfætandi bindiefni en hjá þriggja þrepa bindiefni á sex mánaða tímabili (20). Í flestum rannsóknum er viðgerðarstyrkur mældur strax eftir viðgerð sýna eða eftir stuttan tíma (20, 24-47) og engar rannsóknir fundust þar sem sýnin eru geymd í meira en 6 mánuði (20, 23). Í þessari rannsókn er viðgerðarstyrkur mældur eftir eins og tólf mánaða geymslu í vatni auk hita/kælingar meðferða. Milli geymslutíma var lækkun á  $\mu$ -togstyrk í öllum viðgerðarhópum frá 16% til 22% (tafla 4). Munur var þó hvergi tölfraðilega marktækur. Minni lækkun, 8,9%, var á styrk heils plastblendis í viðmiðunarhópum milli geymslutíma.

Þegar brotnir harðir fletir eru límdir saman, er mikilvægt að væta fletina með heppilegu lími og að þeir falli sem best saman í skorður. Frá niðurstöðum þessarar rannsóknar og hvernig prófunarstautar brotna, er hægt að álykta að þykkt fjölliðaðs bindiefnis skipti verulegu máli. Clearfil bindiefni er mun meira fljótandi en bæði AdheSE One og Adper Scotchbond Multi Purpose, þannig að bindilagið verður því mun þynnra. Næstum allir AdheSE One og Adper Scotchbond Multi Purpose prófunarstautar brotnuðu í

bindiefni og margir stautar með bindiefnaleifar bæði á gamla og nýja plastblendinu. Það gefur til kynna að  $\mu$ -togstyrkur bindiefnanna sjálfra stjórni viðgerðarstyrknum. Í Clearfil SE prófunarstautum voru brotlínur oftast milli gamla plastblendis og bindiefnis, nema í hópi 3b sílan – Clearfil SE hópnum, sem var með hæsta meðaltals bindistyrk, næstum 92% af samloðunar (cohesive) styrk viðmiðunar plastblendis eftir 1 mánuð og 83% eftir 12 mánuði. Þar var brotið oft milli bæði gamla og nýja plastblendis á sama stautnum. Coelho (48) fann minnkandi  $\mu$ -togþolsstyrk Single Bond (3MEspe) bindiefnis milli tannbeins og plastblendis, þegar bindiefnislögum var fjölgað frá einu upp í þrjú, meðan samsvarandi lækkun fannst ekki fyrir Clearfil SE (Kuraray). Í þeirri rannsókn voru samt flest brotin hjá báðum bindiefnum flokkuð sem blandað brot, þ.e. bæði í plastblendi (cohesive) og bindiefni (adhesive) á sama prófunarstaut (48).

Þrjár yfirborðsmeðferðir á gömluðu plastblendi voru prófaðar í þessari rannsókn. Tilgangur yfirborðsmeðferða var að auka yfirborðsspennu og/eða grófleika á yfirborði. Algengt er að nota silikon karbíð sandpappír með ákveðinni kornastærð til að fá staðlaðan grófleika. Slíkur sandpappír #320 hefur verið valinn í mörgum rannsóknum af svipuðum toga (23, 64, 69) og var valinn sem grunn yfirborðsmeðferð í þessari rannsókn. Báðar hinar yfirborðsmeðferðir, þar sem sandblæstri með CoJet sandi og sílan meðferð er bætt við silikon karbíð yfirborðsgrófleika #320, juku marktækt viðgerðarstyrk ( $p < 0,05$ ), nema í hópi 2b eftir 12 mánuði. CoJet kísil úðuðu ál kornin eru hönnuð til að neglast í yfirborð efna, þannig að það sé að hluta þakið kísil (70). Auk þess er mögulegt að CoJet korn sem eru negld í yfirborð gamlaða plastblendis virki sem mikkrofesta fyrir nýja plastblendinu, sem gæti einnig skýrt aukinn bindistyrk. Sandblástur með hreinum ál ögnum hefur líka verið sagður auka viðgerðarstyrk (20, 25). Í annarri rannsókn fannst enginn munur á viðgerðarstyrk eftir sandblástur með ál oxíði og húðun með Cojet (22). Þar var stungið upp á að svipaður yfirborðsgrófleiki gæfi svipaða mekaníska festu.

Það er vel þekkt að sílan bindist vel kísiltengdum efnum auk plastblendis. Mörg plastblendi innihalda fyllikorn úr kísiltengdum efnum. Það skýrir vel hvers vegna sílanhúðun á gömlu plastblendi bætir bindingu við nýtt, eins og sýnt er fram á í þessari rannsókn. Niðurstöður úr nokkrum rannsóknum eru þó í andstöðu við okkar niðurstöður (20, 22, 28). Einnar flösku for-vatnsrofin (pre-hydrolyzed) sílan lausn hefur tiltölulega stuttan endingartíma, því eftir opnun flösku verður vökvinn smám saman minna hvarfgjarn (reactive) (70). Í þessari rannsókn var notað sílan úr tveggja flösku kerfi. Droga af vökvunum tveimur var blandað

saman rétt fyrir notkun, til að tryggja alltaf ferskan og ný-vatnsrofinn hvarfgjarnan vökva. Lundval et al. mældu marktækt hærrí bindistyrk þegar postulín var viðgert með tveggja flösku sílani, meðan einnar flösku for-vatnsrofið sílan gaf svipaðan bindistyrk og án sílans (71, 75).

Ef sandblása á í munni yfirborð gamallar fyllingar sem gera á við, þarf sérstakt munnbásturstæki. Það getur verið erfitt og tímafrekt að sandblása í munnholinu auk þess að valda óprífum á tannlækningastofu ef sandur fýkur út í loftið. Notkun á sílani sem viðloðunar hvata er einföld og fljótleg aðferð sem krefst ekki auka útbúnaðar, og samkvæmt þessari rannsókn, gefur sambærilegan eða betri árangur. Innan takmarkana þessarar rannsóknar næst besti árangurinn við viðgerðir á plastblendifyllingum með notkun á tveggja flösku sílan viðloðunarhvata, auk tannbeins bindiefnis sem gefur þunnt lag.

## Ályktun

Niðurstöður þessarar rannsóknar styðja enga af þeim þremur núll tilgátum sem voru settar fram. Eftir slípun með silikon karbíð sandpappír sem gefur sambærilegan grófleika og meðal grófur demants bor, var besta viðgerðarstyrk á plastblendi náð með notkun á fersk blandaðri sílan lausn og bindiefni sem gefur þunnt lag.

## Hagsmunaárekstrar

Höfundar þessarar greinar votta að engin hagsmunatengsl eru við framleiðendur efna né tækja sem eru notuð við þessa rannsókn, og að öll efni voru keypt á markaðsverði.

*Grein þessi er að hluta byggð á grein höfunda: Effect of Different Surface Treatments and Adhesives on Repair Bond Strength of Resin Composites After One and 12 Months of Storage Using an Improved Microtensile Test Method í Oper Dent (2014) 39 (5): E206–E216.*

## Heimildir

1. Mjor IA. The reasons for replacement and the age of failed restorations in general dental practice. *Acta Odontol Scand.* 1997;55(1):58-63.
2. Mjor IA, Gordan VV. Failure, repair, refurbishing and longevity of restorations. *Oper Dent.* 2002;27(5):528-34.
3. Mjor IA, Shen C, Eliasson ST, Richter S. Placement and replacement of restorations in general dental practice in Iceland. *Oper Dent.* 2002;27(2):117-23.
4. Tyas MJ, Anusavice KJ, Frencken JE, Mount GJ. Minimal intervention dentistry--a review. FDI Commission Project 1-97. *Int Dent J.* 2000;50(1):1-12.
5. Krejci I, Lieber CM, Lutz F. Time required to remove totally bonded tooth-colored posterior restorations and related tooth substance loss. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials.* Dent Mater. 1995;11(1):34-40.
6. Gordan VV, Riley III JL, Worley DC, Gilbert GH. Restorative material and other tooth-specific variables associated with the decision to repair or replace defective restorations: Findings from The Dental PBRN. *J Dent.* 2012;40(5):397-405.
7. Mjor IA. Repair versus replacement of failed restorations. *Int Dent J.* 1993;43(5):466-72.

8. Blum IR, Lynch CD, Schriever A, Heidemann D, Wilson NH. Repair versus replacement of defective composite restorations in dental schools in Germany. *Eur J Prosthodont Restor Dent.* 2011;19(2):56-61.
9. Blum IR, Lynch CD, Wilson NH. Teaching of direct composite restoration repair in undergraduate dental schools in the United Kingdom and Ireland. *European journal of dental education : official journal of the Association for Dental Education in Europe.* Eur J Dent Educ. 2012;16(1):e53-8.
10. Blum IR, Lynch CD, Wilson NH. Teaching of the repair of defective composite restorations in Scandinavian dental schools. *J Oral Rehabil.* 2012;39(3):210-6.
11. Gordan VV, Mjor IA, Blum IR, Wilson N. Teaching students the repair of resin-based composite restorations: a survey of North American dental schools. *J Am Dent Assoc.* 2003;134(3):317-23; quiz 38-9.
12. Lynch CD, Blum IR, Frazier KB, Haisch LD, Wilson NH. Repair or replacement of defective direct resin-based composite restorations: contemporary teaching in U.S. and Canadian dental schools. *J Am Dent Assoc.* 2012;143(2):157-63.
13. Gordan VV, Riley JL, Blaser PK, Mjor IA. 2-year clinical evaluation of alternative treatments to replacement of defective amalgam restorations. *Operative dentistry.* 2006;31(4):418-25.
14. Boyer DB, Chan KC, Torney DL. The strength of multilayer and repaired composite resin. *J Prosthet Dent.* 1978;39(1):63-7.
15. Brosh T, Baharav H, Gross O, Laufer BZ. The influence of surface loading and irradiation time during curing on mechanical properties of a composite. *J Prosthet Dent.* 1997;77(6):573-7.
16. Lagouvardos PE, Pissis P, Kyritsis A, Daoukaki D. Water sorption and water-induced molecular mobility in dental composite resins. *J Mater Sci Mater Med.* 2003;14(9):753-9.
17. Malacarne J, Carvalho RM, de Goes MF, Szviero N, Pashley DH, Tay FR, et al. Water sorption/solubility of dental adhesive resins. *Dent Mater.* 2006;22(10):973-80.
18. Tarumi H, Torii M, Tsuchitani Y. Relationship between particle size of barium glass filler and water sorption of light-cured composite resin. *Dent Mater J.* 1995;14(1):37-44.
19. Maneenut C, Sakoolnamarka R, Tyas MJ. The repair potential of resin composite materials. *Dent Mater.* 2011;27(2):e20-e7.
20. da Costa TRF, Serrano AM, Atman APF, Loguercio AD, Reis A. Durability of composite repair using different surface treatments. *J Dent.* 2012;40(6):513-21.
21. Dall'oca S, Papacchini F, Radovic I, Polimeni A, Ferrari M. Repair potential of a laboratory-processed nano-hybrid resin composite. *J Oral Sci.* 2008;50(4):403-12.
22. Rodrigues SA, Jr., Ferracane JL, Della Bona A. Influence of surface treatments on the bond strength of repaired resin composite restorative materials. *Dent Mater.* 2009;25(4):442-51.
23. Staxrud F, Dahl JE. Role of bonding agents in the repair of composite resin restorations. *Eur J Oral Sci.* 2011;119(4):316-22.
24. Costa TR, Ferreira SQ, Klein-Junior CA, Loguercio AD, Reis A. Durability of surface treatments and intermediate agents used for repair of a polished composite. *Oper Dent.* 2010;35(2):231-7.
25. Loomans BA, Cardoso MV, Roeters FJ, Opdam NJ, De Munck J, Huysmans MC, et al. Is there one optimal repair technique for all composites? *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials.* Dent Mater. 2011;27(7):701-9.
26. Papacchini F, Toledano M, Monticelli F, Osorio R, Radovic I, Polimeni A, et al. Hydrolytic stability of composite repair bond. *Eur J Oral Sci.* 2007;115(5):417-24.
27. Passos SP, Ozcan M, Vanderlei AD, Leite FP, Kimpara ET, Bottino MA. Bond strength durability of direct and indirect composite systems following surface conditioning for repair. *J Adhes Dent.* 2007;9(5):443-7.
28. Bonstein T, Garlapo D, Donarummo J, Jr., Bush PJ. Evaluation of varied repair protocols applied to aged composite resin. *J Adhes Dent.* 2005;7(1):41-9.
29. Cavalcanti AN, De Lima AF, Peris AR, Mitsui FH, Marchi GM. Effect of surface treatments and bonding agents on the bond strength of repaired composites. *J Esthet Restor Dent.* 2007;19(2):90-8; discussion 9.
30. Rathke A, Tymina Y, Haller B. Effect of different surface treatments on the composite-composite repair bond strength. *Clin Oral Investig.* 2009;13(3):317-23.
31. Yesilyurt C, Kusgoz A, Bayram M, Ulker M. Initial repair bond strength of a nano-filled hybrid resin: effect of surface treatments and bonding agents. *J Esthet Restor Dent.* 2009;21(4):251-60.
32. Padipatvuthikul P, Mair LH. Bonding of composite to water aged composite with surface treatments. *Dent Mater.* 2007;23(4):519-25.
33. Kupiec KA, Barkmeier WW. Laboratory evaluation of surface treatments for composite repair. *Oper Dent.* 1996;21(2):59-62.



34. Lucena-Martin C, Gonzalez-Lopez S, Navajas-Rodriguez de Mondelo JM. The effect of various surface treatments and bonding agents on the repaired strength of heat-treated composites. *J Prosthet Dent.* 2001;86(5):481-8.
35. Oztas N, Alacam A, Bardakcy Y. The effect of air abrasion with two new bonding agents on composite repair. *Oper. Dent.* 2003;28(2):149-54.
36. Papacchini F, Dall'Oca S, Chieffi N, Goracci C, Sadek FT, Suh BI, et al. Composite-to-composite microtensile bond strength in the repair of a microfilled hybrid resin: effect of surface treatment and oxygen inhibition. *J Adhes Dent.* 2007;9(1):25-31.
37. Papacchini F, Magni E, Radovic I, Mazzitelli C, Monticelli F, Goracci C, et al. Effect of intermediate agents and pre-heating of repairing resin on composite-repair bonds. *Oper. Dent.* 2007;32(4):363-71.
38. Papacchini F, Monticelli F, Radovic I, Chieffi N, Goracci C, Tay FR, et al. The application of hydrogen peroxide in composite repair. *J. Biomed. Mater. Res, Part B, Applied biomaterials.* 2007;82(2):298-304.
39. Papacchini F, Radovic I, Magni E, Goracci C, Monticelli F, Chieffi N, et al. Flowable composites as intermediate agents without adhesive application in resin composite repair. *J Am Dent Assoc.* 2008;21(1):53-8.
40. Shahdad SA, Kennedy JG. Bond strength of repaired anterior composite resins: an in vitro study. *J. Dent.* 1998;26(8):685-94.
41. Yap AU, Quek CE, Kau CH. Repair of new-generation tooth-colored restoratives: methods of surface conditioning to achieve bonding. *Oper. Dent.* 1998;23(4):173-8.
42. Yap AU, Sau CW, Lye KW. Effects of aging on repair bond strengths of a polyacid-modified composite resin. *Oper. Dent.* 1999;24(6):371-6.
43. Loomans BAC, Cardoso MV, Opdam NJM, Roeters FJM, De Munck J, Huysmans MCDNJM, et al. Surface roughness of etched composite resin in light of composite repair. *J. Dent.* 2011;39(7):499-505.
44. Trajtenberg CP, Powers JM. Effect of hydrofluoric acid on repair bond strength of a laboratory composite. *J Am Dent Assoc.* 2004;17(3):173-6.
45. Brendeke J, Ozcan M. Effect of physicochemical aging conditions on the composite-composite repair bond strength. *J Adhes Dent.* 2007;9(4):399-406.
46. Fawzy AS, El-Askary FS, Amer MA. Effect of surface treatments on the tensile bond strength of repaired water-aged anterior restorative micro-fine hybrid resin composite. *J Dent.* 2008;36(12):969-76.
47. Özcan M, Barbosa SH, Melo RM, Galhano GÁP, Bottino MA. Effect of surface conditioning methods on the microtensile bond strength of resin composite to composite after aging conditions. *Dent Mater.* 2007;23(10):1276-82.
48. Coelho PG, Calamia C, Harsono M, Thompson VP, Silva NRFA. Laboratory and FEA evaluation of dentin-to-composite bonding as a function adhesive layer thickness. *Dent Mater.* 2008;24(10):1297-303.
49. Kemp-Scholte CM, Davidson CL. Complete marginal seal of Class V resin composite restorations effected by increased flexibility. *J. Dent. Res.* 1990;69(6):1240-3.
50. Knight GT, Berry TG. Clinical application of a direct placement mercury-free alloy. *J Am Dent Assoc.* 1997;10(1):52-4.
51. Tam LE, Khoshand S, Pilliar RM. Fracture resistance of dentin-composite interfaces using different adhesive resin layers. *J Dent.* 2001;29(3):217-25.
52. Kalachandra S. Influence of fillers on the water sorption of composites. *Dent Mater.* 1989;5(4):283-8.
53. Press WP FB, Teukolsky SA, Vetterling WT. Kolmogorov-Smirnov test. Numerical recipes; the art of scientific computing. Cambridge: Cambridge University Press; 1986. p. 472-5.
54. Della Bona A, van Noort R. Shear vs. tensile bond strength of resin composite bonded to ceramic. *J. Dent. Res.* 1995;74(9):1591-6.
55. Van Noort R, Noroozi S, Howard IC, Cardew G. A critique of bond strength measurements. *J Dent.* 1989;17(2):61-7.
56. Pashley DH, Carvalho RM, Sano H, Nakajima M, Yoshizama M, Shono Y, et al. The microtensile bond test: a review. *J Adhes Dent.* 1999;1(4):299-309.
57. Scherrer SS, Cesar PF, Swain MV. Direct comparison of the bond strength results of the different test methods: A critical literature review. *Dent Mater.* 2010;26(2):E78-E93.
58. Poitevin A, De Munck J, Van Landuyt K, Coutinho E, Peumans M, Lambrechts P, et al. Critical analysis of the influence of different parameters on the microtensile bond strength of adhesives to dentin. *J Adhes Dent.* 2008;10(1):7-16.
59. Foong J, Lee K, Nguyen C, Tang G, Austin D, Ch'ng C, et al. Comparison of microshear bond strengths of four self-etching bonding systems to enamel using two test methods. *Aust. Dent. J.* 2006;51(3):252-7.
60. McDonough WG, Antonucci JM, He J, Shimada Y, Chiang MY, Schumacher GE, et al. A microshear test to measure bond strengths of dentin-polymer interfaces. *Biomaterials.* 2002;23(17):3603-8.
61. Fomazari IA, Brum RT, Rached RN, de Souza EM. Reliability and correlation between microshear and microtensile bond strength tests of composite repairs. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2020;103:103607.
62. Van Meerbeek B, Peumans M, Poitevin A, Mine A, Van Ende A, Neves A, et al. Relationship between bond-strength tests and clinical outcomes. *Dent Mater.* 2010;26(2):E100-E21.
63. Heintze SD. Clinical relevance of tests on bond strength, microleakage and marginal adaptation. *Dent Mater.* 2013;29(1):59-84.
64. Hamano N, Chiang YC, Nyamaa I, Yamaguchi H, Ino S, Hickel R, et al. Repair of silorane-based dental composites: Influence of surface treatments. *Dent Mater.* 2012;28(8):894-902.
65. El Zohairy AA, de Gee AJ, de Jager N, van Ruijven LJ, Feilzer AJ. The influence of specimen attachment and dimension on microtensile strength. *J. Dent. Res.* 2004;83(5):420-4.
66. Manuja N, Nagpal R, Pandit IK. Dental Adhesion: Mechanism, Techniques and Durability. *J Clin Pediatr Dent.* 2012;36(3):223-34.
67. Perdigao J. New developments in dental adhesion. *Dent Clin North Am.* 2007;51(2):333-57, viii.
68. Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, et al. Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper. Dent.* 2003;28(3):215-35.
69. Tezvergil A, Lassila LV, Vallittu PK. Composite-composite repair bond strength: effect of different adhesion primers. *J Dent.* 2003;31(8):521-5.
70. Lung CYK, Matinlinna JP. Aspects of silane coupling agents and surface conditioning in dentistry: An overview. *Dent Mater.* 2012;28(5):467-77.
71. Lundvall PK, Ruyter E, Ronold HJ, Ekstrand K. Comparison of Different Etching Agents and Repair Materials Used on Feldspathic Porcelain. *J Adhes Sci Technol.* 2009;23(7-8):1177-86.

English Summary

## Effect of Adhesive Layer Thickness and Surface Treatments on Composite Repair Strength

SIGFUS THOR ELIASSON, DDS, MSD, PROFESSOR EMERITUS, FACULTY OF ODONTOLOGY, UNIVERSITY OF ICELAND, REYKJAVIK, ICELAND, VISITING SCIENTIST, NORDIC INSTITUTE OF DENTAL MATERIALS, OSLO, NORWAY  
JOHN TIBBALLS, PHD, SENIOR SCIENTIST, NORDIC INSTITUTE OF DENTAL MATERIALS, OSLO, NORWAY  
JON E. DAHL, DDS, DR ODONT DSC, DIRECTOR, NORDIC INSTITUTE OF DENTAL MATERIALS, OSLO, NORWAY, PROFESSOR, SCHOOL OF DENTISTRY, UNIVERSITY OF OSLO, NORWAY

ICELANDIC DENT J 2021; 39(1): 8-17  
doi: 10.33112/tann.39.1.1

**Objectives:** The aim of the study was to evaluate the effect of adhesive layer thickness on micro-tensile strength between composite materials using different surface treatments and adhesives.

**Methods:** Serving as substrate, a total of 72 Tetric Evo Ceram composite cylinders were fabricated and stored in water for two weeks and thermal cycled 5000 times between 5°C and 55°C. To obtain a standardized surface, the cylinders were roughened using 320-grit silicon carbide sandpaper. The cylinders were divided into three experimental groups; 1. unchanged surface, 2. Sandblasting surface with CoJet®tribochemical silica sand and 3. surface silane coating with Bis-Silane. Eight control cylinders were prepared and aged as the substrate. Each experimental group was divided into subgroups that received the following bonding systems: AdheSE One, one-step self-etching adhesive, Clearfil SE, two-step self-etching adhesive and Adper Scotchbond MP, three-step etch and rinse adhesive. New Tetric Evo Ceram composite was placed and cured on top of the prepared substrate cylinders. The test specimens were placed in water and thermocycled the same way as before. The control cylinders were also thermocycled and stored in water for same time. Half of the cylinders in each test group were tested at one month and the second half at 12 months. The cylinders were serially sectioned in an automatic cutting machine, producing 10-20 1.1 X 1.1 mm. test specimen rods from each cylinder. After cleaning, the rods were examined under microscope for voids and imperfections and thickness of the adhesive interface measured. Specimens were prepared for micro tensile testing and the tensile strength calculated in MPa. The fracture surfaces were examined under a stereo microscope and the type of fracture noted.

**Results:** The thickness of the adhesive layer was estimated 175 µm. for Scotchbond MP, 20 µm. for AdheSE and 5 µm. for Clearfil SE. The mean tensile strength of composite control was 54.5 MPa at one month and 49.6 MPa at 12 months. The mean tensile strength for the repaired groups ranged from 26.4 MPa to 49.9 MPa at one month and 21.2 to 41.3 at 12 months. Statistically significant difference was between all groups ( $p < 0.05$ ) at one month. This difference was less pronounced at 12 months. Clearfil had the highest repair strength within each surface treatment group, with the highest repair strength in the group having bis-silane coated surface. There was a tendency for lower tensile strength at 12 months compared to one month. Most fractures were of the adhesive type; the highest number of cohesive fractures, 16% at one month and 12% at 12 months were in groups with the highest tensile strength.

**Conclusion:** The strongest composite repair bond strength was achieved after mechanical roughening, using freshly mixed bis-silane solution on the substrate in addition to an adhesive, rendering a thin bonding layer.

**Keywords:** *Adhesive layer thickness, Composite repair, micro-tensile strength, surface treatment*

**Correspondence:** *Sigfus Þór Eliasson, e-mail: sigfuse@hi.is*