

## ABSTRACT

## Har luftfugtighed og appliceringstid betydning for bindingsstyrken?

**Introduktion og formål** – De kliniske forhold, under hvilke bindingsystemer anvendes, kan variere af mange forskellige grunde. Formålet med denne undersøgelse var at vurdere effekten af relativ luftfugtighed og af forkortet appliceringstid af bindingsystemer på deres bindingsstyrke til dentin.

**Materiale og metoder** – Ekstraherede permanente molarer (i alt 360) blev slebet plane okklusalt fra indtil ca. midt i dentinen. Dentinprøverne blev behandlet med ét af seks bindingsystemer (Syntac Classic, OptiBond FL, Clearfil SE Bond, AdheSE, Xeno Select eller Scotchbond Universal) og en cylinder af komposit plast (Filtek Z250) blev herefter polymeriseret fast på de behandlede dentinoverflader under fire forskellige forsøgsbetingelser (45 % relativ luftfugtighed/anbefalet appliceringstid; 45 % relativ luftfugtighed/forkortet appliceringstid; 85 % relativ luftfugtighed/anbefalet appliceringstid; 85 % relativ luftfugtighed/forkortet appliceringstid). Efter opbevaring af prøvelegemerne i 24 timer ved 37° C og 100% relativ fugtighed blev bindingsstyrken målt ved forskydning, og resultaterne blev analyseret statistisk med en nonparametrisk variansanalyse efterfulgt af Kruskal-Wallis tests og Mann-Whitney U-tests ( $\alpha = 0,05$ ).

**Resultater og konklusion** – Høj luftfugtighed og forkortet appliceringstid havde ingen statistisk signifikant indflydelse på bindingsstyrken af Clearfil SE Bond og Scotchbond Universal ( $P = 1,00$ ). For de fire øvrige bindingsystemer (Syntac Classic, OptiBond FL, AdheSE og Xeno Select) var der ligeledes ingen indflydelse af forkortet appliceringstid ( $P \geq 0,403$ ). Til gengæld sås for tre af disse fire bindingsystemer (Syntac Classic, OptiBond FL og Xeno Select) et signifikant fald i bindingsstyrken som følge af høj luftfugtighed ved såvel anbefalet som ved forkortet appliceringstid ( $P \leq 0,003$ ), og for det sidste bindingssystem (AdheSE) sås et signifikant fald som følge af høj luftfugtighed ved den anbefalede appliceringstid ( $P = 0,002$ ). Generelt havde høj luftfugtighed således en negativ effekt på bindingsstyrken til dentin, mens forkortet appliceringstid af bindingsystemer ingen effekt havde.

Artiklen er baseret på: Amsler F, Peutzfeldt A, Lussi A et al. Bond strength of resin composite to dentin with different adhesive systems: Influence of relative humidity and application time. *J Adhes Dent* 2015;17:249-56. Used by permission. © Quintessence.

Henvendelse til forfatter:

Anne Peutzfeldt, e-mail: anne.peutzfeldt@zmk.unibe.ch

# Effekten af relativ luftfugtighed samt af bindingssystemers appliceringstid på bindingsstyrken til dentin

Fabienne Amsler, tandlæge, Afdeling for Forebyggende og Restaurerende Tandpleje samt Pædagogik, Berns Universitet

Anne Peutzfeldt, seniorforsker, dr.odont., ph.d., Afdeling for Forebyggende og Restaurerende Tandpleje samt Pædagogik, Berns Universitet

Adrian Lussi, professor, dr.med.dent., dipl.chem.ing., Afdeling for Forebyggende og Restaurerende Tandpleje samt Pædagogik, Berns Universitet

Simon Flury, adjunkt, dr.med.dent., Afdeling for Forebyggende og Restaurerende Tandpleje samt Pædagogik, Berns Universitet

De materialer, der anvendes i forbindelse med fremstillingen af adhæsive restaureringer, er relativt hydrofobe; materialernes egenskaber og kliniske holdbarhed kan forringes ikke blot sfa. kontaminering med vand og/eller proteiner i saliva og blod, men også af luftfugtigheden intraoralt (1-3). Anvendelse af kofferdam anses som *good clinical practice* i bestræbelsen på at minimere de negative virkninger af kontaminering og luftfugtighed (4). Såfremt der ikke anvendes kofferdam, varierer luftfugtigheden i mundhulen under diverse restaurerende behandlinger mellem 78% og 94% (5). Ved anvendelse af kofferdam svarer luftfugtigheden i mundhulen under tandbehandling til gengæld til den (lavere) luftfugtighed, der hersker i resten af kliniklokalet (5). Det er dog ikke alle tandlæger, der anvender kofferdam. I en omfattende amerikansk undersøgelse fandt Gilbert et al., at

63% af de 229 tandlæger, der deltog i undersøgelsen, ikke anvendte kofferdam rutinemæssigt under det, der kaldtes *routine operative procedures*, samt at kun 12% af de 9.890 restaureringer, der blev fremstillet i løbet af undersøgelsen,

### EMNEORD

Adhesion; adhesive treatment; dentin bonding; working time; moisture

sen, var fremstillet under anlæg af kofferdam (6). I et review af *in vitro*-undersøgelser omfattende talrige typer/klaser/generationer af adhæsiver konkluderede Jacquot et al., at der i litteraturen generelt ses en stærk negativ effekt af øget relativ luftfugtighed på bindingsstyrken til emalje og dentin (4). I modstrid hermed fandt man i et nyligt *in situ*-studium ingen negativ effekt af høj relativ luftfugtighed på bindingsstyrken til dentin (7).

Bindingsystemer har undergået løbende videreudvikling siden deres fremkomst i 1980'erne. Som bekendt viste fosforsyreætsning sig hurtigt at være en effektiv metode til opnåelse af holdbar binding til emalje. Anderledes forholdt det sig med binding til dentin. De tidligste dentinbindingssystemer benyttede enten EDTA eller fosforsyre som et første trin efterfulgt af skylning med vand og tørblæsning og derefter applicering af først en primer, så et adhæsiv og til sidst en lavviskøs resin (firetrins etch-and-rinse-bindingssystemer) inden applicering af det kompositte plast. Modificeringer af indholdsstofferne førte sidenhen til, at resinene kunne undværes (tretrins etch-and-rinse bindingssystemer). Disse flerflakesystemer var/er tidskrævende og komplicerede at anvende, og de har også vist sig at være teknikfølsomme (8,9). Videre forskning og udvikling resulterede dernæst i tottrins etch-and-rinse-systemer, ifølge hvilke fosforsyreætsning efterfølges af et adhæsiv, og derefter i en helt ny klasse af bindingssystemer, de selvætsende systemer. I tottrins selvætsende bindingssystemer anvendes en sur primer efterfulgt af et adhæsiv. I de nyeste bindingssystemer er den sure primer og adhæsivet kombineret i en enkelt flaske, og ettrins selvætsende adhæsiverne er dermed en realitet. De nyere, simplificerede bindingssystemer indebærer færre appliceringstrin og er hurtigere at anvende (10). Trods dette er der stadig flere trin i anvendelsesproceduren, der indbefatter relativt lange applicerings- og/eller ventetider. Tandlæger arbejder ofte under tidspress; de anvender ikke alle et stopur til timing af de enkelte appliceringstrin, og mange vil gerne minimere ubehagelig behandlingstid af hensyn til patienten. Det er således sandsynligt, at producenterens anvisninger ikke altid bliver fulgt til punkt og prikke, hvilket en tidligere undersøgelse af anvendelsen af bindingssystemer i tandlægepraksis også indikerer (11), og at afvigelser fra de anbefalede appliceringstider kan kompromittere bindingssystemernes bindingsstyrke (12) og dermed plastrestaureeringernes holdbarhed.

En gennemgang af litteraturen viser således, at der ikke er enighed omkring effekten af relativ luftfugtighed og appliceringstider på bindingssystemernes effektivitet. I visse undersøgelser har man fundet en negativ effekt af høj relativ luftfugtighed eller af forkortede appliceringstider, mens man i andre undersøgelser ikke har set nogen effekt (7,13-17). Det var derfor formålet med nærværende *in vitro*-undersøgelse at vurdere effekten af relativ luftfugtighed samt af appliceringstiden af ætsmidler, primere og adhæsiver på bindingsstyrken til dentin formidlet af seks forskellige bindingssystemer. Følgende to nul-

hypoteser blev testet: 1) relativ luftfugtighed og appliceringstid har ingen indflydelse på bindingssystemernes bindingsstyrke til dentin, og 2) der er ingen forskel på bindingsstyrken mellem de seks bindingssystemer.

## Materiale og metoder

### Fremstilling af dentinprøver

Der blev anvendt i alt 360 ekstraherede permanente molarer uden restaureringer eller caries (n = 15 molarer pr. gruppe; 24 grupper: seks bindingssystemer, to relative luftfugtigheder, to appliceringstider). Molarerne var blevet rengjort under rindende vand med tandbørste og depureringsinstrument og derefter opbevaret i en 2% vandig kloraminopløsning i køleskab (4° C) indtil brug.

Molarernes rodspidser blev fjernet med en diamantsav (Iso-Met; Buehler, Lake Bluff, IL, USA) under vandkøling, og okklusalfaderne blev derefter slebet ned til midt i den koronale dentin på karborundumpapir nr. 220 efterfulgt af nr. 500 (LaboPol-21; Struers, Ballerup, Danmark). De slebne molarer blev støbt ind i selvhærdende resin (Paladur; Heraeus Kulzer, Hanau, Tyskland) vha. cylindriske rustfri stålforme. Efter hærdning af resinene blev de indstøbte dentinprøver skilt fra formene og opbevaret i køleskab (4° C) ved 100% relativ luftfugtighed indtil brug.

### Fremstilling af bindingsstyrkeprøvelegemer

En time før fremstilling af prøvelegemer til bindingsstyrkemåling blev dentinprøverne taget ud af køleskabet og opbevaret i vand ved stuetemperatur. Inden fremstilling af hvert enkelt prøvelegeme blev dentinoverfladen slebet på karborundumpapir nr. 500 (Struers) i 10 sek. under vandpåsprøjtning mhp. dannelse af et standardiseret smørelag. Dentinoverfladen blev blæst tør og dækket af et stykke selvklæbende tape forsynet med en perforation (d ≈ 4 mm), der således definerede bindingsarealet. Dette areal blev behandlet med et af seks bindingssystemer (et firetrins etch-and-rinse, et tretrins etch-and-rinse, to tottrins selvætsende og to ettrins selvætsende adhæsiver) under anvendelse af to forskellige appliceringstider: 1) den tid, som anbefales af producenten (Tid<sub>prod</sub>) eller 2) forkortet tid (Tid<sub>kort</sub>), som beskrevet i Tabel 1. Applicering af bindingssystemerne og fremstilling af bindingsstyrkeprøvelegemerne foregik i en transparent handskeboks. (CSL-GB24; Cleaver Scientific, Rugby, UK) enten ved almindeligt forekommende luftfugtighed (≈ 45%; variation: 40-55%) eller ved forhøjet luftfugtighed (≈ 85%; variation: 80-90%). Den relative luftfugtighed blev målt vha. et hygrometer (SHTC1; Sensirion, Staefa, Schweiz). For hvert af de seks bindingssystemer fremstilledes således 15 bindingsstyrkeprøvelegemer for hver af de fire forsøgsbetingelser (45%/Tid<sub>prod</sub>; 45%/Tid<sub>kort</sub>; 85%/Tid<sub>prod</sub>; 85%/Tid<sub>kort</sub>). Efter applicering af bindingssystem og stadig med dentinprøven i handskeboksen blev en teflonform (indre diameter 3,6 mm, bindingsareal ≈ 10 mm<sup>2</sup>, højde 2,5 mm) spændt fast til den forbehandlede →

**Bindingssystemer****A. Etch-and-rinse bindingssystemer**

Bindingssystem	Behandlingstrin	Tid <sub>prod</sub> (sek.)	Tid <sub>kort</sub> (sek.)
Syntac Classic (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)	1) Ætsning med fosforsyre	15	5
	Vandspray	> 5	> 5
	Forsigtig luftpåblæsning (wet bonding)	~ 3	~ 3
	2) Syntac Primer (LOT-Nr. S45013)	15	5
	Grundig tørblæsning	(~ 5)	(~ 5)
	3) Syntac Adhesive (LOT-Nr. S42816)	10	5
	Grundig tørblæsning	(~ 5)	(~ 5)
	4) Heliobond (LOT-Nr. S46832)	-	-
	Kort luftpåblæsning	(~ 3)	(~ 3)
	Lyspolymerisering	10	10
OptiBond FL (Kerr, Scafati, Italien)	1) Ætsning med fosforsyre	15	5
	Vandspray	> 15	5
	Luftpåblæsning	> 3	> 3
	2) OptiBond Primer (LOT-Nr. 4857476)	15	5
	Kort luftpåblæsning	(~ 5)	(~ 5)
	3) OptiBond Adhesive (LOT-Nr. 4851978)	15	5
	Kort luftpåblæsning	(~ 3)	(~ 3)
	Lyspolymerisering	10	10

**B. Totrins selvætsende bindingssystemer**

Bindingssystem	Behandlingstrin	Tid <sub>prod</sub> (sek.)	Tid <sub>kort</sub> (sek.)
Clearfil SE Bond (Kuraray, Tokyo, Japan)	1) SE Primer (LOT-Nr. 01211A)	20	10
	Luftpåblæsning	(~ 5)	(~ 5)
	2) SE Bond (LOT-No.: 01819A)	-	-
	Luftpåblæsning	(~ 5)	(~ 5)
	Lyspolymerisering	10	10
AdheSE (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)	1) AdheSE Primer (LOT-Nr. S40278)	30	15
	Grundig tørblæsning	(~ 5)	(~ 5)
	2) AdheSE Bonding Agent (LOT-Nr. S46440)	-	-
	Forsigtig luftpåblæsning	(~ 5)	(~ 5)
	Lyspolymerisering	10	10

**C. Etrins selvætsende bindingssystemer**

Bindingssystem	Behandlingstrin	Tid <sub>prod</sub> (sek.)	Tid <sub>kort</sub> (sek.)
Xeno Select, (DENTSPLY DeTrey, Konstanz, Tyskland)	1) Applicering og agitering (LOT-Nr. 1401001212)	20	10
	Grundig tørblæsning	> 5	> 5
	Lyspolymerisering	10	10
Scotchbond Universal (3M ESPE, Neuss, Tyskland)	1) Applicering og agitering (LOT-Nr. 545613)	20	10
	Luftpåblæsning	(~ 5)	(~ 5)
	Lyspolymerisering	10	10

**Tabel 1.** De undersøgte bindingssystemer og deres anvendelse (Tid<sub>prod</sub> = tid anbefalet af producenten; Tid<sub>kort</sub> = forkortet appliceringstid).

**Table 1.** Adhesive systems and adhesive treatments (Tid<sub>prod</sub> = application times as stated by the manufacturer; Tid<sub>kort</sub> = reduced application times).



dentinoverflade og fyldt med komposit plast (Filtek Z250; 3M ESPE, St. Paul, MN, USA; farve A3). Plastet blev dækket af en matrice (Hawe Stopstrip Straight; KerrHawe, Bioggio, Schweiz) og derefter lyspolymeriseret i 20 sek. Bindingsstyrkeprøvelegemet blev anbragt i en sort æske for at undgå yderligere lyspåvirkning af polymerisationsprocessen. Efter 5 min. blev teflonformen fjernet. Samtlige bindingsstyrkeprøvelegemer blev herefter opbevaret i sorte æsker ved 37° C og 100% relativ luftfugtighed i 24 timer. Al lyspolymerisering blev foretaget med en LED polymerisationslampe (Demi; Kerr, Middleton, WI, USA), og hver dag ved prøvelegemefremstillingens begyndelse og afslutning blev det kontrolleret, at lysintensiteten var mindst 1.000 mW/cm<sup>2</sup>.

### Måling af bindingsstyrke samt analyse af brudtype

Efter lagring af prøvelegemerne blev bindingsstyrken bestemt ved forskydningsprøvning i en universal testmaskine (Zwick Z1.0TN; Zwick, Ulm, Tyskland) ved en belastningshastighed på 1 mm/min. Den højeste belastningskraft inden brud ( $F_{\max}$  [N]) blev registreret, og bindingsstyrken blev udregnet ( $F_{\max}$  [N]/bindingsareal [mm<sup>2</sup>]) for hver af de 15 prøvelegemer i hver gruppe.

Hvert prøvelegemes brudflade blev derefter analyseret i stereomikroskop (Leica ZOOM 2000; Leica, Buffalo, NY, USA) ved 40 x forstørrelse og brudtypen klassificeret som 1) kohæsivt brud i dentin, 2) adhæsivt brud, 3) kohæsivt brud i komposit plast eller 4) blandet brud (dvs. en kombination af type 1 til 3).

### Statistik

Brudtyperesultaterne blev analyseret deskriptivt, mens bindingsstyrkeresultaterne blev analyseret statistisk vha. non-parametrisk Aligned Rank Transformation (ART) variansanalyse (18) efterfulgt af Kruskal-Wallis tests til sammenligning mellem de seks bindingssystemer for hver af de fire forsøgsbetingelser og mellem de fire forsøgsbetingelser for hver af de seks bindingssystemer. Resultaterne blev herefter analyseret vha. post-hoc Mann-Whitney U-tests med Bonferroni-Holm korrektion for gentagne sammenligninger. Alle statistiske analyser blev foretaget med programmet R i version 3.1.0 (R Foundation for Statistical Computing, Wien, Østrig; www.r-project.org). Der anvendtes et generelt signifikansniveau på 5%.

### Resultater

Resultaterne af bindingsstyrkemålingerne (medianer, øvre og nedre kvartiler såvel som minima og maksima) er vist i Fig. 1. Variansanalysen viste, at såvel faktoren forsøgsbetingelse (luftfugtighed/appliceringstid) som faktoren bindingssystem havde signifikant effekt på bindingsstyrken (begge faktorer:  $P < 0,0001$ ), og at der var en signifikant interaktion mellem de to faktorer ( $P < 0,0001$ ).

Hvad faktoren forsøgsbetingelse angår, viste Kruskal-Wallis analyserne, at der ingen effekt var af denne faktor for to af bin-

## KLINISK RELEVANS

På basis af denne *in vitro*-undersøgelse anbefales anvendelsen af kofferdam mhp. effektiv kontrol af den relative luftfugtighed og opnåelse af effektiv binding til dentin. Selv om nærværende undersøgelse ikke fandt nogen signifikant negativ virkning af forkortet appliceringstid på bindingsstyrken til dentin, anbefales det altid at følge producentens anvisninger.

dingssystemerne (Clearfil SE Bond og Scotchbond Universal;  $P = 1,00$ ), mens der for de fire andre bindingssystemer var en signifikant effekt: Syntac Classic ( $P < 0,0001$ ), OptiBond FL ( $P < 0,0003$ ), AdheSE ( $P = 0,009$ ) og Xeno Select ( $P < 0,0001$ ). For disse fire bindingssystemer havde appliceringstiden, uanset luftfugtighed, ingen signifikant effekt på bindingsstyrken (Syntac Classic [ $P = 1,00$ ], OptiBond FL [ $P \geq 0,403$ ], AdheSE [ $P \geq 0,696$ ] og Xeno Select [ $P = 0,466$ ]) (Tabel 2). Til gengæld havde luftfugtigheden en signifikant negativ effekt på bindingsstyrken for tre af de fire bindingssystemer (Syntac Classic [ $P \leq 0,001$ ], OptiBond FL [ $P \leq 0,003$ ] og Xeno Select [ $P \leq 0,001$ ]) uanset appliceringstid, og for det fjerde bindingssystem (AdheSE [ $P = 0,002$ ]), når den af producenten anbefalede appliceringstid var blevet anvendt.

Hvad faktoren bindingssystem angår, viste Kruskal-Wallis analyserne, at der var signifikante forskelle mellem de seks bindingssystemer under alle fire forsøgsbetingelser. To bindingssystemer (OptiBond FL og Scotchbond Universal) resulterede generelt i de højeste bindingsstyrker uanset forsøgsbetingelser. Blandt de øvrige fire bindingssystemer gav Clearfil SE Bond de mest stabile bindingsstyrker under de forskellige forsøgsbetingelser.

Fordelingen af brudtyper sfa. bindingsstyrkemåling er vist i Tabel 3. For Syntac Classic og Clearfil SE Bond var adhæsivt brud hyppigst forekommende, og der sås så godt som ingen indflydelse på brudtypefordelingen af variationer i relativ luftfugtighed og appliceringstid. For OptiBond FL og Scotchbond Universal førte høj luftfugtighed til et fald i andelen af kohæsive brud i dentin og til en tilsvarende stigning i andelen af adhæsive brud, mens en reduktion i appliceringstiden ikke syntes at have nogen effekt på brudtypefordelingen. For AdheSE var adhæsivt brud den hyppigst forekommende brudtype. Ved den høje luftfugtighed sås 100% adhæsivt brud, og en reduktion i appliceringstiden havde ingen effekt. For Xeno Select gav en stigning i luftfugtigheden og et fald i appliceringstiden anledning til et fald i andelen af kohæsive brud i dentin og en tilsvarende stigning i andelen af adhæsive brud.



Bindingsstyrke til dentin

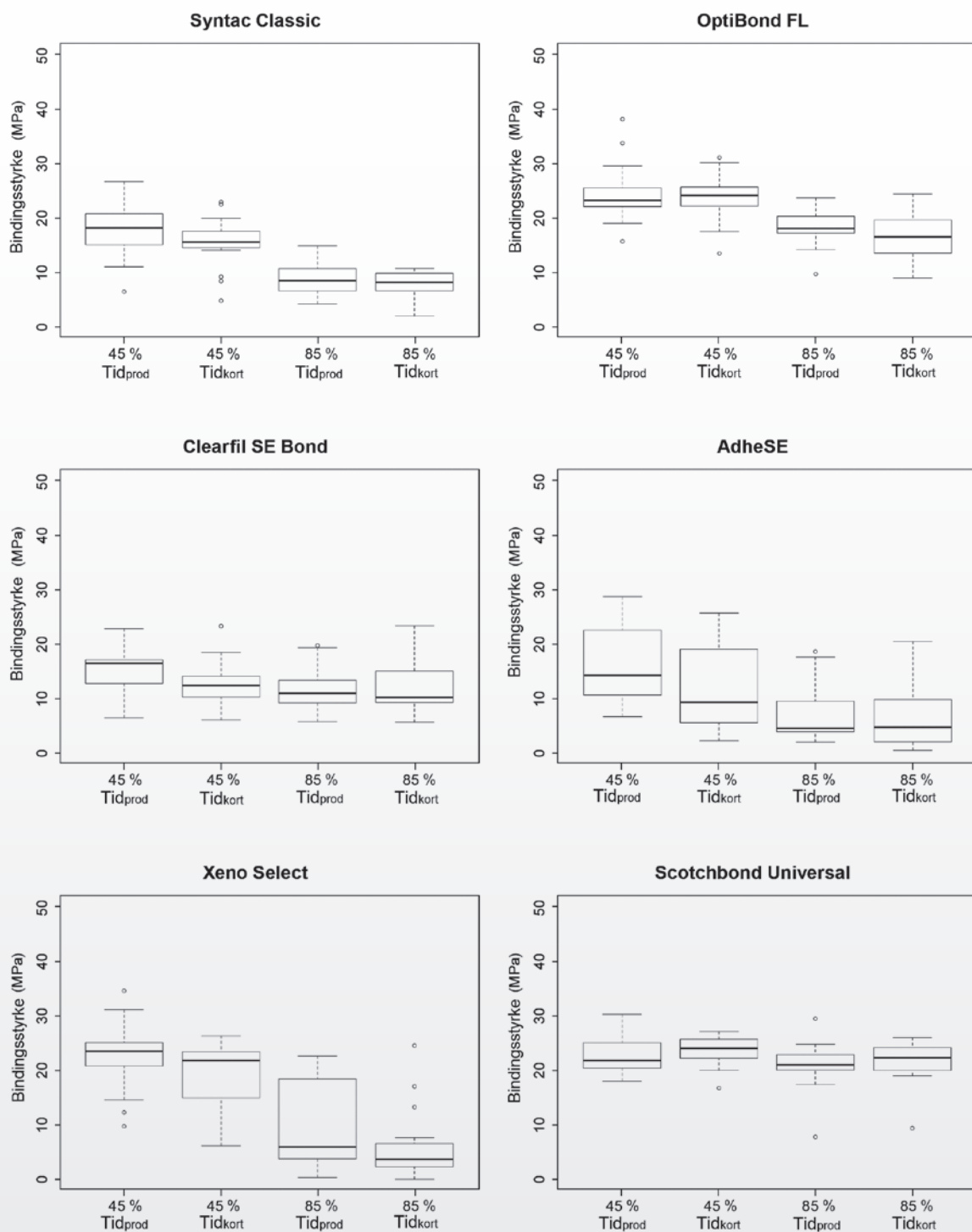


Fig. 1. Bindingsstyrke (MPa; medianer, øvre og nedre kvartiler samt minima og maksima) til dentin for de seks bindings-systemer og de fire forsøgsbetingelser (to relative luftfugtigheder og to appliceringstider; n = 15/gruppe).

Fig. 1. Shear bond strength to dentin (MPa; medians, lower and upper quartiles, as well as minima and maxima) of the six adhesive systems and the four experimental conditions (i.e. two relative humidities and two application times; n = 15/group).

## Bindingsstyrke til dentin

Bindingssystem	Relativ luftfugtighed			
	45%		85%	
	Tid <sub>prod</sub>	Tid <sub>kort</sub>	Tid <sub>prod</sub>	Tid <sub>kort</sub>
Syntac Classic	<sup>a</sup> CD 18,1	<sup>a</sup> C 15,5	<sup>b</sup> CD 8,5	<sup>b</sup> CD 8,1
OptiBond FL	<sup>a</sup> A 23,2	<sup>a</sup> A 24,1	<sup>b</sup> AB 18,1	<sup>b</sup> B 16,5
Clearfil SE Bond	<sup>a</sup> D 16,4	<sup>a</sup> C 12,4	<sup>a</sup> C 10,9	<sup>a</sup> BC 10,2
AdheSE	<sup>a</sup> BCD 14,2	<sup>ab</sup> C 9,3	<sup>b</sup> D 4,5	<sup>b</sup> D 4,7
Xeno Select	<sup>a</sup> ABC 23,6	<sup>a</sup> BC 21,9	<sup>b</sup> BCD 6,0	<sup>b</sup> D 3,7
Scotchbond Universal	<sup>a</sup> AB 21,9	<sup>a</sup> AB 24,2	<sup>a</sup> A 21,1	<sup>a</sup> A 22,4

Små bogstaver viser resultatet af sammenligninger mellem de fire forsøgsbetingelser for hvert af de seks bindingssystemer  
Store bogstaver viser resultatet af sammenligninger mellem de seks bindingssystemer for hver af de fire forsøgsbetingelser

**Table 2.** Bindingsstyrke (MPa; medianer). De seks bindingssystemer var enten blevet anvendt ifølge producentens anvisninger (Tid<sub>prod</sub>) eller ved anvendelse af forkortede appliceringstider (Tid<sub>kort</sub>). Prøvelegemerne (n = 15/gruppe) var blevet fremstillet ved en relativ luftfugtighed på enten 45% eller 85%.

**Table 2.** Shear bond strength (MPa; medians). The six adhesive systems had either been applied according to manufacturers' instructions (Tid<sub>prod</sub>) or using reduced application times (Tid<sub>kort</sub>). Specimens (n = 15/group) had been produced at a relative humidity of either 45% or 85%.

## Brudtyper

Bindingssystem Forsøgsbetingelser	1) Kohæsivt brud i dentin (%)	2) Adhæsivt brud (%)	3) Kohæsivt brud i komposit plast (%)	4) Blandet brud (%)
Syntac Classic 45% Tid <sub>prod</sub> / 45% Tid <sub>kort</sub>	13,3 / 0	86,7 / 100	0 / 0	0 / 0
85% Tid <sub>prod</sub> / 85% Tid <sub>kort</sub>	0 / 0	100 / 100	0 / 0	0 / 0
OptiBond FL 45% Tid <sub>prod</sub> / 45% Tid <sub>kort</sub>	73,3 / 86,7	13,3 / 6,7	0 / 0	13,3 / 6,7
85% Tid <sub>prod</sub> / 85% Tid <sub>kort</sub>	26,7 / 26,7	66,7 / 73,3	0 / 0	6,7 / 0
Clearfil SE Bond 45% Tid <sub>prod</sub> / 45% Tid <sub>kort</sub>	26,7 / 6,7	66,7 / 86,7	0 / 0	6,7 / 6,7
85% Tid <sub>prod</sub> / 85% Tid <sub>kort</sub>	6,7 / 0	93,3 / 100	0 / 0	0 / 0
AdheSE 45% Tid <sub>prod</sub> / 45% Tid <sub>kort</sub>	20 / 20	73,3 / 73,3	0 / 0	6,7 / 6,7
85% Tid <sub>prod</sub> / 85% Tid <sub>kort</sub>	0 / 0	100 / 100	0 / 0	0 / 0
Xeno Select 45% Tid <sub>prod</sub> / 45% Tid <sub>kort</sub>	53,3 / 20	40 / 73,3	0 / 0	6,7 / 6,7
85% Tid <sub>prod</sub> / 85% Tid <sub>kort</sub>	20 / 0	73,3 / 93,3	0 / 0	6,7 / 6,7
Scotchbond Universal 45% Tid <sub>prod</sub> / 45% Tid <sub>kort</sub>	100 / 100	0 / 0	0 / 0	0 / 0
85% Tid <sub>prod</sub> / 85% Tid <sub>kort</sub>	66,7 / 73,3	6,7 / 6,7	0 / 0	26,7 / 20

**Table 3.** Fordelingen af brudtyper efter bindingsstyrkemåling (n = 15/gruppe).

**Table 3.** Distribution of failure modes after shear bond strength testing (n = 15/group).



## Diskussion

Nærværende undersøgelse efterforskede effekten af relativ luftfugtighed og af den tid, der blev anvendt til applicering af diverse bindingssystemkomponenter på bindingsstyrken af forskellige typer af bindingssystemer til dentin. For det tottrins selvætsende bindingssystem Clearfil SE Bond samt det ettrins selvætsende bindingssystem Scotchbond Universal sås ingen effekt af relativ luftfugtighed eller af appliceringstid. Den første nulhypotese – at luftfugtighed og appliceringstid ingen indflydelse ville have på de seks bindingssystemers bindingsstyrke til dentin – forkastes således ikke for disse to bindingssystemer. For de fire øvrige bindingssystemer (Syntac Classic, OptiBond FL, AdheSE og Xeno Select) var der ligeledes ingen indflydelse af forkortet appliceringstid, men en negativ effekt af høj luftfugtighed, hvilket fører til delvis forkastelse af denne nulhypotese. Som ovenfor omtalt er resultaterne fra tidligere undersøgelser af den relative luftfugtigheds betydning for bindingen modstridende. Asmussen og Peutzfeldt fandt, at stigninger i luftfugtigheden førte til et signifikant fald i bindingsstyrken for fire af seks undersøgte bindingssystemer (13), hvilket er i overensstemmelse med den konklusion, Jacquot et al. drog i deres literaturreview (4). På den anden side fandt Saraiva et al., at relativ luftfugtighed ingen negativ effekt havde på bindingsstyrken til dentin af to tottrins etch-and-rinse-bindingssystemer (7), og Werner og Tani rapporterede, at fire undersøgte selvætsende bindingssystemer var upåvirkede af ændringer i relativ luftfugtighed (17).

I et studie omfattende Clearfil SE Bond fandt Besnault og Atal, at høj relativ luftfugtighed (80%) ingen indflydelse havde på bindingsstyrken til dentin (19), hvilket er i overensstemmelse med vores resultater med dette bindingssystem. Hvad Syntac Classic angår, så Plasmans et al. en negativ effekt på bindingsstyrken sfa. høj relativ luftfugtighed (2), hvilket ligeledes harmonerer med vores resultater. Ved anvendelsen af OptiBond FL fandt vi, at bindingsstyrken faldt ved høj relativ luftfugtighed. Dette er i modstrid med Wakefield et al.s resultater (20), idet disse viste, at bindingsstyrken af OptiBond FL ikke blev påvirket af høj relativ luftfugtighed. Forskellen mellem de to studiers resultater kan skyldes en forskel i den tid, i hvilken den høje relative luftfugtighed blev opretholdt; i nærværende undersøgelse foregik såvel appliceringen af bindingssystemet som polymeriseringen af det kompositte plast ved høj relativ luftfugtighed, mens den høje relative luftfugtighed i Wakefield et al.s undersøgelse udelukkende blev opretholdt i en 60 sek.s periode efter fosforsyreætning, skylning og tørblæsning og inden applicering af primer, adhæsiv og komposit plast. Hvad AdheSE, Xeno Select og Scotchbond Universal angår, har vi ikke kunnet finde nogen tilgængelige undersøgelser af den relative luftfugtigheds betydning for bindingsstyrken til dentin. I lighed med Jacquot et al. (4) kunne vi ikke se nogen sammenhæng mellem følsomhed/ufølsomhed overfor relativ luftfugtighed og type af bindingssystem bortset fra, at begge etch-and-rinse-bindingssystemer

(Syntac Classic og OptiBond FL) var følsomme overfor høj luftfugtighed. Etch-and-rinse bindingssystemernes følsomhed kan skyldes flere forhold: utilstrækkelig fordampning af det vand, der anvendes til bortsyning af fosforsyren, hvilket fører til ufuldstændig indtrængning af primeren og inkomplet hybridlagsdannelse; utilstrækkelig fordampning af vandindholdet i primeren, hvilket fører til ufuldstændig indtrængning af adhæsivet; og/eller vandabsorption i adhæsivet resulterende i kompromitteret polymerisering. To af de selvætsende bindingssystemer (tottrinssystemet AdheSE og ettrinssystemet Xeno Select) udviste ligeledes et fald i bindingsstyrke ved høj luftfugtighed. Disse systemers følsomhed kan skyldes utilstrækkelig fordampning af vand fra dentinoverfladen og dermed lavere koncentration af de sure komponenter i primeren/adhæsivet resulterende i mindre grad af demineralisering og/eller i utilstrækkelig fordampning af vandet i adhæsivet resulterende i kompromitteret polymerisering (21). De to selvætsende bindingssystemer, der var upåvirkede af luftfugtigheden (Clearfil SE Bond og Scotchbond Universal), indeholder begge den funktionelle monomer MDP (10-metakryloyldecyldihydrogenfosfat), hvorfor det er oplagt at tilskrive deres upåvirkethed netop dette indhold af MDP. Det kunne således tænkes, at MDP optimerer primerens/adhæsivernes interaktion med hydroxylapatit og faciliterer disses indtrængning i dentinen, at MDP ikke kun binder via dannelsen af et hybridlag, men også binder til kalciumioner, der frigives under hydroxylapatittens delvise opløsning (22,23), og/eller at indholdet af MDP gør primerne/adhæsiverne mere hydrofile end andre selvætsende bindingssystemer, og at de dermed har en større evne til at absorbere vand, hvilket igen kan øge deres indtrængning i dentinen.

Flere undersøgelser har vist, at bindingssystemer giver det bedste resultat, når de anvendes korrekt, dvs. ifølge producenternes anvisninger (12,24-26). Til trods herfor kan afvigelser fra anvisningerne forekomme fx pga. det tidspres, som tandlæger ofte arbejder under. Et eksempel på afvigelser under anvendelse af et bindingssystem består i, at de anbefalede appliceringstider ikke overholdes. Under anvendelse af et tottrins etch-and-rinse-bindingssystem (Prime & Bond NT) fandt Scheffel et al., at bindingsstyrken til dentin faldt sfa. en reduktion i fosforsyreætningsstiden fra 15 sek. til 5 sek., hvorimod en reduktion fra 15 sek. til 10 sek. ikke havde nogen signifikant effekt (16). Abu-Hanna og Gordan undersøgte effekten af ætningstiden på bindingsstyrken til dentin med tre tottrins etch-and-rinse-bindingssystemer (27). En reduktion i ætstiden fra de anbefalede 15 sek. til 5 sek. førte til et signifikant fald i bindingsstyrke for blot et af de tre bindingssystemer. I deres undersøgelse fandt Sardella et al., at hverken en reduktion i fosforsyreætningsstiden ved anvendelse af tottrins etch-and-rinse-systemet Single Bond eller en reduktion i primerens appliceringstid ved anvendelse af det tottrins selvætsende bindingssystem Clearfil SE Bond havde nogen effekt på bindingsstyrken til, vel at mærke, primær dentin (15). Endelig rapporterede Osorio et al., at såvel

en 50% reduktion i den anbefalede fosforsyreætstid (for totrins etch-and-rinse-systemet Single Bond) som en 50% reduktion i primerens appliceringstid (for det ettrins selvætsende system One-Up Bond F) forårsagede en stigning (!) i bindingsstyrken ligeledes til primær dentin (14). Derimod sås ingen effekt af en 50% reduktion i primerens appliceringstid for det totrins selvætsende bindingssystem Clearfil SE Bond. Generelt understøtter disse tidligere studier resultaterne fra vores undersøgelse, i hvilken tilsvarende reduktioner i æts- og appliceringstider blev anvendt, og det tyder på, at reduktioner i fosforsyreætstiden eller primerens appliceringstid ikke nødvendigvis kompromiterer bindingsstyrken. Såvel etch-and-rinse som selvætsende bindingssystemer er tilsyneladende temmelig ”robuste” overfor underætsning og underpriming, og fosforsyreætsning og selvætsende primere forekommer således at være særdeles virksomme. Det fald i antallet af kohæsive brud i dentin og den tilsvarende stigning i antallet af adhæsive brud, der observeredes for Xeno Select og i mindre udtalt grad for Clearfil SE Bond og Syntac Classic ved anvendelse af forkortede appliceringstider, peger imidlertid på en vis ændring i bindingsmekanismen og -effektiviteten. Til trods for at det på basis af de nærværende bindingsstyrkeresultater kunne være fristende at forkorte appliceringstiderne, frarådes dette på det bestemteste. En anbefaling om at reducere appliceringstider bør være baseret på ekstensive *in vivo*- og *in vitro*-studier. Det anbefales således fortsat nøje at følge den af producenten beskrevne anvendelsesprocedure.

Der forekommer signifikante forskelle mellem de seks bindingssystemer under alle fire forsøgsbetingelser. Nulhypotese nummer to – at der ingen forskel ville være på bindingsstyrken mellem de seks bindingssystemer – forkastes derfor. To af de seks bindingssystemer, det ettrins selvætsende system Scotch-

bond Universal og tretrins etch-and-rinse-systemet OptiBond FL gav generelt de højeste bindingsstyrker til dentin. De høje bindingsstyrker reflekteredes i brudtypefordelingen, idet anvendelse af OptiBond FL ved 45% relativ luftfugtighed samt anvendelse af Scotchbond Universal ved begge luftfugtigheder udviste overvejende kohæsive brud i dentin. Blandt de øvrige fire bindingssystemer gav Clearfil SE Bond det mest konstante resultat, hvad bindingsstyrke angår, og et overtal af adhæsive brud. Ved anvendelse af Syntac Classic, AdheSE og Xeno Select eller OptiBond FL ved 85% relativ luftfugtighed sås hovedsageligt adhæsive brud, men også enkelte tilfælde af kohæsivt brud i dentin. Generelt var der god sammenhæng mellem brudtypefordelingen og de respektive bindingsstyrker.

### Konklusioner

Baseret på denne *in vitro*-undersøgelse kan det konkluderes, at:

- Der sås ingen effekt af variationer i relativ luftfugtighed og appliceringstid på bindingsstyrken til dentin formidlet af Clearfil SE Bond og Scotchbond Universal.
- For de øvrige bindingssystemer (Syntac Classic, OptiBond FL, AdheSE og Xeno Select) faldt bindingsstyrken generelt ved høj luftfugtighed, mens en reduktion i appliceringstid ikke havde nogen effekt.

### Tak

Undersøgelsen blev støttet af et legat (nr. 272-13) fra den schweiziske tandlægeforening ([www.sso.ch](http://www.sso.ch)). Forfatterne retter endvidere en stor tak til producenterne for at have stillet materialer til rådighed for denne undersøgelse. Endelig takkes G. Fischer fra Institutet for matematisk statistik og aktuarvidenskab, Berns Universitet, for den statistiske analyse.

### ABSTRACT (ENGLISH)

#### **Bond strength of resin composite to dentin with different adhesive systems: Influence of relative humidity and application time.**

**Introduction and purpose** – To investigate the influence of relative humidity and application time on bond strength to dentin of different classes of adhesive systems.

**Material and methods** – A total of 360 extracted human molars were ground to mid-coronal dentin. The dentin specimens were treated with one of six adhesive systems (Syntac Classic, OptiBond FL, Clearfil SE Bond, AdheSE, Xeno Select, or Scotchbond Universal) and resin composite (Filtek Z250) was applied to the treated dentin surface under four experimental conditions (45% relative humidity/application time according to manufacturers' instructions; 45% relative humidity/reduced application time; 85% relative humidity/application time according to manufacturers' instructions; 85% relative humidity/reduced application time). After storage (37°C, 100% humidity, 24 h), shear bond strength (SBS)

was measured and data analysed with nonparametric ANOVA followed by Kruskal-Wallis tests and Mann-Whitney U-tests with Bonferroni-Holm correction for multiple testing (level of significance:  $\alpha = 0.05$ ).

**Results and conclusion** – Increased relative humidity and reduced application time had no effect on SBS for Clearfil SE Bond and Scotchbond Universal ( $P = 1.00$ ). For Syntac Classic, OptiBond FL, AdheSE, and Xeno Select there was no effect on SBS of reduced application time of the adhesive system ( $P \geq 0.403$ ). However, increased relative humidity significantly reduced SBS for Syntac Classic, OptiBond FL, and Xeno Select irrespective of application time ( $P \leq 0.003$ ), whereas for AdheSE, increased relative humidity significantly reduced SBS at recommended application time only ( $P = 0.002$ ). Generally, increased relative humidity had a detrimental effect on SBS to dentin, but reduced application time had no effect.





## Litteratur

1. Juneja R, Duhan J, Tewari S et al. Effect of blood contamination and decontamination protocols on acetone-based and ethanol-based total etch adhesive systems. *J Esthet Restor Dent* 2014;26:403-16.
2. Plasmans PJ, Reukers EA, Vollenbrock-Kuipers L et al. Air humidity: a detrimental factor in dentine adhesion. *J Dent* 1993;21:228-33.
3. Santschi K, Peutzfeldt A, Lussi A et al. Effect of salivary contamination and decontamination on bond strength of two one-step self-etching adhesives to dentin of primary and permanent teeth. *J Adhes Dent* 2015;17:51-7.
4. Jacquot B, Durand JC, Farge P et al. Influence of temperature and relative humidity on dentin and enamel bonding: a critical review of the literature. Part 1. Laboratory studies. *J Adhes Dent* 2012;14:433-46.
5. Plasmans PJ, Creugers NH, Hermesen RJ et al. Intraoral humidity during operative procedures. *J Dent* 1994;22:89-91.
6. Gilbert GH, Litaker MS, Pihlstrom DJ et al.; DPBRN Collaborative Group. Rubber dam use during routine operative dentistry procedures: findings from the Dental PBRRN. *Oper Dent* 2010;35:491-9.
7. Saraiva LO, Aguiar TR, Costa L et al. Influence of intraoral temperature and relative humidity on the dentin bond strength: an in situ study. *J Esthet Restor Dent* 2015;27:92-9.
8. Pashley DH, Tay FR, Breschi L et al. State of the art etch-and-rinse adhesives. *Dent Mater* 2011;27:1-16.
9. Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y et al. Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent* 2003;28:215-35.
10. Van Meerbeek B, Yoshihara K, Yoshida Y et al. State of the art of self-etch adhesives. *Dent Mater* 2011;27:17-28.
11. Peutzfeldt A, Vigild M. A survey of the use of dentin-bonding systems in Denmark. *Dent Mater* 2001;17:211-6.
12. Peutzfeldt A, Asmussen E. Adhesive systems: effect on bond strength of incorrect use. *J Adhes Dent* 2002;4:233-42.
13. Asmussen E, Peutzfeldt A. The influence of relative humidity on the effect of dentin bonding systems. *J Adhes Dent* 2001;3:123-7.
14. Osorio R, Aguilera FS, Otero PR et al. Primary dentin etching time, bond strength and ultra-structure characterization of dentin surfaces. *J Dent* 2010;38:222-31.
15. Sardella TN, de Castro FL, Sanabe ME et al. Shortening of primary dentin etching time and its implication on bond strength. *J Dent* 2005;33:355-62.
16. Scheffel DL, Ricci HA, de Souza Costa CA et al. Effect of reducing acid etching time on bond strength to noncarious and caries-affected primary and permanent dentin. *Pediatr Dent* 2013;35:199-204.
17. Werner JF, Tani C. Effect of relative humidity on bond strength of self-etching adhesives to dentin. *J Adhes Dent* 2002;4:277-82.
18. Higgins JJ. Introduction to modern nonparametric statistics. California: Duxbury Press, 2003.
19. Besnault C, Attal JP. Influence of a simulated oral environment on dentin bond strength of two adhesive systems. *Am J Dent* 2001;14:367-72.
20. Wakefield CW, Sneed WD, Draughn RA et al. Composite bonding to dentin and enamel: effect of humidity. *Gen Dent* 1996;44:508-12.
21. Chiba Y, Miyazaki M, Rikuta A et al. Influence of environmental conditions on dentin bond strengths of one-application adhesive systems. *Oper Dent* 2004;29:554-9.
22. Fukegawa D, Hayakawa S, Yoshida Y et al. Chemical interaction of phosphoric acid ester with hydroxyapatite. *J Dent Res* 2006;85:941-4.
23. Yoshihara K, Yoshida Y, Nagaoka N et al. Nano-controlled molecular interaction at adhesive interfaces for hard tissue reconstruction. *Acta Biomater* 2010;6:3573-82.
24. Frankenberger R, Krämer N, Petschelt A. Technique sensitivity of dentin bonding: effect of application mistakes on bond strength and marginal adaptation. *Oper Dent* 2000;25:324-30.
25. Jacobsen T. Bonding of resin to dentin. Interactions between materials, substrate and operators. *Swed Dent J Suppl* 2003;160:1-66.
26. Miyazaki M, Platt JA, Onose H et al. Influence of dentin primer application methods on dentin bond strength. *Oper Dent* 1996;21:167-72.
27. Abu-Hanna A, Gordan VV. Evaluation of etching time on dentin bond strength using single bottle bonding systems. *J Adhes Dent* 2004;6:105-10.

## COLGATE® KOMPLET ARBEJDER I HELE MUNDEN FOR ALL-ROUND BESKYTTELSE<sup>1\*</sup>

Colgate® Komplet fluortandpastaer med zinkcitrat **arbejder i hele munden** på både hårdt væv og blødt væv for bedre bakteriekontrol. Ved at **reducere bakterieniveauet** på de bløde væv, begrænses overførsel af uønskede bakterier til tænderne og på den måde **nedsættes risikoen for caries og tandkødsproblemer**.

Et nyt klinisk studie har vist, at Colgate® Komplet giver **større reduktion af bakterie genvækst** på tandkød, kinder, tunge og tænder end almindelig fluortandpasta.



ORALE FLADER	% REDUKTION AF BAKTERIEGENVÆKST <sup>1</sup>
Tandkød	↓ 42%
Kindslimhinde	↓ 43%
Tunge	↓ 60%
Tænder	↓ 48%

*Giv dine patienter en mulighed for at reparere tidlige tand- og tandkødsproblemer og bevare en sund mund ved at anbefale Colgate® Komplet. Colgate® Komplet serien består af Komplet Daily Repair, Komplet Whitening og Komplet Freshening.*



**Colgate®**

**YOUR PARTNER IN ORAL HEALTH**

1. Data on File August 2015, Colgate - Palmolive Company \* Defineret som 12-timers antibakteriel beskyttelse af tænder, tandkød, kindslimhinder og tunge