

Binding af komposit plast til dentin: Kan bindingssystemer og plast frit kombineres?

Kasper Boel Thomsen og Anne Peutzfeldt

Formålene med denne undersøgelse var at afprøve om kombinationen af et bindingssystem fra én producent og et komposit plast fra samme producent gav bedre binding til dentin sammenlignet med kombinationen af et bindingssystem fra én producent og et komposit plast fra en anden producent, samt om eventuelle forskelle i bindingsstyrke var relateret til de kompositte plasts mekaniske egenskaber.

Fem bindingssystemer (AdheSE, Adper Prompt L-Pop, Clearfil SE Bond, Optibond Solo Plus og Xeno III) blev testet med fem forskellige kompositte plast (Tetric Ceram, Filtek Supreme, Clearfil AP-X, Premise og EsthetX). Plastet blev bundet til planslebne dentinoverflader der forinden var blevet behandlet med et af bindingssystemerne. Efter én uges vandlagring blev bindingsstyrken målt ved forskydningsprøvning. Herudover bestemtes de kompositte plasts bøjestykke og elasticitetsmodul ved trepunktsbøjeprovning.

Vi fandt at bindingsstyrken af plast til dentin afhang af hvilket bindingssystem der var blevet anvendt ($P < 0,0001$), og af hvilket komposit plast der var blevet anvendt ($P < 0,0001$), men at kombinationen af et bindingssystem og et komposit plast fra samme producent ikke nødvendigvis gav de højeste bindingsstyrker. Uafhængigt af hvilket komposit plast der var blevet anvendt, gav bindingssystemet Clearfil SE Bond således den højeste bindingsstyrke til dentin, og uafhængigt af hvilket bindingssystem der var blevet anvendt, gav plastmaterialet Clearfil AP-X den højeste bindingsstyrke til dentin. Der blev fundet en statistisk signifikant, positiv korrelation mellem bindingsstyrke og bøjestykke, og mellem bindingsstyrke og elasticitetsmodul.

Artiklen er baseret på en artikel som tidligere er publiceret i *Clinical Oral Investigations* 2007; 11: 45-9.

Binding af komposit plast til emalje og dentin opnås ved anvendelse af et bindingssystem. Der er sket en markant udvikling af bindingssystemer siden de første systemer kom på markedet i slutningen af 1970'erne, og udviklingen fortsætter mhp. simplificering og forbedring. *In vitro*- og *in vivo*-undersøgelser har vist at der er stor forskel på effektiviteten af forskellige typer og fabrikater af bindingssystemer (1,2). Det er blevet påvist at effektiviteten afhænger af en række faktorer, fx infiltrationen af bindingssystem i det demineraliserede væv (3-8), bindingssystemets omsætningsgrad og styrke (6, 9-12), det kompositte plasts mekaniske egenskaber (13, 14), og kompatibiliteten mellem plast og den forbehandlede dentinoverflade hvad angår polymerisationsinitiatorernes følsomhed over for et surt miljø (15) og hvad angår overfladens energiparametre (16).

Det store antal kompositte plast og bindingssystemer på markedet gør det vanskeligt for den praktiserende tandlæge at vælge materialer. Producenterne anbefaler ofte at et bindingssystem fra én producent bruges med et komposit plast fra den samme producent. Praktiserende tandlæger kan imidlertid have forskellige grunde til at ønske at kombinere et bindingssystem fra én producent med et plast fra en anden producent. Det er derfor relevant at vide om kombinationen af et bindingssystem og plast fra den samme producent faktisk giver et bedre resultat.

I et nyligt studie undersøgtes hvilken effekt en kombination af bindingssystemer og kompositte plast fra forskellige producenter havde på bindingsstyrken (17). Kombina-tionen af materialer fra samme producent gav ikke et bedre resultat end andre kombinationer, men undersøgelsen omfattede ikke en analyse af faktorer der kunne forklare dette forhold. I en anden undersøgelse påvistes at bindingsstyrken til dentin formidlet af to forskellige bindingssystemer varierede signifikant afhængigt af hvilket plast der blev anvendt (18). Dette resultat kunne delvis forklares af forskelle mellem de kompositte plasts overfladeenergi. Der synes dog at være god grund til at lede efter faktorer som har en kraftigere indflydelse på bindingsstyrken, og som kan være nyttige som udvælgelseskriterier for den praktiserende tandlæge.

Denne undersøgelse efterprøvede følgende nulhypotese: Mærket af komposit plast har ikke indflydelse på den styrke af bindingen til dentin der formidles af et givet bindingssystem. Formålene med undersøgelsen var at afprøve 1) om kombinationen af et bindingssystem fra én producent og et komposit plast fra samme producent gav højere bindingsstyrke af plast til dentin sammenlignet med kombinationen af et bindingssystem fra én producent og et komposit plast fra en anden producent, og 2) om eventuel-

le forskelle i bindingsstyrke mellem plast og dentin var relateret til plastets mekaniske egenskaber i form af bøjestykke og elasticitetsmodul.

Materiale og metode

Tabel 1 indeholder en oversigt over de materialer der blev anvendt, og producenterne af disse materialer. For at gøre denne undersøgelse relevant for et stort antal tandlæger blev nogle af de mest populære bindingssystemer og kompositte plast valgt til undersøgelsen. Herudover blev der valgt bindingssystemer fra forskellige kategorier. Bindingssystemerne var følgende: et *2-step etch-and-rinse* system (Optibond Solo Plus), to *2-step self-etch* systemer (AdheSE og Clearfil SE Bond) og to *1-step self-etch* systemer (Adper Prompt L-Pop og Xeno III).

Bindingsstyrke

Ikke-karierede permanente humane molarer, som havde været opbevaret i 0,5% klorammin ved stuetemperatur efter ekstraktion, blev indstøbt i en selvhærdende resin (Epofix; Struers, København, Danmark). Efter hærdningen blev enten den mesiale eller den distale flade slebet på karborundumpapir nr. 1000 for at frembringe en flad dentinoverflade. To hundrede indstøbte tænder blev vilkårligt inddelt i 25 grupper a 8 tænder. Umiddelbart efter slibning blev dentinoverfladerne behandlet med et bindingssystem efter producentens instruktioner. En Teflonform (diameter = 3,6 mm, højde = 2,5 mm) blev spændt fast på den forbehandlede dentinoverflade og fyldt med komposit plast. Plastet blev lyspolymeriseret i 40 sek. med en Elipar Highlightlampe (3M ESPE). Ti min. efter afslutningen af lyspolymeriseringen, blev prøverne frigjort fra formen og opbevaret i vand ved 37 °C i én uge. Bindingsstyrken blev bestemt ved forskydningsprøvning i en universel testmaskine (model 5566, Instron, High Wycombe, UK), og gennemsnitsværdi og standardafvigelse blev beregnet for de otte prøver af hver materialekombination.

Bøjestykke og elasticitetsmodul

Komposit plast blev anbragt i en messingform (25 x 2 x 2 mm), dækket med gennemsigtige matricebånd og et objektglas og lyspolymeriseret (Elipar Highlight) fra den ene side med fem overlappende spor på 20 sek. hver. Lyspolymeriseringen blev gentaget på prøvernes modsatte side. Femten min. efter påbegyndelsen af lyspolymeriseringen, blev plastprøverne frigjort fra formen, slebet let på karborundumpapir nr. 320 og herefter overført til et vandbad på 37 °C. Efter 24 timer blev prøverne udsat for trepunktsbøjepøvning. Der blev lavet otte prøver med hvert af de valg-

Tabel 1. Anvendte bindingssystemer og kompositte plast.

Bindingssystem	Komposit plast	Fabrikant
AdheSE	Tetric Ceram	Ivoclar Vivadent
Adper Prompt L-Pop	Filtek Supreme	3M ESPE
Clearfil SE Bond	Clearfil AP-X	Kuraray Dental
Optibond Solo Plus	Premise	sds Kerr
Xeno III	EsthetX	Dentsply DeTrey

te kompositte plast, og gennemsnitsværdi og standardafvigelse blev beregnet for hvert plast.

Statistik

Bindingsstyrkedata blev analyseret ved anvendelsen af to-faktoriel variansanalyse (SAS 9.1 software, SAS Institute, Cary, NC, USA). Resultaterne for bøjestykke og elasticitetsmodul blev analyseret ved envejs variansanalyse. Alle tre variansanalyser blev efterfulgt af en *Newman-Keuls' multiple range test*. Regressionsanalyser blev foretaget mellem data for bindingsstyrke og bøjestykke og mellem data for bindingsstyrke og elasticitetsmodul. Som signifikansniveau anvendtes $P = 0,05$.

Resultater

Resultaterne af bindingsstyrkeprøvningen og trepunktsbøjepøvningen vises i Tabel 2. I den to-faktorielle variansanalyse af bindingsstyrkeresultaterne påvises at såvel faktoren bindingssystem som faktoren komposit plast havde signifikant effekt på bindingsstyrken ($P < 0,0001$), mens der ingen signifikant interaktion var mellem de to faktorer. Hvad bindingssystemerne angår blev de højeste bindingsstyrkeværdier opnået med Clearfil SE Bond fulgt af AdheSE. Adper Prompt L-Pop, Xeno III og Optibond Solo Plus gav lavere og næsten identiske bindingsstyrker. Hvad de kompositte plast angår gav Clearfil AP-X konstant den højeste bindingsstyrke. Værdierne for bøjestykke varierede ligesom værdierne for elasticitetsmodul med statistisk signifikans ($P = 0,0005$). Clearfil AP-X gav den højeste bøjestykke og elasticitetsmodul, mens Premise gav den laveste bøjestykke og elasticitetsmodul. Der blev konstateret en statistisk signifikant positiv korrelation mellem bindingsstyrke og bøjestykke ($P < 0,0026$; $r = 0,21$) samt mellem bindingsstyrke og elasticitetsmodul ($P < 0,0017$; $r = 0,22$).

Diskussion

Det blev i denne undersøgelse fundet at bindingsstyrken

Binding af komposit plast til dentin

Tabel 2. Bindingsstyrker (MPa) mellem komposit plast og dentin formidlet af de fem bindingssystemer samt bøjestykke (MPa) og elasticitetsmodul (GPa) for de fem kompositte plast. Middelværdier \pm standarddeviationer.

Egenskab	Bindingssystem	Komposit plast				
		Tetric Ceram	Filtek Supreme	Clearfil AP-X	Premise	EsthetX
Bindingsstyrke	AdheSE	27 \pm 6 c	29 \pm 6 cd	32 \pm 7 cde	20 \pm 5 b	27 \pm 6 c
	Adper Prompt L-Pop	15 \pm 5 ab	19 \pm 6 b	21 \pm 8 b	15 \pm 5 ab	17 \pm 5 ab
	Clearfil SE Bond	36 \pm 6 de	36 \pm 3 de	39 \pm 7 e	33 \pm 4 cde	32 \pm 9 cde
	Optibond Solo Plus	12 \pm 2 ab	12 \pm 4 ab	18 \pm 6 ab	12 \pm 3 ab	13 \pm 3 ab
	Xeno III	14 \pm 4 ab	10 \pm 6 a	19 \pm 5 b	14 \pm 5 ab	13 \pm 4 ab
Bøjestykke		111 \pm 4 b	137 \pm 6 c	161 \pm 12 d	89 \pm 11 a	117 \pm 13 b
Elasticitetsmodul		8,3 \pm 0,8 b	10,6 \pm 0,7 c	15,3 \pm 1,1 d	7,3 \pm 0,8 a	10,0 \pm 0,5 c

De materialekombinationer der er markeret med grå baggrund, udmærkede sig ved at det anvendte bindingssystem og kompositte plast var fra samme fabrikant. For hver af de tre egenskaber anvendtes samme bogstav for at indikere at pågældende middelværdier ikke var statistisk signifikant forskellige.

mellem komposit plast og dentin afhang af såvel det anvendte bindingssystem som af det anvendte plast. Dette resultat indebærer at nulhypotesen, der siger at plastfabrikanten ikke har betydning for den bindingsstyrke til dentin som opnås med et givet bindingssystem, må forkastes. Der blev ikke fundet nogen signifikant interaktion mellem bindingssystem og plast, hvilket indebærer at kombinationen af et bindingssystem fra én producent med et plast fra samme producent ikke resulterede i højere bindingsstyrke end andre materialekombinationer, fx pga. en unik kemisk kompatibilitet mellem de to materialer. Det forhold at materialekombinationer fra samme producent ikke var generelt overlegne, ligger på linje med konklusionerne i tidligere undersøgelser (17,18), og det indikerer at karakteristika ved hhv. bindingssystem og plast per se er vigtigere for bindingen end spørgsmålet om kompatibilitet mellem de to materialer.

De to *2-step self-etch* systemer gav højere bindingsstyrker end *1-step self-etch* systemet og de to *2-step etch-and-rinse* systemer. *Two-step self-etch* systemernes bedre evne til at formidle en binding til dentin bekræfter konklusionerne i tidligere *in vitro*- og *in vivo*-undersøgelser (1,2,17,19,20) og menes at være resultatet af en række faktorer. En af de vigtigste faktorer er det forhold at demineralisering og infiltrering af dentin sker samtidig og ikke i to successive trin. Herved dannes et tyndt, men ensartet lag dentin der er infiltreret med plastmateriale, og som tillader kemisk interaktion med resterende hydroxylapatit (2,21).

I gruppen af *2-step self-etch* bindingssystemer gav Clearfil SE Bond højere bindingsstyrker end AdheSE. Dette resultat stemmer overens med resultater fra andre undersøgelser (2,22). Disse undersøgelser, der var baseret på målinger af pH, har kategoriseret Clearfil SE Bond som et »mildt« *self-etch* system og AdheSE som et »middelstærkt« system. Sidstnævnte bindingssystem resulterer i et tykkere hybridlag og i mere udtalte plasttapper end hvad der observeres efter forbehandling med Clearfil SE Bond.

Der er givet forskellige forklaringer på det forhold at *1-step self-etch* systemer virker dårligere end *2-step self-etch* systemer, til trods for at begge typer af bindingssystemer demineraliserer og infiltrerer dentinen på én og samme tid (1,2,17,19,22). Disse forklaringer omfatter 1) hæmning af det kompositte plasts polymerisering pga. den lave pH i *1-step* bindingssystemet, 2) et så tyndt lag af *1-step* bindingssystemet, at det ikke polymeriserer ordentligt, og/eller at der findes områder der slet ikke er dækket af bindingssystem, og 3) fase-separation mellem hydrofile og hydrofobe ingredienser i *1-step* bindingssystemet, hvilket resulterer i en forøget tendens til hydrolyse.

De fem kompositte plast varierede signifikant mht. bøjestykke og elasticitetsmodul, og Clearfil AP-X var det stærkeste og stiveste. Den vigtigste forklaringsfaktor for de signifikante forskelle i mekaniske egenskaber er fillerindhold. Egenskaber såsom bøjestykke og elasticitetsmodul påvirkes kraftigt af plastets fillerkoncentration (23). Til støtte for vore resultater kan nævnes at andre undersøgel-

Faktaboks

- Ved anvendelse af et givet bindingssystem opnås den højeste bindingsstyrke af komposit plast til dentin ikke nødvendigvis fordi der vælges et komposit plast som kommer fra samme producent som bindingssystemet.
- Binding af komposit plast til dentin afhænger mere af selve bindingssystemet og af selve det kompositte plast end af korrekt kombination af bindingssystem og plast.

ser ligeledes har fundet at Clearfil AP-X viser meget stor styrke og stivhed (13,17,24), først og fremmest som følge af et exceptionelt højt fillerindhold.

Der blev fundet en positiv korrelation mellem bindingsstyrke til dentin og hhv. bøjestykke og elasticitetsmodul af de undersøgte plast. Dette resultat er i overensstemmelse med resultater fra tidligere undersøgelser (13,14). Eftersom det er relativt let at få adgang til oplysninger om kompositte plasts styrke og elasticitetsmodul, vil disse egenskaber kunne anvendes som udvælgelseskriterier.

Det kan konkluderes at kombinationen af et bindingssystem fra én producent med et komposit plast fra samme producent ikke garanterede den højeste bindingsstyrke af pågældende bindingssystem eller pågældende plast til dentin. I stedet var der ét specifikt plast, nemlig det stærkeste og stiveste, og ét specifikt bindingssystem, et *2-step self-etch* system, der konstant gav høj bindingsstyrke til dentin.

Tak

Forfatterne vil gerne takke 3M Dental Products, Dentsply DeTrey, Ivoclar Vivadent, Kerr og RH Dental for at have stillet materialer til rådighed for denne undersøgelse.

English summary

Resin composites: strength of the bond to dentin versus mechanical properties

This study 1) investigated whether the combination of an adhesive system from one manufacturer with a resin composite from the same manufacturer provides superior bonding of the resin composite to dentin compared with the combination of an adhesive system from one manufacturer with a resin composite from another manufacturer, and 2) tested for a possible influence on bond strength of mechanical properties of the resin composite.

Following application of an adhesive system, a resin

composite was bonded to flattened human dentin and tested in shear after one week. Five adhesive systems (AdheSE, Adper Prompt L-Pop, Clearfil SE Bond, Optibond Solo Plus, Xeno III) were tested with each of five resin composites (Tetric Ceram, Filtek Supreme, Clearfil AP-X, Premise, EsthetX). The mechanical properties flexural strength and flexural modulus were determined by three point loading.

Bond strengths were influenced by brand of adhesive system ($p < 0.0001$) and brand of resin composite ($p < 0.0001$), but the combination of an adhesive system from one manufacturer with a resin composite from the same manufacturer did not provide bond strengths that were superior to those obtained when an adhesive system from one manufacturer was combined with a resin composite from another manufacturer. Independent of brand of resin composite, the adhesive system Clearfil SE Bond mediated the highest bond strength to dentin. For each adhesive system, the resin composite Clearfil AP-X resulted in the highest bond strength to dentin. Significant, positive correlations were found between bond strength and flexural strength ($p < 0.0026$; $r = 0.21$) and between bond strength and flexural modulus ($p < 0.0017$; $r = 0,22$).

Litteratur

1. Peumans M, Kanumilli P, de Munck J, van Landuyt K, Lambrechts P, van Meerbeek B. Clinical effectiveness of contemporary adhesives: A systematic review of current clinical trials. *Dent Mater* 2005; 21: 864-81.
2. 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: 215-35.
3. Carvalho RM, Mendonca JL, Santiago SL, Silveira RR, Garcia FCP, Tay FR, et al. Effects of HEMA/solvent combinations on bond strength to dentin. *J Dent Res* 2003; 82: 597-601.
4. De Munck J, van Meerbeek B, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Suzuki K, et al. Four-year water degradation of total-etch adhesives bonded to dentin. *J Dent Res* 2003; 82: 136-40.
5. Hashimoto M, Ohno H, Endo K, Kaga M, Sano H, Oguchi H. The effect of hybrid layer thickness on bond strength: demineralized dentin zone of the hybrid layer. *Dent Mater* 2000; 16: 406-11.
6. Jacobsen T, Söderholm KJ. Some effects of water on dentin bonding. *Dent Mater* 1995; 11: 132-6.
7. Pashley DH, Ciucchi B, Sano H, Homer JA. Permeability of dentin to adhesive agents. *Quintessence Int* 1993; 24: 618-31.
8. Van Meerbeek B, Yoshida Y, Snauwaert J, Hellems L, Lambrechts P, Vanherle G, et al. Hybridization effectiveness of a two-step versus a three-step smear layer removing adhesive system examined correlatively by TEM and AFM. *J Adhes Dent* 1999; 1: 7-23.
9. Ito S, Tay FR, Hashimoto M, Yoshiyama M, Saito T, Brackett

- WW, et al. Effects of multiple coating of two all-in-one adhesives on dentin bonding. *J Adhes Dent* 2005; 7: 133-41.
10. Pashley DH, Tay FR. Aggressiveness of contemporary self-etching adhesives. Part II: etching effects on unground enamel. *Dent Mater* 2001; 17: 430-44.
 11. Takahashi A, Sato Y, Uno S, Pereira PN, Sano H. Effects of mechanical properties of adhesive resins on bond strength to dentin. *Dent Mater* 2002; 18: 263-8.
 12. Zheng L, Pereira PNR, Nakajima M, Sano H, Tagami J. Relationship between adhesive thickness and microtensile bond strength. *Oper Dent* 2001; 26: 97-104.
 13. Hasegawa T, Itoh K, Koike T, Yukitani W, Hisamitsu H, Wakumoto S, et al. Effect of mechanical properties of resin composites on the efficacy of the dentin bonding system. *Oper Dent* 1999; 24: 323-30.
 14. Zidan O, Asmussen E, Jørgensen KD. Correlation between tensile and bond strength of composite resin. *Scand J Dent Res* 1980; 88: 348-51.
 15. Tay FR, Pashley DH, Yiu CKY, Sanares AM, Wei SHY. Factors contributing to the incompatibility between simplified-step adhesive and chemically cured or dual-cured composites. Part I. Single-step self-etching adhesive. *J Adhes Dent* 2003; 5: 27-40.
 16. Asmussen E, Peutzfeldt A. Resin composites: Strength of the bond to dentin versus surface energy parameters. *Dent Mater* 2005; 21: 1039-43.
 17. Roh BD, Chung JH. Micro-shear bond strength of five resin-based composites to dentin with five different dentin adhesives. *Am J Dent* 2005; 18: 333-7.
 18. Peutzfeldt A, Asmussen E. Determinants of in vitro gap formation of resin composite. *J Dent* 2004; 32: 109-15.
 19. Kaaden C, Powers JM, Friedl KH, Schmalz G. Bond strength of self-etching adhesives to dental hard tissues. *Clin Oral Investig* 2002; 6: 155-160.
 20. Tanumiharja M, Burrow MF, Tyas MJ. Microtensile bond strengths of seven adhesive systems. *Dent Mater* 2000; 16: 180-7.
 21. Tay FR, Pashley DH. Aggressiveness of contemporary self-etching systems. I. Depth of penetration beyond dentin smear layers. *Dent Mater* 2001; 17: 296-308.
 22. De Munck J, Vargas M, Iracki J, van Landuyt K, Poitevin A, Lambrechts P, et al. One-day bonding effectiveness of new self-etch adhesives to bur-cut enamel and dentin. *Oper Dent* 2005; 30: 39-49.
 23. Willems G, Lambrechts P, Braem M, Vanherle G. Composite resins in the 21st century. *Quintessence Int* 1993; 24: 641-58.
 24. Ferracane JL, Ferracane LL, Musanje L. Effect of light activation method on flexural properties of dental composites. *Am J Dent* 2003; 16: 318-22.

Forfattere

Kasper Boel Thomsen, stud.odont., og Anne Peutzfeldt, lektor, dr.odont. Afdeling for Dentalmaterialer, Odontologisk Institut, Det Sundhedsvidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet