

Ana Raquel Benetti og Anne Peutzfeldt

Bindingssystemer og deres anvendelse

I denne artikel gennemgås litteraturen med særligt fokus på ydeevnen af de bindingssystemer, som anvendes i dag. I PubMed-databasen søgtes efter emneordene «dental adhesive» og publikationer fra de sidste fem år blev prioriteret. Så vidt muligt fokuseredes på meta-analyser af de begrænsede kliniske data, således at retentionsevnen for etch & rinse, selvætsende og universelle bindingssystemer kan ses uafhængigt af forskningsgrupper eller behandlere. Relevante reviews og nyere kliniske undersøgelser blev ligeledes inkluderet. Den foreliggende evidens for de tre typer af bindingssystemer præsenteres og diskuteres. Etch & rinse og selvætsende bindingssystemer har været længst på markedet, og for nogle af disse systemer viser kliniske data god retentionsevne. Da de universelle bindingssystemer er relativt nye, er kliniske studier med længere opfølgningstid begrænsede. De få eksisterende studier har givet lovende resultater, og det ser ud som om, at disse adhæsiver er vejen frem.

Udviklingen i adhæsiv teknologi inden for de sidste årtier har givet mulighed for bedre binding mellem restaureringsmaterialer og såvel emalje som dentin, trods den store forskel mellem disse to typer af hårdt tandvæv. Emalje er relativt homogen og indeholder primært mineraler i form af hydroxylapatitkrystaller i prismatisk opbygning, hvorfor etablering af en stærk og stabil binding ikke er nogen særlig udfordring (1). Dentin derimod indeholder udover hydroxylapatit også en vis mængde kollagen og vand. Derudover indebærer dentins opbygning radial organisering af tubuli med varierende diameter og indhold af væske, inter- og peritubulær

dentin, afhængigt af afstanden til pulpa og emalje-dentin grænsen. Denne komplekse struktur har igennem en årrække resulteret i særlige udfordringer hvad angår binding til dentin (2). Heldigvis bidrager en intens forskningsindsats løbende til at løse problemerne relateret til binding til et sådant fugtigt, heterogent væv, således at bindingen til dentin til stadighed bliver stærkere og mere holdbar (3).

Den relativt hurtige udvikling inden for adhæsiv teknologi resulterer imidlertid i en kontinuerlig lancering af produkter og/eller nye, opdaterede udgaver på markedet (figur 1), som gør det svært for os tandlæger at følge med og som kan skabe forvirring omkring valg af bindingssystem. Formålet med denne artikel er derfor at diskutere bindingssystemernes anvendelse og holdbarhed på basis af den tilgængelige evidens. Med henblik på vurdering af bindingssystemernes effektivitet har man i gennem mange år gennemført laboratorieundersøgelser til afprøvning af bl.a. bindingsstyrke og stabilitet ved opbevaring af prøvelegemer af ekstraherede tænder i forskellige vandopløselige medier. Disse in vitro undersøgelser specielt efter ældning af prøvelegemerne giver et godt indtryk af bindingssystemernes ydeevne og kan indenfor kort tid og for relativt beskedne midler estimere, hvordan et adhæsiv vil opføre sig (4). Bindingssystemerne undersøges også i kliniske studier. En velkendt klinisk forsøgsmodel til vurdering af bindingssystemer, er placering af plastfyldninger i cariesfri, cervikale læsioner, som ingen makromekanisk retention har, og hvor tilstedeværelsen af emalje er begrænset. Der undersøger man bindingssystemernes evne til at retinere plastfyldningerne samt kontrollerer for

Forfattere

Ana Raquel Benetti, lektor, ph.d. Odontologisk Institut, Det Sundhedsvidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet
Anne Peutzfeldt, seniorforsker, dr.odont., ph.d. Afdeling for forebyggende og restaurerende tandpleje samt pædagogik, Bern Universitet, Bern, Schweiz

Først publiceret i Tandlægebladet 2016; 120; No 11

Hovedpunkter

- Binding af plastmaterialer til de hårde tandvæv har revolutioneret tandlægepraksis inden for de sidste 50 år.
- I dag er adhæsiv binding involveret i alt fra forbyggende fisurforsøg til ekstensive protesetiske behandlinger.
- Den konstante udvikling af bindingssystemer bidrager til at øge mulighederne samt kvaliteten af tandbehandlinger.

postoperative symptomer, kanttilslutning og -misfarvning. Manglende adhæsion vil givetvis være mindre kritisk for retentionen af restaureringer i selvretinerende kaviteter, såsom efter ekskavering af carieslæsioner. Det må imidlertid formodes at manglende eller dårlig adhæsion i disse tilfælde betyder udeblivelse af den forstærkende virkning, som adhæsion har på resttands substansen. Selvom et klinisk forsøg er det ideelle testmiljø for dentalmaterialer, er disse langt mere sjældne end laboratorieundersøgelser pga. behovet for rigtigt mange patienter, hvilket giver store logistiske og økonomiske udfordringer. Opsamling af de begrænsede kliniske data i form af meta-analyser forstærker derfor fortolkning af resultaterne og viser materialernes ydeevne uafhængig af forskningsgrupper eller behandlere.

Metode

I PubMed-databasen søgtes efter emneordene «dental adhesive», relevant litteratur blev udvalgt og publikationer fra de sidste fem år blev prioriteret. Den foreliggende litteratur blev gennemgået med særligt fokus på meta-analyser og reviews samt nyere kliniske undersøgelser, specielt dem med længere opfølgningstid.

Faktaboks 1

En meta-analyse er en statistisk opsummering af resultater fra flere videnskabelige kilder af en afgrænset problemstilling, imens et review omfatter en litteraturgennemgang for et givet emne. Et systematisk review er en litteraturoversigt, som kan gennemføres med eller uden en metaanalyse.

Hvilke bindingssystemer findes i dag?

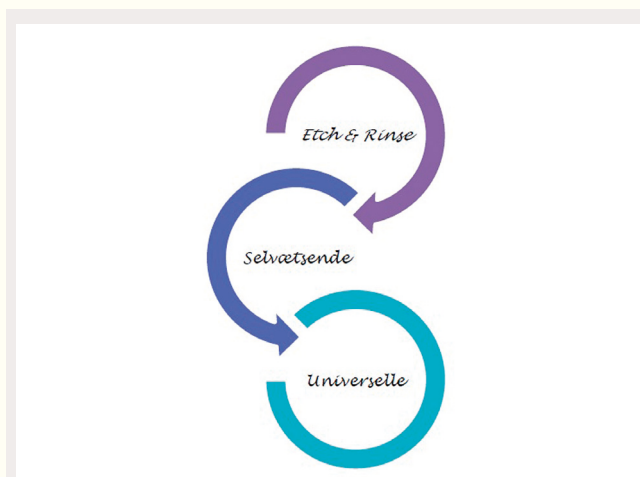
Den løbende udvikling af bindingssystemer har resulteret i adskillige generationer af produkter siden 1960'erne. I dag anvendes en mere simpel og overskuelig måde at klassificere bindingssystemerne på alt efter, hvordan materialerne interagerer med de hårde tandvæv. I anno 2016 klassificeres bindingssystemer således som etch & rinse, selvætsende eller universelle (figur 2).

Etch & Rinse bindingssystemer

Disse bindingssystemer kaldes også for total etch og fremgangsmåden omfatter et trin, hvor emaljen og dentinen ætzes med fosforsyre, som efterfølgende skylles bort. Denne teknik resulterer i et ru relief på emaljeoverfladen og i demineralisering af dentinen i nogle få mikrometers dybde, hvorved smørelaget fjernes og et hydroxylapatitfattigt kollagenetværk eksponeres (4). I 3-trin etch & rinse systemer behandles de hårde tandvæv derefter først med en primer, som er en relativt hydrofil komponent, der indeholder plastmonomerer opløst i organisk solvent. Primeren erstatter vandet i vævene og befugter emaljen og kollagenfibre i dentinen (5). Herefter appliceres og hærdes en resin, som er en relativt hydrofob komponent, der udfylder både emaljens mikrorelief og dækker det eksponerede kollagenetværk ved dannelse af et såkaldt hybridlag (5). I 2-trin etch & rinse systemer er primer- og resindelen kombineret således, at både hydrofile og hydrofobe monomerer er opløst i solventen. Denne blanding gør



Figur 1. Eksempler på produkter til binding af plastmaterialer til tandvæv.



Figur 2. Typer af bindingssystemer anno 2016 afhængig af deres interaktion med de hårde tandvæv. De første systemer krævede ætsning af tandoverfladen med fosforsyre. Efterfølgende udvikledes selvætsende bindingssystemer. I dag kan de universelle adhæsiver anvendes enten iflg. etch & rinse- eller selvætsningsteknikken.

generelt 2-trin bindingssystemerne mere hydrofile, hvorfor disse har vist sig at være mere følsomme overfor vandoptagelse og hydrolyse end 3-trin systemerne (6). Dette resulterer i, at den bindingsstyrke, der opnås med 2-trin systemer er mindre stabil i langtidsforsøg (7).

Etch & rinse bindingssystemer etablerer adhæsion ved indtrængning og in situ polymerisering i det porøse, og for dentins vedkommende, fugtige overfladelag skabt af fosforsyren samt ved mikromekanisk retention i tandvævene. Da ætsning af dentin med fosforsyre opløser hydroxylapatitkrystaller, som derefter skylles bort, udsættes den ikke-infiltrerede kollagen for vandoptagelse og enzymatisk nedbrydning (8). Derudover skaber etch & rinse bindingssystemer begrænset kemisk binding mellem resinen og det organiske materiale, der eksponeres som følge af ætsning af dentinen, hvilket af visse forskere anses som én af de største begrænsninger ved denne type bindingssystemer (4).

Faktaboks 2

Som bekendt har etch & rinse bindingssystemer i mange år været de mest anvendte og betragtet som gold standard indenfor adhæsivteknikken. En ny spørgeskemaundersøgelse besvaret af 732 offentlig ansatte tandlæger i Norge viste, at 73,3 % benytter etch & rinse imens 26,7 % anvender selvætsende bindingssystemer (9). En ny trend ses dog med forbedrede selvætsende adhæsiver samt udvikling af universelle bindingssystemer.

Selvætsende bindingssystemer

Som navnet antyder, kræver disse bindingssystemer ikke nogen forudgående fosforsyreætsning. Dette skyldes, at den primer, der anvendes til konditionering af emalje og dentin indeholder sure, hydrofile monomerer (såsom fosforsyreester eller carboxylsyreester) (5), og at primeren derved er i stand til at opløse smørelaget og det øverste overfladelag af emalje og dentin. Det opløste calciumfosfat skylles ikke bort, men forbliver i hybridlaget, da demineralisering af tandvævene og infiltrering af plastmonomer sker synkront (10). Denne teknik er derfor også blevet kaldt etch & dry. Efterfølgende appliceres en mere hydrofob resin, som gør grænsefladen mere modstandsdygtig overfor vandoptagelse og hydrolyse og dermed bidrager til bindingsholdbarhed (11). Ved visse selvætsningssystemer er primer- og resindelen kombineret således, at disse appliceres samtidigt. De sidstnævnte systemers tendens til faseadskillelse og høj hydrofilicitet har resulteret i utilstrækkelig polymerisering af monomerer, i nano-lækage samt i vandoptagelse i grænsefladelaget med tiden (10). Disse såkaldte all-in-one eller 1-trin bindingssystemer har således vist mindre gunstige in vitro og in vivo resultater (4). Det bør dog nævnes, at de nyere, 1-trin selvætsende bindingssystemer der ses i dag, især de milde og HEMA-fri, klarer sig langt bedre end de tidligere udgaver (3,12–14).

De hårde tandvævs demineraliseringsevne er afhængig af primers pH-værdi, og selvætsende bindingssystemer kan kategoriseres som værende stærke ($\text{pH} \leq 1$), mellemstærke (pH mellem 1–2), milde ($\text{pH} = 2$) eller ultra milde ($\text{pH} \leq 2,5$) (10). Stærke selvætsende systemer har vist at klare sig bedre, hvad angår binding til emalje (15), men disse systemer har imidlertid en lavere ydeevne, hvad angår bindingen til dentin, da det resin-indkapslede calciumfosfat viser sig at være forholdsvis let opløseligt (4). Til gengæld reagerer milde selvætsende bindingssystemer bedre med smørelaget og producerer et submikrometrisk hybridlag, mens en vis mængde hydroxylapatitkrystaller stadig beskytter kollagenfibre (4). Derudover vil visse af de tilstedeværende funktionelle monomerer etablere ionbindinger til den resterende hydroxylapatit (16). Således suppleres den mikromekaniske retention med en kemisk binding, hvilket synes at øge bindingsholdbarheden (10). Den funktionelle monomer 10-MDP (10-methacryloyloxydecyldihydrogenfosfat), forekommer at være mere effektiv og stabil i vand end andre funktionelle monomerer såsom 4-MET (4-methacryloyloxyethyl-trimellitsyre) og phenyl-P (2-methacryloyloxyethylphenylhydrogenfosfat) i nævnte rækkefølge (16). Ifølge adhæsion-demineraliseringskonceptet, der blev introducere-

ret af Yoshida et al. (17), bindes funktionelle monomerer såsom 10-MDP og carboxylsyreester til calcium fra hydroxylapatit ved dannelse af stabile calciumfosfat- eller calciumcarboxylatsalte samtidig med en begrænset demineralisering af tandoverfladen (16,18).

Det bør imidlertid nævnes, at en forudgående, selektiv ætsning af emaljen med fosforsyre inden applicering af det selvætsende bindingssystems primer (figur 3) i flere undersøgelser har vist sig at øge bindingsstyrken til emalje (10) og at resultere i bedre kanttilslutning og nedsat kantmisfarvning (19–22).

Faktaboks 3

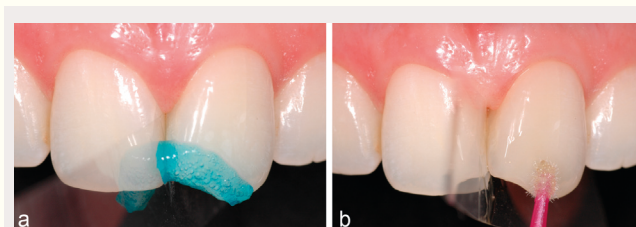
Ønsker man at anvende et selvætsende bindingssystem peger forskningsresultaterne på, at man bør vælge et af de milde systemer og at kombinere det med selektiv emaljeætsning. De milde selvætsende bindingssystemer viser lige så god ydeevne som gold standard 3-trin etch & rinse teknikken (3).

Universelle bindingssystemer

Universelle bindingssystemer er de nyeste inden for adhæsivteknologien (23). Ligesom de selvætsende bindingssystemer indeholder disse universelle adhæsiver også funktionelle monomerer, og da de kan anvendes såvel i forbindelse med en etch & rinse- som en selvætsningsteknik kaldes disse adhæsiver også for multimodale adhæsiver. Med samme adhæsiv som basis kan tandlægen vælge, hvilken bindingsteknik, der er den mest hensigtsmæssige i en given behandlingssituation. Man kan dog spørge sig selv, hvorvidt disse såkaldt universelle adhæsiver adskiller sig fra 1-trin selvætsende bindingssystemer mht. sammensætning eller om der mere er tale om en markedsføringsmæssig udvidelse af materialernes anvendelighed (24).

Visse fabrikanter anbefaler endvidere deres adhæsiver til forbehandling af andre bindingsoverflader, såsom keramik eller komposit plast, i stedet for anvendelse af en traditionel silan (24). I ét studie har visse universelle adhæsiver vist lovende resultater, hvad angår binding til zirkoniumdioxid (25), imens et andet studie kun viste god binding til zirkoniumdioxid, når de universelle adhæsiver blev kombineret med sandblæsning af keramikoverfladen (26). Herudover har et tredje studie, der omhandlede reparation af plastfyldninger, vist, at behandling med et universelt adhæsiv var ligeså effektivt som silanbehandling, når nyt komposit plast skulle bindes til gammelt plast (27).

Spørgsmålet er, hvilken appliceringsteknik der bør anvendes i forbindelse med de universelle adhæsiver for at få den bedste og mest stabile binding til emalje og til dentin. In vitro undersøgelser viser, at universelle adhæsivers bindingsstyrke til emalje med fordel kan øges ved forudgående ætsning med fosforsyre (28,29), ligesom det også gør sig gældende for de selvætsende bindingssystemer. Ætsning øger overfladeenergien og overfladens befugtningssevne samt forbedrer infiltrationen af adhæsivet i emaljen. Selv en meget kort emaljeætsning (3 sek.) fjerner smørelaget på emaljen og gør hydroxylapatitten tilgængelig for reak-



Figur 3. Emaljeætsning inden applicering af bindingssystemet øger retention, optimerer kanttilslutning og nedsætter kantmisfarvning af plastfyldningen med tiden.

tion med de funktionelle monomerer i adhæsivet, hvilket synes at bidrage til holdbarheden af bindingen (29). På denne baggrund anbefales ætsning af emalje med fosforsyre inden applicering af universelle bindingssystemer (23).

Hvad dentin angår, ses imidlertid ikke nødvendigvis signifikant bedre binding af universelle bindingssystemer ved anvendelse af etch & rinse teknikken frem for selvætsningsteknikken, selvom den forudgående ætsning med fosforsyre øger penetrationsdybden af disse adhæsiver i dentinen (30). Det, at der med de universelle adhæsiver opnås identiske bindingsstyrker til dentin uanset den valgte teknik, gør de universelle bindingssystemer pålidelige at arbejde med under forskellige kliniske betingelser (23,24,30). Anvendelse af selvætsningsteknikken på dentin frem for etch & rinse teknikken menes at beskytte kollagenfibrene og at sikre bindingsstyrken til dentin bedre mod aldring, i hvert fald for visse universelle bindingssystemer (31).

Faktaboks 4

Trods en vis produktafhængighed giver de universelle bindingssystemer generelt en relativ stærk binding til de hårde tandvæv. Selektiv emaljeætsning anbefales ved anvendelse af universelle bindingssystemer.

Hvad siger evidensen?

Der foreligger adskillige kliniske studier af såvel etch & rinse som selvætsende bindingssystemer, især af de systemer, der har været længst på markedet. En meta-analyse har fornyligt samlet data fra kliniske studier, i hvilke mindst to bindingssystemer anvendt til restaurering af cariesfri, cervikale læsioner blev sammenlignet efter minimum 18 måneders funktionstid (3). Selvom disse studier også vurderede andre kliniske parametre såsom kanttilslutning og kantmisfarvning, var det retentionen af plastfyldningerne, der blev anvendt til vurdering af materialernes bindingsevne. Således blev tab af restaureringer per år beregnet som en procentisk årlig fejlrate (AFR). Resultaterne giver et overblik over den bedste tilgængelige evidens for forskellige produkter, som har været på markedet i et stykke tid (Tabel 1). Det bør dog understreges, at retentionen af plastfyldninger bundet til cariesfri, cervikale læsioner med bindingssystemer ikke kun afhænger af det valgte bindingssystem, men også af det valgte plastfyldningsmateriale, samt at der ses en signifikant forskel på bindingsevnen mellem

produkter af samme kategori (dog med undtagelse af 2-trin milde selvætsende bindingssystemer) (3).

Ifølge meta-analysen ses ingen signifikant forskel i retentionen af plastfyldninger fremstillet med 3-trin etch & rinse bindingssystemer (AFR 3,1; SD 2) eller med milde selvætsende bindingssystemer (2-trin: AFR 2,5; SD 1,5/1-trin: AFR 3,6; SD 4,3) eller – for den sags skyld – fyldninger af glasionomercement (AFR 2; SD 1,4). Disse tre typer af fyldninger havde signifikant bedre retention end plastfyldninger lagt med 2-trin etch & rinse (AFR 5,8; SD 4,9) eller stærke 2-trin selvætsende bindingssystemer (AFR 8,4; SD 7,9). De 1-trin stærke selvætsende bindingssystemer (AFR 5,4; SD 4,8) klarede sig kun signifikant dårligere end glasionomercementfyldninger (3). Her er det interessant at konstatere, at de milde selvætsende bindingssystemer havde lige så god retentionsevne til tandvæv som 3-trin etch & rinse bindingssystemerne, der hidtil har været betragtet som gold standard. Det gode resultat for de milde selvætsende bindingssystemer skyldes

Tabel 1. Bindingssystemer og årlig tab af retention. Liste over nogle af de meste solgte bindingssystemer i Danmark og Norden (juli 2016) indenfor de forskellige kategorier af bindingssystemer. Den procentvise årlige fejlrate (AFR) samt standarddeviation (SD) for plastfyldninger i cariesfri, cervikale læsioner blev rapporteret i et studie af Peumans et al. 2014. Årsag til fejl var tab af retention.

Type	Fabrikant	Navn	% AFR (SD)
Etch & Rinse	3M Oral Care	Adper Scotchbond Multi-Purpose	3,9 (2)
		Adper Scotchbond 1 XT	1,4 (1)
	Ivoclar Vivadent	Excite F	10,6 (0,6)*
	Kerr Dental	OptiBond FL	1,8 (0,8)
		Optibond Solo Plus	4,6 (-)
Selvætsende	Dentsply Sirona	Prime & Bond NT	6,3 (1)
	Kuraray Noritake	Clearfil SE Bond	2,2 (1,2)
	Voco	Futurabond DC	
Universelle	GC	G-Bond	1,3 (0,6)
	Ivoclar Vivadent	Adhese Universal	
	Voco	Futurabond U	
	3M Oral Care	Scotchbond Universal, etch & rinse Scotchbond Universal,	0,5 (0,7) 4 (-)

* Data fra Excite

formentlig den kemiske binding til hydroxylapatit kombineret med en relativ smal zone af mikromekanisk hybridisering (32).

Meta-analysen viste endvidere, at den årlige fejlrate AFR var relativt konstant for 2-trin og 3-trin etch & rinse bindingssystemerne samt for 2-trin milde selvætsende bindingssystemerne i såvel kort- (18 mdr. til 3 år), mellem- (3–5 år) og langtidsstudier (> 5 år). Resultaterne var desuden gunstige, når der blev anvendt selektiv emaljeætsning inden applicering af milde selvætsende bindingssystemer, idet AFR faldt fra 1,43 (SD 1,77) til 0,43 (SD 0,49) i kliniske studier med en opfølgningstid fra 18 måneder op til 5 år (3). Selvom denne forskel ikke var signifikant, har en nyere meta-analyse vist, at den selektive emaljeætsning har en markant positiv effekt på andre kliniske parametre såsom kanttilslutning og kantmisfarvning (22). Den sidstnævnte metaanalyse har desuden vist signifikant mindre tab af plastfyldninger inden for de første 3 år, når der var blevet anvendt selektiv emaljeætsning i forbindelse med selvætsende bindingssystemer. For-

Faktaboks 5

Tandlægen skal ikke kun foretage et valg mellem de forskellige kategorier af bindingssystemer, men også vælge et specifikt produkt. Ifølge en meta-analyse har det anvendte bindingssystem stor betydning for retentionsevnen af plastfyldninger i cervikale læsioner. Andre parametre, der bidrager positivt til retention af disse plastfyldninger er en ru overflade og anvendelse af kofferdam (35).

skellen var imidlertid ikke til stede efter 5 år (22). Den øgede bindingsstyrke, som er en konsekvens af emaljeætsning (28,29) kan derudover være en fordel i kliniske situationer, hvor fyldningerne udsættes for usædvanligt stor belastning.

For universelle bindingssystemer findes indtil videre langt færre kliniske undersøgelser. De foreliggende undersøgelser har begrænset opfølgningstid, men viser lovende resultater. Én af de kliniske undersøgelser viste, at det universelle adhæsiv Scotch-

bond Universal havde lige så god retention i cariesfri, cervikale læsioner efter 2 år som 3-trin etch & rinse bindingssystemet Adper Scotchbond Multi-Purpose (33). Et andet studie med en opfølgning på 3 år viste, at det anvendte adhæsiv Scotchbond Universal i etch & rinse teknikken havde lige så god retentions-evne i cariesfri, cervikale læsioner såvel på tør som fugtig dentin (34). Da den optimale fugtighedsgrad i dentinen både kan være subjektiv og svær at vurdere, kan det ses som en fordel, at adhæsivets ydeevne er mindre følsom for, hvor fugtig eller tør dentinen er. Følsomhed for dentinens fugtighedsgrad er dog afhængig af bindingssystemets sammensætning og gælder ikke kun universelle adhæsiver: som regel kan de adhæsiver, der bl.a. indeholder vand og ætanol som solventer, ekspandere eventuelle kollaberede kollagenfibre og dermed lette indtrængningen af hydrofile monomerer i dentinen. Derudover blev såvel etch & rinse som selvætsningsteknikken undersøgt i begge studier, og i det sidstnævnte blev selektiv emaljeætsning også inkluderet. Selvom der ikke blev fundet nogen signifikant forskel mellem de forskellige teknikker i op til 3 år efter behandlingen, sås mindre god kanttilslutning og øget kantmisfarvning (33,34) samt større tab af plastfyldning, når det universelle adhæsiv var blevet anvendt i følge selvætsningsteknikken fremfor ved anvendelse af etch & rinse- eller selektiv emaljeætsningsteknik (34).

Meta-analysen af in vitro data for universelle adhæsiver viser på trods af en relativ stor spredning, at bindingsstyrken til dentin (Tabel 2) er uafhængig af appliceringsteknikken for milde universelle systemer (23). Til gengæld kan bindingsstyrken til dentin øges for ultra milde universelle adhæsiver ved forudgående ætsning af dentinoverfladen, da deres demineraliseringsevne er begrænset pga. den højere pH (23). Selvom der forventes en mere stabil og holdbar binding mellem universelle adhæsiver og dentinen pga. indholdet af funktionelle monomerer, ses alligevel en ældning i grænsefladen og et fald i bindingsstyrke efter termobelastning eller opbevaring i vand for visse produkter (24,31). Et studie fandt, at bindingsstyrken til dentin faldt for alle under-

Tabel 2. Variation i bindingsstyrke (MPa) til emalje og dentin for en række universelle adhæsiver og standarddeviation (SD). Data stammer enten fra en meta-analyse gennemført af Rosa et al. (2015)* eller fra en undersøgelse af Chen et al. (2015)**. Bindingsstyrken var blevet målt ved mikrotækforsøg efter opbevaring af prøvelegemerne i vand eller kunstigt spyt ved 37 °C i 24 timer.

Adhæsiv	Fabrikant	Bindingsstyrke til emalje (MPa)		Bindingsstyrke til dentin (MPa)	
		Etch & Rinse teknik	Selvætsningsteknik	Etch & Rinse teknik	Selvætsningsteknik
All-Bond Universal	Bisco Inc.			39,3 (3,7) – 44,8 (10,8)*	13,4 (1,9) – 52,6 (12,7)*
				54,6 (8,3)**	50,1 (6,8)**
Clearfil Universal Bond	Kuraray Noritake			49,1 (4,2)**	48,0 (7,4)**
Futurabond U	Voco			41,2 (10,7)*	37,9 (14,0)*
				46,5 (7,2)**	48,2 (9,7)**
G-Bond Plus	GC	34,5 (13,8)*	23,1 (9,8)*	19,1 (0,7) – 29,4 (8,2)*	11,5 (3,3) – 30,5 (7,6)*
Scotchbond Universal	3M Oral Care	33,6 (9,3)*	27,4 (8,5)*	32,3 (3,7) – 49,1 (11,1)*	32,3 (4,8) – 44,0 (21,9)*
				55,7 (10,7)**	59,9 (11,8)**

søgte universelle adhæsiver (All-Bond Universal, Cleafil Universal Bond, Futurabond U, Prime & Bond Elect og Scotchbond Universal) anvendt ifølge etch & rinse teknikken efter opbevaring i vand i 1 år, til trods for at nogle af disse adhæsiver indeholder 10-MDP. Derimod var bindingsstyrken konstant for to adhæsiver anvendt ifølge selvætsningsteknikken (Prime & Bond Elect – som indtil videre ikke markedsføres i Europa – og Scotchbond Universal), selvom ét af adhæsiverne ikke indeholder 10-MDP (31). Degraderingen af grænsefladen ses på trods af tilstedeværelsen af funktionelle monomerer, hvilket tyder på, at problematikkerne angående holdbarhed af bindingssystemerne endnu ikke er helt afklaret (24,31).

Da data peger på, at selvætsningsteknikken fungerer bedre på dentin (31), imens forudgående ætsning er signifikant bedre på emalje (23,33,34), anbefales selektiv ætsning af emalje også for de universelle adhæsiver. Det forventes, at der i nær fremtid publiceres forskningsresultater vedr. effekten af ældning på bindingsstyrken og ikke mindst flere kliniske data for disse nyere bindingssystemer.

Hvad er de fremtidige perspektiver?

Muligheden for binding til emalje og dentin har revolutioneret tandlægepraksis og adhæsive teknikker anvendes på daglig basis. Den øgede forståelse af bindingsmekanismer og degraderingsprocesser bidrager løbende til forbedring af bindingssystemerne, således at kvalitet og holdbarhed af behandlingen til stadighed forbedres.

Det forventes, at udviklingen vil fortsætte med henblik på udvidelse af de universelle adhæsivers indikationsområde gennem yderligere forbedret interaktion med de hårde tandvæv, plastmaterialets- og keramikens overflader samt en minimering af den degradering grænsefladen undergår med tiden. Sideløbende arbejdes på at inkorporere bindingsmekanismerne i selve plastfyldningsmaterialet og således opnå den selvadhærerende komposit.

Konklusioner

Den tilgængelige evidens støtter anvendelsen af 3-trin etch & rinse eller milde selvætsende bindingssystemer. Desuden har nylige in vitro og in vivo undersøgelser vist lovende resultater for flere universelle adhæsiver.

Tak

Forfatterne takker Eva Marie Reinwald for gennemlæsning af manuskriptet, samt repræsentanter for producenterne for produktoplysninger.

English summary

Ana Raquel Benetti AR, Peutzfeldt A.

Bonding agents and their indication

Nor Tannlegeforen Tid. 2016; 126: 0–0

This article presents a review of the literature with special focus on the performance of the dental bonding agents that are used

today. The database PubMed was searched using the terms “dental adhesive» and among the selected articles priority was given to publications from the last five years. The collection of clinical data in the form of meta-analyses was included, thereby allowing the bonding properties of etch & rinse, self-etch and universal adhesives to be examined independently of the research group or the clinician performing the bonding. Relevant reviews and recent clinical trials were also considered. The existing evidence is presented and discussed for the three types of bonding agents. Etch & rinse and self-etch systems have been on the market for a longer period of time, hence their bonding properties can be confirmed by clinical data. Since the universal adhesives are relatively new, only a limited number of clinical studies with longer evaluation periods are available at this time. So far, the universal adhesives show good potential and seem to be the way forward in adhesive dentistry.

Litteratur

1. Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res.* 1955; 34: 849–53.
2. Liu Y, Tjäderhane L, Breschi L et al. Limitations in bonding to dentin and experimental strategies to prevent bond degradation. *J Dent Res.* 2011; 90: 953–68.
3. Peumans M, De Munck J, Mine A et al. Clinical effectiveness of contemporary adhesives for the restoration of non-carious cervical lesions. A systematic review. *Dent Mater.* 2014; 30: 1089–103.
4. Van Meerbeek B, Peumans M, Poitevin A et al. Relationship between bond-strength tests and clinical outcomes. *Dent Mater.* 2010; 26: e100–21.
5. Tezvergil-Mutluay A, Tjäderhane L. Current concepts in dental adhesion. *Tandlægebladet.* 2011; 115: 36–42.
6. Ito S, Hashimoto M, Wadgaonkar B et al. Effects of resin hydrophilicity on water sorption and changes in modulus of elasticity. *Biomater.* 2005; 26: 6449–59.
7. Pashley DH, Tay FR, Breschi L et al. State of the art etch-and-rinse adhesives. *Dent Mater.* 2011; 27: 1–16.
8. Mazzoni A, Tjäderhane L, Checchi V et al. Role of dentin MMPs in caries progression and bond stability. *J Dent Res.* 2015; 94: 241–51.
9. Staxrud F, Tveit AB, Rukke HV et al. Repair of defective composite restorations. A questionnaire study among dentists in the public dental service in Norway. *J Dent.* 2016; 52: 50–4.
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. Reis A, Albuquerque M, Pegoraro M et al. Can the durability of one-step self-etch adhesives be improved by double application or by an extra layer of hydrophobic resin? *J Dent.* 2008; 36: 309–15.
12. Van Dijken JWV. A randomized controlled 5-year prospective study of two HEMA-free adhesives, a 1-step self-etching and a 3-step etch-and-rinse, in non-carious cervical lesions. *Dent Mater.* 2013; 29: e271–80.
13. Van Landuyt KL, De Munck J, Ermis RB et al. Five-year clinical performance of a HEMA-free one-step self-etch adhesive in non-carious cervical lesions. *Clin Oral Investig.* 2014; 18: 1045–52.
14. Van Landuyt KL, De Munck J, Peumans M et al. Nine-year clinical performance of a HEMA-free one-step self-etch adhesive. (Abst 970) *Int Assoc Dent Res., Seoul, Jun 24, 2016.*
15. Perdigão J, Lopes MM, Gomes G. In vitro bonding performance of self-etch adhesives. II. Ultramorphological evaluation. *Oper Dent.* 2008; 33: 534–49.

16. Yoshida Y, Nagakane K, Fukuda R et al. Comparative study on adhesive performance of functional monomers. *J Dent Res*. 2004; 83: 454–8.
17. Yoshida Y, Van Meerbeek B, Nakayama Y et al. Adhesion to and decalcification of hydroxyapatite by carboxylic acids. *J Dent Res*. 2001; 80: 1565–9.
18. Fukeygawa D, Hayakawa S, Yoshida Y et al. Chemical interaction of phosphoric acid ester with hydroxyapatite. *J Dent Res*. 2006; 85: 941–4.
19. Peumans M, De Munck J, Van Landuyt KL et al. Eight-year clinical evaluation of a two-step self-etch adhesive with and without selective enamel etching. *Dent Mater*. 2010; 26: 1176–84.
20. Peumans M, De Munck J, Van Landuyt K, Van Meerbeek B. Thirteen-year randomized controlled clinical trial of a two-step self-etch adhesive in non-carious cervical lesions. *Dent Mater*. 2015; 31: 308–14.
21. Can Say E, Özel E, Yurdagüven H et al. Three-year clinical evaluation of a two-step self-etch adhesive with or without selective enamel etching in non-carious cervical sclerotic lesions. *Clin Oral Invest*. 2014; 18: 1427–33.
22. Szesz A, Parreiras S, Reis A et al. Selective enamel etching in cervical lesions for self-etch adhesives: a systematic review and meta-analysis. *J Dent*. 2016; 53: 1–11.
23. Rosa WL, Piva E, Silva AF. Bond strength of universal adhesives: A systematic review and meta-analysis. *J Dent*. 2015; 43: 765–76.
24. Chen C, Niu LN, Xie H et al. Bonding of universal adhesives to dentine – old wine in new bottles? *J Dent*. 2015; 43: 525–36.
25. Seabra B, Arantes-Oliveira S, Portugal J. Influence of multimode universal adhesives and zirconia primer application techniques on zirconia repair. *J Prosthet Dent*. 2014; 112: 182–7.
26. Amaral M, Belli R, Cesar PF et al. The potential of novel primers and universal adhesives to bond to zirconia. *J Dent*. 2014; 42: 90–8.
27. Staxrud F, Dahl JE. Silanising agents promote resin-composite repair. *Int Dent J*. 2015; 65: 311–5.
28. Suzuki T, Takamizawa T, Barkmeier WW et al. Influence of etching mode on enamel bond durability of universal adhesive systems. *Oper Dent*. 2016 DOI: 10.2341/15–347-L. [Epub ahead of print]
29. Tsujimoto A, Barkmeier WW, Takamizawa T et al. Influence of duration of phosphoric acid pre-etching on bond durability of universal adhesives and surface free-energy characteristics of enamel. *Eur J Oral Sci*. 2016; 124: 377–86.
30. Wagner A, Wendler M, Petschelt A et al. Bonding performance of universal adhesives in different etching modes. *J Dent*. 2014; 42: 800–7.
31. Zhang ZY, Tian FC, Niu LN et al. Defying ageing: An expectation for dentine bonding with universal adhesives? *J Dent*. 2016; 45: 43–52.
32. Van Landuyt KL, Yoshida Y, Hirata I et al. Influence of the chemical structure of functional monomers on their adhesive performance. *J Dent Res*. 2008; 87: 757–61.
33. Lawson NC, Robles A, Fu CC et al. Two-year clinical trial of a universal adhesive in total-etch and self-etch mode in non-carious cervical lesions. *J Dent*. 2015; 43: 1229–34.
34. Loguercio AD, de Paula EA, Hass V et al. A new universal simplified adhesive: 36-month randomized double-blind clinical trial. *J Dent*. 2015; 43: 1083–92.
35. Mahn E, Rousson V, Heintze S. Meta-analysis of the influence of bonding parameters on the clinical outcome of tooth-colored cervical restorations. *J Adhes Dent*. 2015; 17: 391–403.

Korrespondance: Ana Raquel Benetti, Odontologisk Institut, Det Sundhedsvidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet, Nørre Allé 20, DK-2200 København N, Danmark. E-post: arbe@sund.ku.dk

Artikkelen har gjennomgått ekstern faglig vurdering.

Ana Raquel Benetti AR, Peutzfeldt A. Bindingssystemer og deres anvendelse. Nor Tannlegeforen Tid. 2016; 126: 864–70