

HOVEDBUDSKAP

- Det er viktig med et bevisst og individuelt begrunnet valg av adhesivsystem, hovedsakelig basert på hvordan vi ønsker å behandle dentinet
- De klassiske adhesivsystemene med et separat resinlag til slutt (hydrofobisk coating) har en bedre klinisk yteevne enn forenklede systemer, og man hevder at det er et kompromiss mellom forenkling og yteevne
- Produsentenes bruksanvisninger må følges, og det er ingen tid å spare ved adhesive prosedyrer
- All kontaminering vil svekke bindingsstyrken, og adekvat fuktighetskontroll er derfor viktig

FORFATTERE

Torgils Læg Reid, førsteamanuensis, tannlege, ph.d.
Institutt for klinisk odontologi, Universitetet i Bergen
Tom Paulseth, tannlege i privat praksis, instruktørtannlege, Institutt for klinisk odontologi, Universitetet i Bergen
Arne Lund, tannlege i privat praksis, Bergen

Korresponderende forfatter: Torgils Læg Reid, Institutt for klinisk odontologi, Universitetet i Bergen. Postboks 7800, 5020 Bergen.
E-post: torgils.lag Reid@uib.no

Akseptert for publisering 15. desember 2023

Artikkelen er fagfelleurdert.

Læg Reid T, Paulseth T, Lund A. Emalje- og dentinadhesiver: Avgjørende faser i klinisk behandling. *Nor Tannlegeforen Tid.* 2024; 134: 604-10.

MeSH: Adhesives / chemistry; Dental Etching; Dental Bonding / methods; Dentin-Bonding Agents

Emalje- og dentinadhesiver: Avgjørende faser i klinisk behandling

Torgils Læg Reid, Tom Paulseth og Arne Lund

Det er svært mange ulike dentale adhesiv-produkter på markedet i dag, og det kan være utfordrende å vite hvilket system man skal bruke og hvordan man skal håndtere disse.

Det er viktig med et bevisst og individuelt begrunnet valg av adhesivsystem, hovedsakelig basert på hvordan vi ønsker å behandle dentinet. Mens emalje alltid bør etses, kan man på dentin velge mellom en ets-og-skyll eller en selvetsende strategi. På grunn av varierende kvalitet på dentinet, bør man derfor ha adhesivsystem for begge disse strategiene tilgjengelig, enten i form av rene ets-og-skyll-adhesiver, rene selvetsende adhesiver, eller universale adhesiver som kan brukes i begge modaliteter. I tillegg kan enkelte adhesivsystemer inneholde spesielle monomerer og andre molekyler som kan fasilitere binding til andre restorative materialer.

Muligheten til å «lime» fyllingsmaterialer til tannsubstans har hatt stor innvirkning på restorativ odontologi i løpet av de siste 30-40 årene og redusert behov for mer invasive prosedyrer. Grunnlaget for en adhesiv teknikk ble lagt allerede på 50-tallet, da Michael Buonocore introduserte syreetsing av emaljeoverflaten for å gjøre den mer mottakelig for adhesjon (1). Adhesjonskonseptet ble på tidlig 80-tall utvidet til også å gjelde syreetsing av dentin (2) og introduksjon av hybridlagsteorien (3). Dette førte etter hvert til en allment akseptert bruk av adhesiv teknikk ved restorativ behandling med 3-trinns, såkalte total-ets-systemer, som dominerende konsept på tidlig 90-tallet. Utviklingen, både materialmessig og kommersielt,

har gått raskt og vi har i dag et stort og til dels uoversiktlig utvalg av dentale adhesivsystemer (4).

Formålet med dentale adhesivsystemer er å oppnå en sterk, tett og holdbar forbindelse mellom emalje/dentin og polymerbaserte restaureringsmaterialer. Mens mikromekanisk retensjon til emalje og dentin tradisjonelt sett har vært den viktigste mekanismen, har vi de siste 10 årene sett at kjemisk dominert binding, spesielt til dentin, har fått en økende aktualitet (5). Bruk av selvetsende adhesiver fører til en mer forsiktig og mindre penetrerende demineralisering av dentinoverflaten, og baserer seg primært på at funksjonelle monomerer binder seg kjemisk til gjenværende hydroksyapatitt. Dermed kan det generaliseres ned til to hovedtyper av adhesive strategier: ets-og-skyll-teknikk og selvetsende teknikk med hver sine fordeler, utfordringer og indikasjoner.

De første adhesivsystemene som kom på markedet var basert på ets-og-skyll-teknikk, der separate prosedyrer med fosforsyre, primer og adhesiv førte til en tidkrevende og sensitiv teknikk. Klinikerne ønsket etter hvert mer forenklede og mindre teknikk-sensitive produkter, og utover på 90-tallet ble det lansert både 2-trinns ets-og-skyll-adhesiver og 2-trinns selvetsende adhesiver. Etter hvert kom også «all-in-one» («alt-i-ett») adhesiver på markedet, noe som førte til at tannlegen kunne forholde seg til én flaske. Som en videre utvikling ble det første såkalte universale adhesivsystemet lansert i 2012 (6). Det har etter hvert kommet mange nye universale adhesiver på markedet, og disse kjennetegnes med at de kan brukes i ulike modaliteter (både som ets-og-skyll og selvetsende) (figur 1). Felles

for alle disse ulike systemene, inkludert de universale adhesivene, er at de kan deles opp i ets-og-skyll-baserte og selvets-baserte system. Det er hovedsakelig disse to tilnærmingene som vil bli diskutert videre i denne artikkelen.

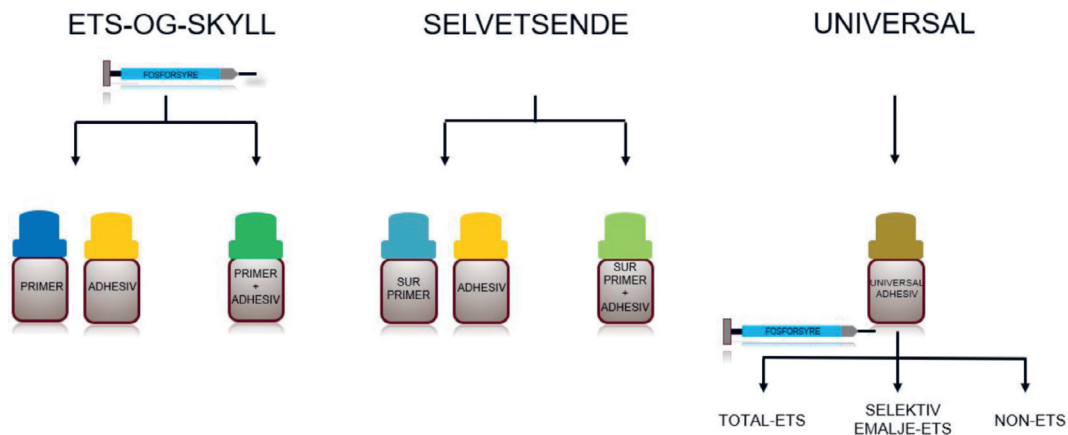
Valg av adhesivsystem

Det er svært mange ulike dentale adhesiv-produkter på markedet i dag, og det kan være utfordrende å vite hvilket system man skal bruke til ulike kliniske situasjoner.

Det første valget vi må gjøre er om vi skal benytte oss av et adhesivsystem som baserer seg på ets-og-skyll-prinsippet eller det selvetsende prinsippet. Det er en gjennomgående enighet i litteraturen at emalje bør etses med 30-40% fosforsyre for å oppnå en god og holdbar binding til fyllingsmaterialet, uansett hvilket adhesjonssystem som velges (4,5,7,8). Selvetsende systemer danner ikke det samme mikroretentive mønsteret i emalje som når fosforsyre blir applisert (9), og bindestyrken vil bli kompromittert. Dette vil si at det anbefales generelt å selektivt etse emaljen også ved bruk av selvetsende adhesiver (figur 2). Dermed handler valget mellom ets-og-skyll-tilnærmingen og den selvetsende tilnærmingen om hvordan vi ønsker å behandle dentinoverflaten.

Etsing av dentinoverflaten med fosforsyre vil fjerne «smear layer» fullstendig, og dekalsifisere de ytterste 3-6 µm av dentinoverflaten (4). Selvetsende adhesivsystemer er mindre aggressive mot dentin ved at de delvis dekalsifiserer opp mot ca. 1 µm av dentindybden, samt integrerer smear layer i prosessen med å danne et hybridlag. De

STRATEGIER FOR DENTAL ADHESJON



Figur 1. Strategier for dental adhesjon. I tillegg til ets-og-skyll- og selvets-baserte adhesiver, er det også universale adhesiver tilgjengelig. Disse kan brukes i flere modus, dvs ingen etsing, selektiv emalje-ets eller ets av både emalje og dentin.



Figur 2. Selektiv emaljeetsing. En dyp kavitet hvor emaljen blir etsset selektivt med fosforsyre, og dentinet deretter påført en selvetsende adhesiv.

fleste av disse materialene inneholder også såkalte funksjonelle monomerer som har potensiale til å danne kjemiske bindinger til gjenværende hydroksyapatitt. Det er en rekke fordeler og ulemper knyttet til bruken av de to tilnærmingene (tabell 1).

En annen problemstilling er valget mellom tradisjonelle adhesivsystemer med separate prosedyrer eller forenklede sammensatte systemer med en eller to flasker. Litteraturen viser at de klassiske adhesivsystemene med et separat resinlag til slutt (hydrofobisk coating) har en bedre yteevne enn forenklede sammensatte systemer (10,11), og man hevder at det er et kompromiss mellom forenkling og yteevne (5,12).

Adhesjon til ulike underlag

I restorativ odontologi må man forholde seg til adhesjon til ulike substrat (emalje, dentin, og ulike restaureringsmaterialer).

Emalje

Emalje er det enkleste og mest forutsigbare tannvevet å binde til, med sin homogene mineralrike krystallstruktur. Etsing med 30-40% fosforsyre skaper et etserelieff som kan låse adhesivet mikromekanisk (1). Selvetsende adhesiver vil ikke kunne skape det samme relieffet, og kan dermed ikke basere seg like mye på mekanisk låsning. Selv om mange av de selvetsende adhesivene inneholder funksjonelle monomerer som kan binde seg kjemisk til hydroksyapatitt, vil ikke kalsium-ionene være like tilgjengelige i emalje som i dentin, og den manglende mekaniske bindestyrken kompenseres dermed ikke fullt ut med kjemisk binding til emalje (13). Dette er grunnen til at etsing av emalje med fosforsyre anbefales uansett valg av adhesjonsstrategi.

Ved prosedyrer som for eksempel estetisk ombygging av anteriore tenner med kompositt, må vi ofte forholde oss til upreparert aprismatisk emalje. Studier viser redusert bindestyrke til dette vevet på grunn av mindre uttalt etserelieff (14,15), og det blir i disse tilfeller anbefalt, i tillegg til å rengjøre overflaten, å fjerne dette ytterste laget av emalje (ca. 30µm) ved hjelp av lett pussing med diamant eller forlenget etsetid med fosforsyre (16). Den samme forbehandlingen er anbefalt ved behandling av hypomineralisert emalje som for eksempel ved dental fluorose (17).

Dentin

I tillegg til at dentin i seg selv er et komplekst vev å forholde seg til, vil de morfologiske og fysiske variasjonene gjøre det til et vanskelig substrat for å oppnå en god og holdbar binding mellom resin og substratet (18). Eksempler på slike variasjoner er tilstedeværelsen av sklerotisk eller kariøst dentin.

Tabell 1. Fordeler og ulemper forbundet med henholdsvis ets-og-skyll- og selvetsende strategier

	Fordeler	Ulemper
Ets-og-skyll	<ul style="list-style-type: none"> • Velprøvd strategi • Gode langtidsresultater • God effekt på sklerotisk dentin • Trenger ikke å forholde oss til selektiv emalje-ets, dermed enklere etseteknikk 	<ul style="list-style-type: none"> • Mer aggressiv og dyptgående dekalifisering • Fare for overetsing, og derpå følgende ufullstendig infiltrasjon av primer og adhesiv • Sårbar for nedbryting av resin og kollagen, med derpå følgende lekkasje
Selvetsende	<ul style="list-style-type: none"> • Delvis demineralisering i et overfladisk dentinlag, noe som muliggjør kjemisk binding • Gode langtidsresultater • Dokumentert mindre postoperative symptomer etter bruk av selvetsende teknikk 	<ul style="list-style-type: none"> • Smear layer blir ikke fjernet, noe som kan interferere med bindestyrken • Mer utsatt for hydrolytisk degradering pga hydrofile funksjonelle monomerer • Bør anvende selektiv emaljeetsing

Når det gjelder sklerotisk dentin viser studier at en forbehandling med fosforsyre-etsing eller oppruing av overflaten med en diamant delvis kan åpne kollagen-nettverket og dentintubuli i den hypermineraliserte overflaten, og dermed legge forholdene bedre til rette for en god mikromekanisk låsning (18-20). Fosforsyreetsing etterfulgt av 1 minuts applisering av 10% natriumhypokloritt har også vist lovende resultater (21).

Kariesaffisert dentin viser også lavere bindestyrker sammenlignet med normalt dentin, uansett hvilket adhesjonssystem en velger. Noen studier viser imidlertid at adhesiver som involverer etsing av dentin med fosforsyre forbedrer bindestyrken i forhold til selvettsende systemer (22). Uansett vil den kliniske relevansen her være minimal, i og med at det kariesaffiserte dentinet oftest er omsluttet av friskt dentin og emalje.

Når det gjelder postoperativ sensitivitet er det vist at en selvettsende tilnærming på dentin kan gi mindre symptomer enn en ets-og-skyll-tilnærming, spesielt i dype kaviteter (23).

Dentin og emalje påvirket/kontaminert av andre stoffer

Det har lenge vært en diskusjon om eugenol-holdige produkter som for eksempel midlertidige fyllingsmaterialer kan ha en negativ virkning på bindestyrken mellom tannsubstans og den etterfølgende resinbaserte restaureringen. Eugenol kan påvirke polymeriseringen av resinbaserte materialer negativt (24). Det er gjort en del studier på den operative relevansen av dette, og konklusjonene varierer. Det er dokumentert reduserte bindestyrker mellom resinbaserte materialer og tannsubstans som har vært eksponert for sinkoksid-eugenol-materialer, men den negative effekten er størst ved bruk av selvetsende systemertilnærming (25). Etsing av tannoverflaten vil fjerne det ytterste laget av emalje og dentin, og mengden av gjenværende eugenol vil dermed bli redusert. Den samme nega-

tive effekten er rapportert etter kontaminering av tannoverflaten med hemostatisk midler som for eksempel aluminiumklorid-forbindelser (26), og igjen ble ets-og-skyll-strategien vist å være minst sårbar.

Binding til eksisterende fyllingsmaterialer

Som en del av den minimalinvasive tankegangen som er rådende i restorativ odontologi i dag, er intraorale reparasjoner med resinbasert kompositt av eksisterende restaureringer en viktig del av den kliniske hverdagen. Substratet vil i disse tilfellene være materialer som for eksempel kompositt, glassionomersement, amalgam, metaller eller keramer. Adhesjonen til disse materialene kan være utfordrende, og baserer seg både på makro-, mikromekaniske og kjemiske prinsipper (tabell 2).

Eksempler på makromekaniske tiltak kan være preparering av retensjonselementer, undersnitt eller preparering med diamant. Mikromekanisk retensjon blir oppnådd med syreetsing eller luftabradering. Kjemisk adhesjon til eksisterende materialer kan oppnås med bruk av primere/adhesiver som inneholder spesielle monomerer eller silan. En del produkter, spesielt blant de nye universale adhesivene, er tilsatt funksjonelle monomerer som for eksempel 10-MDP som kan binde kjemisk til zirkonia (27) og uedle metall-legeringer, eller silan som kan binde seg til glasskeram (28). Når det gjelder bruk av 10-MDP-holdige adhesiver er det viktig å være klar over at en skal unngå å syreetse monolittisk zirkonia og metaller som en rengjøring før påføring av adhesivet. Syren vil etterlate fosfatgrupper som kjemisk vil binde seg til oksidlaget på overflaten, og dermed oppta potensielle frie bindesteder for MDP-molekylene, og videre resultere i redusert bindestyrke (29). Bruk av luftabradering (for eksempel 50µm aluminiumoksid) har derimot vist seg å være nyttig ved adhesjon til slike metalloksider (30).

Tabell 2. Anbefalte prosedyrer ved reparasjoner og adhesjon til ulike restaureringsmaterialer

Kompositt	<ul style="list-style-type: none"> • Oppruing av komposittoverflate med diamant • Silanisering (enten separat eller kombinert i et adhesivsystem) • Påføring av adhesiv
Amalgam	<ul style="list-style-type: none"> • Preparering av makromekaniske elementer • Tribokjemisk silica-coating vha luftabrasjon • Silanisering (enten separat eller kombinert i et adhesivsystem) • Påføring av adhesiv
Glasskeramer	<ul style="list-style-type: none"> • Oppruing av overflaten med diamant • Luftabrasjon med Al₂O₃ • Etsing av den keramiske overflaten med 5 – 10% flussyre • Silanisering (enten separat eller kombinert i et adhesivsystem) • Påføring av adhesiv
Oksidkeramer	<ul style="list-style-type: none"> • Luftabrasjon vha Al₂O₃, evt. tribokjemisk silica-coating • Påføring av adhesiv med funksjonelle monomerer som f.eks. 10-MDP, evt. silan

Når det gjelder adhesjon til glasskeramiske materialer vil som nevnt silanisering av overflaten føre til en bedre bindestyrke til resin-baserte materialer. Tradisjonelt har dette blitt utført ved å påføre den glasskeramiske overflaten en separat silan-løsning etter etsing med fluss-syre og før påføring av adhesiv, men enkelte universale adhesiver har inkorporert silan i sin løsning (31). Intra-oral etsing med flussyre må utføres med stor forsiktighet på grunn av høy risiko for bløtvevsskade, og bruk av kofferdam og høyvolumsug anbefales sterkt.

Tabell 2 viser anbefalte prosedyrer ved reparasjoner og adhesjon til ulike restaureringsmaterialer.

Kliniske prosedyrer – ets-og-skyll-strategi

Det er først og fremst viktig å følge produsentens bruksanvisning når man utfører en adhesiv prosedyre i klinikken. Det er likevel en del punkter som kan optimaliseres utover det som blir anbefalt av produsentene.

Ved ets-og-skyll-strategien starter en med å etse hele kaviteten som skal restaureres med 30-40% fosforsyre. Friskt dentin skal maksimalt etses 15 sekunder for ikke å demineralisere for dypt. Emalje har ikke denne tidsbegrensingen, det kan derfor være lurt å starte syrepåføringen på emalje før en arbeider seg inn mot dentin. En bør unngå en skrubbebevegelse med børsten i denne etse-fasen, fordi dette kan ødelegge det ønskede etse-relieffet. Etter 15 sekunder skal syren skylles bort med vann, gjerne opp mot 10 sekunder slik at alt demineralisert vev blir fjernet. Deretter lufttørkes kaviteten slik at det etterlates en lett fuktig/glinsende dentinoverflate uten vanndråper.

I neste fase er det ønskelig å omdanne den hydrofile overflaten til en hydrofob natur som er tilpasset det resinbaserte adhesivet sine egenskaper. Dette oppnås med en separat primer eller en selvprimende adhesiv som påføres med en skrubbebevegelse i minst 15 sekunder. Dette for å være sikker på at hele den demineraliserte sonen blir impregnert. Etter endt applisering, må overflaten lufttørkes slik at løsningsmiddelet fordamper. Innholdet av løsningsmiddel i primere og all-in-one-adhesiver er høyt, i enkelte produkter opp mot 80 vekt% (32), og flyktige alkoholer som aceton og etanol er ofte brukt sammen med vann. Rester av løsningsmiddel vil påvirke hybridlaget og dermed adhesjonen negativt, og det er derfor ønskelig med en mest mulig fullstendig fordampning (33). Luftblåsing i 15-30 sekunder er antydnet i litteraturen som ønskelig for å få en god og holdbar binding over tid (34). Enkelte produsenter anbefaler i sine bruksanvisninger å luftblåse helt til man ikke ser væskebevegelse i overflaten.

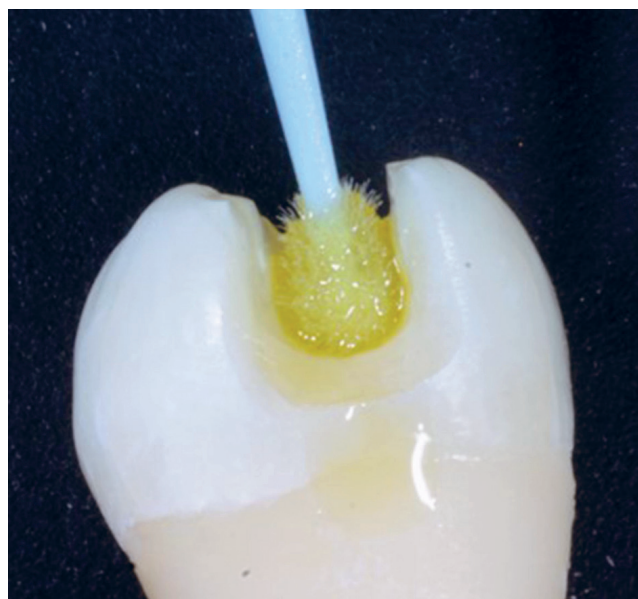
Ved bruk av 3-trinns ets-og-skyll-adhesiver påføres til slutt det hydrofobe resinlaget i et jevnt og ikke altfor tynt lag ved hjelp av

skrubbebevegelser i 10-15 sekunder og lett luftblåsing. Deretter lysherdes adhesivlaget etter produsentens anbefaling.

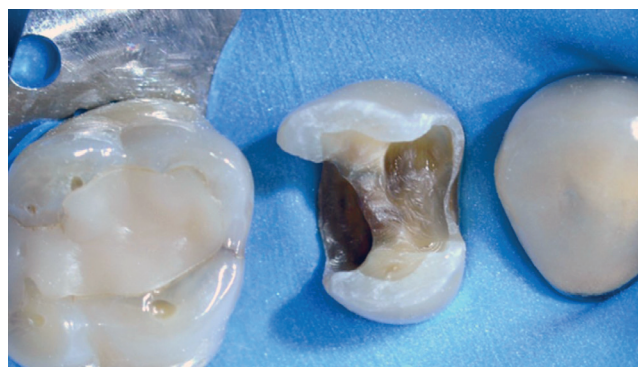
Kliniske prosedyrer – selvetsende strategi

Ved selvetsende strategier er det altså ønskelig å selektivt etse emaljen med fosforsyre. Det bør unngås å etse dentin, fordi syren vil demineralisere det ytterste laget av dentin som videre fører til manglende kjemisk binding og mindre stabilt hybridlag (35). Syren skylles bort etter 15 sekunder, og kaviteten luftblåses.

Deretter blir den selvetsende primeren/adhesiven påført med en aktiv applisering i 20 sekunder (figur 3) (36). Etterfylling med pri-



Figur 3. Applisering av adhesiv i en approssimal kavitet. Adhesiven/ primeren påføres tannsubstansen med en aktiv applisering i 20 sekunder, slik at man oppnår en bedre infiltrasjon og kjemisk interaksjon.



Figur 4. Kofferdam. En kofferdamisolert tann med en stor kavitet, klar for å bygges opp med kompositt. Sklerotisk dentin gjør det ønskelig å benytte seg av en ets-og-skyll-strategi der både emalje og dentin blir etset.

mer/adhesiv kan med fordel gjøres i denne fasen. Den lange appliseringstiden begrunnes med at den kjemiske interaksjonen skal få tid til å fullføres (11). For å få fjernet rester av løsningsmiddelet er det også viktig å luftblåse dentinoverflaten i minst 10 sekunder.

Lysherdings etter produsentens anbefaling gjøres enten direkte, eller helst etter påføring av et hydrofobt resin-lag.

Kompatibilitet adhesiv - restaureringsmateriale

Ved bruk av kompositt fyllingsmaterialer blir det ofte i bruksanvisningen anbefalt å bruke et adhesiv-system fra samme produsent for å få best mulig bindestyrke og holdbarhet av den ferdige restaureringen. Flere kliniske studier viser at man kan benytte adhesiver og kompositter fra ulike produsenter, så lenge begge materialene er metakrylat-basert (som de fleste systemer fremdeles er) (37). Det er derimot rapportert inkompatibilitet mellom materialer med ulik resin-teknologi, som for eksempel det epoxy-baserte kompositt-materialet Silorane (3M) og metakrylat-baserte adhesiv-systemer. I tillegg er det påvist inkompatibilitet mellom kjemisk og dualherdende kompositter og forenklede selvetsende adhesiver (38) grunnet sure restmonomerer i adhesivsystemet som kan hemme den kjemiske polymeriseringsreaksjonen i komposittmaterialet. For å unngå dette problemet har enkelte produsenter lansert såkalte aktivatorer, enten som en separat flaske eller inkorporert i adhesivet.

Fuktighetskontroll

All kontaminering vil svekke bindingsstyrken. Hvor mye er avhengig av hvor langt i prosedyren en er kommet. For å oppnå en god og holdbar binding mellom tannsubstans og adhesiv er det nødvendig med en overflate fri for kontaminanter som saliva (39), blod (40), vevsvæsker og olje fra roterende instrumenter. God fuktighetskontroll er derfor kritisk. De vanligste metodene for å oppnå

dette i praksis er å benytte seg av sug, bomullsruller eller parotislapper, men studier viser at en riktig montert kofferdamduk er den beste måten å oppnå fuktighetskontroll (41) (figur 4).

Dersom en kontaminering likevel skulle skje under den adhesiv-prosedyren er en dekontamineringsstrategi viktig, selv om dette ikke vil reetablere opprinnelig bindestyrke fullstendig. I litteraturen anbefales vannspyling, påfølgende luftblåsing og reapplisering av primer/adhesiv som et generelt tiltak (39,42). Dersom vi bare forholder oss til emalje på den kontaminerte overflaten, kan man gå helt tilbake til etsetrinnet før reappliseringen av primer/adhesiv.

Oppsummering

Det er viktig med et bevisst og individuelt begrunnet valg av adhesivsystem, hovedsakelig basert på hvordan vi ønsker å behandle dentinet. Studier viser for eksempel fordelene ved å etse en sklerotisk dentinoverflate, mens en selvetsende strategi gir mindre postoperative symptomer ved dype kaviteter.

Mens emalje alltid bør etses, kan man på dentin velge mellom en ets-og-skyll eller en selvetsende strategi. Man bør derfor ha adhesivsystem for begge disse strategiene tilgjengelig, enten i form av rene ets-og-skyll-adhesiver, rene selvetsende adhesiver, eller universale adhesiver som kan brukes i begge modaliteter. I tillegg kan enkelte adhesivsystemer inneholde spesielle monomerer og andre molekyler som kan fasilitere binding til andre restorative materialer.

Foruten en maksimal etsetid av dentin på 15 sekunder, er det ellers ingen tid å spare ved en adhesivprosedyre. Man skal forholde seg til bruksanvisningen. Å øke tiden for bortskylning av syre (minst 10 sekunder), luftblåsing av primer (15-30 sekunder) og lysherdings har vist seg å bedre holdbarheten av bindestyrken.

Fuktighetskontroll er viktig for å unngå kontaminering av bindeflaten og for å beskytte mot uønsket eksponering av omkringliggende vev.

REFERANSER

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. Fusayama T, Nakamura M, Kurosaki N et al. Non-pressure adhesion of a new adhesive restorative resin. *J Dent Res* 1979;58:1364-70
3. Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *J Biomed Mater Res* 1982;16:265-73
4. Van Meerbeek B, Yoshihara K, Van Landuyt K et al. From Buonocore's Pioneering Acid-Etch Technique to Self-Adhering Restoratives. A Status Perspective of Rapidly Advancing Dental Adhesive Technology. *J Adhes Dent* 2020;22:7-34
5. Perdigão J, Araujo E, Ramos RQ et al. Adhesive dentistry: Current concepts and clinical considerations. *J Esthet Restor Dent* 2021;33:51-68
6. Yamauchi K, Tsujimoto A, Jurado CA et al. Etch-and-rinse vs self-etch mode for dentin bonding effectiveness of universal adhesives. *J Oral Sci* 2019;61:549-53
7. De Paris Matos T, Perdigão J, de Paula E et al. Five-year clinical evaluation of a universal adhesive: A randomized double-blind trial. *Dent Mater* 2020;36:1474-85
8. Ma KS, Wang LT, Blatz MB. Efficacy of adhesive strategies for restorative dentistry: A systematic review and network meta-analysis of double-blind randomized controlled trials over 12 months of follow-up. *J Prosthodont Res* 2023;67:35-44
9. Moura SK, Reis A, Pelizzaro A et al. Bond strength and morphology of enamel using self-etching adhesive systems with different acidities. *J Appl Oral Sci* 2009;17:315-25
10. 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
11. Hardan L, Bourgi R, Kharouf N et al. Bond strength of universal adhesives to dentin: A systematic review and meta-analysis. *Polymers* 2021;13:814
12. Stape THS, Viita-Aho T, Sezinando A et al. To etch or not to etch, Part II: On the hydrophobic-rich content and fatigue strength of universal adhesives. *Dent Mater* 2022;38:1419-31
13. Han F, Sun Z, Xie H et al. Improved bond performances of self-etch adhesives to enamel through increased MDP-Ca salt formation via phosphoric acid pre-etching. *Dent Mater* 2022;38:133-46

14. Pashley DH, Tay FR. Aggressiveness of contemporary self-etching adhesives. Part II: etching effects on unground enamel. *Dent Mater* 2001;17:430-44
15. Reis A, Moura K, Pellizzaro A et al. Durability of enamel bonding using one-step self-etch systems on ground and unground enamel. *Oper Dent* 2009;34:181-91
16. Talan J, Gupta S, Nikhil V et al. Effect of mechanical alteration of enamel surface on shear bond strength of different bonding techniques. *J Conserv Dent* 2020;23:141-4
17. Ermis RB, De Munck J, Cardoso MV et al. Bonding to ground versus unground enamel in fluorosed teeth. *Dent Mater* 2007;23:1250-5
18. Perdigão J. Dentin bonding – Variables related to the clinical situation and the substrate treatment. *Dent Mater* 2010;26: e24-37
19. Assis P, Silva C, Nascimento A et al. Does acid etching influence the adhesion of universal adhesive systems in noncarious cervical lesions? A systematic review and meta-analysis. *Oper Dent* 2023;48:373-90
20. Kwong SM, Cheung GSP, Kei LH et al. Micro-tensile bond strengths to sclerotic dentin using a self-etching and a total-etching technique. *Dent Mater* 2002;15:359-69
21. Wang J, Song W, Zhu L et al. A comparative study of the microtensile bond strength and microstructural differences between sclerotic and normal dentine after surface pretreatment. *BMC Oral Health* 2019;19:216
22. Lima JFM, Wajngarten D, Islam F et al. Effect of adhesive mode and chlorhexidine on microtensile strength of universal bonding agent to sound and caries-affected dentins. *Eur J Dent* 2018;12:553-8
23. Josic U, Maravic T, Mazzitelli C et al. Is clinical behavior of composite restorations placed in non-carious cervical lesions influenced by the application mode of universal adhesives? A systematic review and meta-analysis. *Dent Mater* 2021;37:e503-e521
24. Taira J, Ikemoto T, Yoneya T et al. Essential oil phenyl propanoids. Useful as .OH scavengers? *Free Radic Res Commun* 1992;16:197-204
25. Koch T, Peutzfeldt A, Malinovsky V et al. Temporary zinc oxide-eugenol cement: eugenol quantity in dentin and bond strength of resin composite. *Eur J Oral Sci* 2013;121:363-9
26. Kim S, Choi Y, Park S. Effect of an aluminum chloride hemostatic agent on the dentin shear bond strength of a universal adhesive. *Restor Dent Endod* 2023;48:e14
27. Lehmann F, Kern M. Durability of resin bonding to zirconia ceramic using different primers. *J Adhes Dent* 2009;11:479-83
28. Matinlinna JP, Vallittu PK. Bonding of resin composites to etchable ceramic surfaces - an insight review of the chemical aspects on surface conditioning. *J Oral Rehabil* 2007;34:622-30
29. Lümkmann N, Schönhoff LM, Buser R et al. Effect of Cleaning Protocol on Bond Strength between Resin Composite Cement and Three Different CAD/CAM Materials. *Materials* 2020;13:4150
30. Wolfart M, Lehmann F, Wolfart S et al. Durability of the resin bond strength to zirconia ceramic after using different surface conditioning methods. *Dent Mater* 2007;23:45-50
31. Yao C, Yu J, Wang Y et al. Acidic pH weakens the bonding effectiveness of silane contained in universal adhesives. *Dent Mater*. 2018;34:809-18
32. Reis AF, Oliveira MT, Giannini M et al. The effect of organic solvents on one-bottle adhesives' bond strength to enamel and dentin. *Oper Dent* 2003;28:700-6
33. Ekambaram M, Yiu CK, Matinlinna JP. An overview of solvents in resin-dentin bonding. *Int J Adhes Adhes* 2015;57:22-33
34. Saikaew P, Fu J, Chowdhury AFMA, Carvalho RM et al. Effect of air-blowing time and long-term storage on bond strength of universal adhesives to dentin. *Clin Oral Investig* 2019;23:2629-35
35. Van Landuyt KL, Kanumilli P, De Munck J et al. Bond strength of a mild self-etch adhesive with and without prior acid-etching. *J Dent* 2006;34:77-85
36. Yoshihara K, Yoshida Y, Hayakawa S et al. Nanolayering of phosphoric acid ester monomer on enamel and dentin. *Acta Biomater* 2011;7:3187-95
37. Sabatini C, Campillo M, Hoelz S et al. Cross-compatibility of methacrylate-based resin composites and etch-and-rinse one-bottle adhesives. *Oper Dent* 2012;37:37-44
38. Sanares AM, Itthagarun A, King NM et al. Adverse surface interactions between one-bottle light-cured adhesives and chemical-cured composites. *Dent Mater* 2001;17:542-56
39. Bolme J, Gjerdet NR, Laegreid T. Effect of saliva contamination on the bond strength of single-step and three-step adhesive systems. *Eur J Oral Sci* 2022;130:e12838
40. Chang SW, Cho BH, Lim RY et al. Effects of blood contamination on microtensile bond strength to dentin of three self-etch adhesives. *Oper Dent* 2010;35:330-6
41. Falacho RI, Melo EA, Marques JA et al. Clinical in-situ evaluation of the effect of rubber dam isolation on bond strength to enamel. *J Esthet Restor Dent* 2023;35:48-55
42. Bourgi R, Cuevas-Suarez CE, Devoto W et al. Effect of contamination and decontamination methods on the bond strength of adhesive systems to dentin: A systematic review. *J Esthet Restor Dent* 2023 Jul 3

ENGLISH SUMMARY

Læg Reid T, Paulseth T, Lund A.

Clinical aspects of dental adhesion

Nor Tannlegeforen Tid. 2024; 134: 604-10.

There is a plethora of dental adhesive products on the market today, and it can be challenging to know which system to use and how to handle them. The clinical decision making should be made on an individual basis, and mainly based on how we want to treat the dentin.

While etching of the enamel is generally recommended, the dentin can either be treated with an etch-and-rinse- or a self-etching strategy. Due to variations in quality of the dentin, adhesive systems for both strategies should be available, either in the form of etch-and-rinse adhesives, self-etching adhesives, or universal adhesives that can be used in both modalities. In addition, some adhesive sys-

tems may contain special monomers and other molecules that can facilitate bonding to different restorative materials.

Apart from a maximum etching time of 15 seconds on dentin, there are otherwise no shortcuts when doing an adhesive procedure. The manufacturers instructions should be followed. Increasing the time for rinsing the acid (at least 10 seconds), primer air drying (30–60 seconds) and light curing has been shown to improve the clinical performance.

Any contamination of the working area will weaken the bond strength, and adequate moisture control is important.