



Thomas Jacobsen.

THOMAS JACOBSEN, leg tandläkare, odont dr, Folk tandvården vid Rörstrand, Lidköping

Faktorer som påverkar möjligheterna att etablera bindning till dentin

○ Möjligheten att binda metakrylatbaserade fyllningsmaterial och cement till emalj och dentin har blivit en viktig del av modern reparativ tandvård. Medan en väl fungerande emaljbindning utvecklades redan på 1950-talet har bindning till dentin visat sig vara svårare att etablera. Metoden är mer teknikkänslig och resultatet är inte heller lika beständigt.

Den 26 september 2003 försvarade tandläkare Thomas Jacobsen sin doktorsavhandling med titeln *"Bonding of resin to dentin – interactions between materials, substrate and operators"* vid avdelningen för oral biokemi, Sahlgrenska akademien vid Göteborgs universitet. Fakultetsopponent var professor Paul Lambrechts, Leuven, Belgien. Handledare har varit professor Karl-Johan Söderholm, Gainesville, FL, USA samt professor Anders Linde, Göteborg.

I avhandlingen har faktorer studerats som antas påverka möjligheterna att etablera bindning till dentin.

AUTOREFERAT



GODKÄNT FÖR PUBLICERING 3 NOVEMBER 2003

Moderna dentinadhesiser består i princip av tre fundamentala komponenter, en syra som demineraliserar ytan, en primer som ger förutsättning för vätning samt ett bindningsresin som möjliggör polymerisation och samtidigt skapar en film på dentinets yta. Dessa tre grundkomponenter kan kombineras på ett antal olika sätt. Därför finns det olika produkter på marknaden som består av en eller flera flaskor. (Figur 1 a och b.) Skälen till att minska antalet steg i behandlingen är oftast att man vill förenkla hanteringen och förkorta appliceringstiden. De ursprungliga systemen med separat etsning, primer-behandling och applicering av bindningsresin är väl beprövade och ger en bra kontroll av varje behandlingssteg. Därför har vi i huvudsak använt oss av sådana system i våra studier.

Även om många bindningsmekanismer föreslagits genom åren är det i dag allmänt accepterat att bindningen av adhesiver till dentin i huvudsak baseras på mikromekanisk retention. Syraetsning av dentinytan öppnar dentinkanalernas mynnigar och exponerar ett tunt nätverk av i huvudsak kollagen. Genom att infiltrera den demineraliserade ytan med en lämplig blandning av monomerer som sedan polymeriseras skapas förutsättningar för adhesion. Den struktur som utgörs av infiltrerat kollagen kallas ofta hybridlager.

Målsättningen är att adhesiven ska ersätta den hårdvävnad som löses ut i samband med etsningen. Om bindningsmaterialet inte kan penetrera genom hela det demineraliserade skiktet skulle blottlagda kollagena fibrer kunna brytas ned med tiden och bindningen skulle försvagas. Även på kort sikt kan en otillräcklig infiltration påverka bindningskvaliteten. Det är dock inte bara penetrationsdjupet som påverkar kvaliteten i bindningen. Även polymerens egenskaper inverkar på limfogens egenskaper. En förutsättning för en stabil bindning är att adhesiven härddas på ett tillfredsställande sätt.

Sammanfattningsvis tycks bindningen vara beroende av två huvudsakliga variabler; infiltration samt polymerens kvalitet. Avhandlingens olika delarbeten syftade dels till att klarlägga hur dessa variabler påverkar bindningen till dentin, men även hur operatören påverkar processen.

Delarbete I: Morfologisk jämförelse mellan limfogar till dentin skapade *in vivo* respektive *in vitro*

I det första delarbetet jämfördes limfogar som skapats till dentin *in vivo* respektive *in vitro*. De flesta studier som rör dentinbindning utförs på extraherade tänder. En naturlig frågeställning är om de är relevanta eller inte? Kan adhesiven infiltrera den demineraliserade ytan trots förekomsten av dentinvätska?

FIGUR 1 A OCH B. Moderna dentinadhesiser består i princip av tre komponenter; en syra, en primer samt ett bindningsresin (A). Dessa tre komponenter kan kombineras på ett antal olika sätt. Därför finns det produkter på marknaden som består av en eller flera flaskor (B).



1 a

1 b



Produktexempel:

EBS Multi
Optibond FL
Scotchbond MP

One Step
Prime&Bond NT
Scotchbond 1

Adhese
Prompt L-Pop
Xeno III

I studien användes premolarer som skulle extraheras av ortodontiska skäl. En plan dentinyta preparerades genom att man slipade den buckala kusen. Ytan behandlades sedan med några olika typer av dentinadhesiser. Tack vare att man använde kontralaterala premolarer kunde försöket utföras på samma individ både före och efter extraktion. De extraherade tänderna frakturerades i en rät vinkel mot den behandlade ytan och bindningsfogarna granskades under ett svepelektronmikroskop.

Det visade sig att dentinadhesiser kan penetrera ner i dentinkanalerna och skapa ett hybridlager även i vitalt dentin. Morfologiskt kunde ingen skillnad noteras mellan limfogar som skapats *in vivo* respektive *in vitro*. Man bör dock vara medveten om att morfologiska studier inte kan ge en fullständig bild av bindningens kvalitet. Det kan inte uteslutas att det råder olika förutsättningar *in vitro* och *in vivo*; till exempel variationer i härdningsgrad. Kliniska studier är därför nödvändiga för att vi ska få en mer fullständig bild av materialets egenskaper.

Delarbete II:

Effekten av vatten på bindningen till dentin

Adhesivens möjlighet att infiltrera kollagenet påverkas av ett flertal faktorer; exempelvis tid, temperatur, val av monomerer samt vilket lösningsmedel som används. I det andra delarbetet studerades effekten av olika applikationstider för en

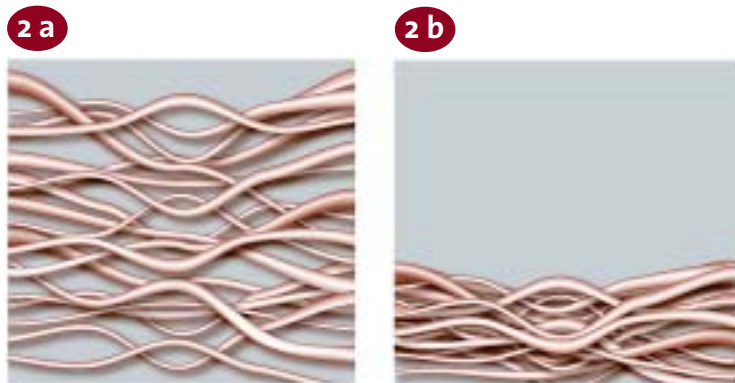
primer samt om valet av vatten eller aceton som lösningsmedel påverkar bindningen.

För att kunna studera enstaka variabler valde vi att använda experimentella material med separat ets, primer och bindningsresin. I försöket varierades innehållet i primern genom att monomeren löstes antingen i vatten eller i aceton. Vatten och aceton skiljer sig avsevärt vad beträffar ångtryck; det vill säga förmågan att förångas och vi kan förvänta oss att skillnaden påverkar bindningen. Förutom att variera lösningsmedlet användes även två olika applikationstider för primer, 30 respektive 120 sekunder.

I korthet gick experimentet till så här:

- Dentinytor planslipades och etsades med forsforsyra.
- Efter sköljning sögs överskottsvatten upp med ett filterpapper så att ytan kunde behållas fuktig.
- Den vatten- eller acetonbaserade primern applicerades i antingen 30 eller 120 sekunder och torkades sedan med tryckluft i 3 sekunder.
- Ytan som behandlats med primer täcktes med ett tunt skikt av bindningsresin som ljushärdades.
- Slutligen byggdes en cylinder av komposit upp vinkelrätt mot dentinytan.
- Bindningsstyrkan mellan komposit och dentin testades efter 30 dagars lagring i vatten.

Resultatet visade att den acetonbaserade primern gav högst bindningsstyrka oberoende av applikationstid. Längre applikationstid förbättrade bindningen för den vattenbaserade primern men resultatet var fortfarande sämre än för aceton. Man kan anta att aceton på grund av sitt höga ångtryck ökar monomerens infiltrationshastighet in i kollagennätet. Det tycks alltså som om graden av monomerinfiltration kan påverka bindningen till dentin.



FIGUR 2 A OCH B. Dentinytan ska helst hållas fuktig efter etsning och sköljning för att bindningen ska bli optimal (A). Kollagennätet tenderar att falla ihop om ytan torrläggs (B).

Men varför är vatten i det här försöket fortfarande underlägset aceton, trots en lång applikationstid? Genom att vi dels använder oss av en fuktig dentinyta men också tillsätter ytterligare vatten som lösningsmedel kan det finnas en risk för att avdunstningen av vattnet blir ofullständig i samband med torrblåstringen av primern. En viss mängd vatten skulle kunna finnas kvar i adhesiven i samband med att den härdas. Vi beslöt oss därför för att studera hur vatten påverkar polymerisationen av adhesiven. Genom att tillsätta ökade mängder vatten till ett experimentellt bindningsresin kunde vi med ir-spektroskopering konstatera att polymerisationen påverkas markant.

Det är rimligt att anta att de sämre resultaten med den vattenbaserade primern beror på att vatten hindrar en god polymerisation. Av allt att döma påverkas dentinbindning inte bara av hur väl adhesiven diffunderar in i tandytan utan också av hur väl den polymeriserar. Torkningen av primern är följaktligen viktig att beakta i det kliniska arbetet.

Delarbete III:

Effekter av olika primers och applikationssätt på bindning till dentin med olika fuktighetsgrad

Man har i tidigare undersökningar kunnat konstatera att dentinytan helst ska hållas fuktig efter etsning och sköljning för att bindningen ska bli optimal. Bakgrunden till detta är att kollagennätet tenderar att falla ihop om ytan torrläggs (fig 2 a och b). Eftersom avståndet mellan de kollagena fibrerna reduceras vid torkning minskar också möjligheterna att infiltrera nätstrukturen med adhesiven. Många kliniker har insett svårigheterna i att skapa en lagom fuktig yta i hela kaviteten. Speciellt problematiskt blir det naturligtvis i små och trånga eller komplexa kaviteter där möjligheterna att inspektera kavitetväggarna är begränsade. Det är därför av intresse att studera hur olika adhesiver fungerar på torrt respektive fuktigt dentin.

I detta delarbete varierade vi den etsade dentinytans behandling. Antingen hölls ytan fuktig med samma teknik som i delarbete ii eller så torkades den torr med hjälp av tryckluft. I det förra delarbetet kunde vi konstatera att torkningen av primern var en viktig faktor för att uppnå en optimal bindning. Efter en mindre pilotstudie beslöt vi oss för att dubbla torkningstiden för att maximera avdunstningen av vatten och på det sättet förbättra polymerisationen. Dessutom varierade vi appliceringstekniken. Om diffusionen av primern är en viktig faktor borde rörelseenergi, det vill säga tekniken att man gnuggar primern på ytan, förbättra bindningskvaliteten. Appliceringstiden var 30 sekunder för samtliga grupper. Försöket liknade i övrigt det som beskrivits under delarbete ii.

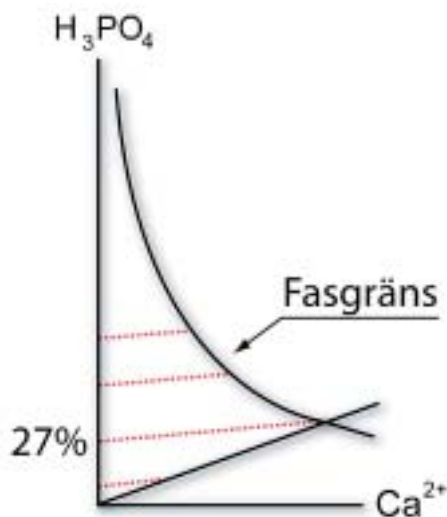
Av resultaten kunde vi dra några intressanta slutsatser: Om primern gnuggades in i ytan var vatten ett lika bra lösningsmedel som aceton. Detta skiljer sig från resultaten i delarbete ii och är troligen en effekt av att vi förlängde torkningstiden. Dentinytans fuktighet visade sig också ha stor betydelse för resultatet. Den acetonbaserade primern fungerade tillfredsställande enbart på fuktigt dentin. Den vattenbaserade primern fungerade däremot lika oavsett om dentinet var fuktigt eller torrt. Detta är egentligen inte förvånande eftersom det tidigare visat sig att vatten har en förmåga att få ett kollapsat kollagenskikt att expandera och på det sättet underlätta diffusionen av adhesiven.

Sammanfattningsvis tycks det alltså som acetonbaserade system är mindre känsliga för torkningstiden medan de i stället kräver att vi kan kontrollera fuktighetsgraden på dentinytan. Vattenbaserade system är å andra sidan inte alls känsliga för variationer i fuktighet hos dentinytan så länge de gnuggas in i dentinet under 30 sekunder. De kräver dock i stället noggrann torkning för att inte vattnet ska påverka polymerisationen. Det går uppenbarligen att prestera god bindning med båda systemen bara man vet hur de ska hanteras.

Delarbete iv: Frisättningen av kalcium från dentin efter etsning med fosforsyra

Infiltrationen av adhesiven får antas var beroende av avståndet mellan kollagenfibrerna men också av kollagenskiktets tjocklek och följaktligen graden av demineralisation. Risken för att infiltrationen blir ofullständig skulle kunna öka i samband med mer omfattande demineralisation. I det fjärde delarbetet studerade vi effekten av olika koncentrationer av fosforsyra och etstider på frisättningen av kalcium ur dentin. Vi försökte också hitta ett samband mellan hur mycket kalcium som löses ut och bindingsstyrkan mellan dentin och komposit.

För många syror gäller ett linjärt samband mellan kalciumfrisättning från hydroxylapatit och syrakoncentration; det vill säga ju högre koncentration av syra desto mer kalcium frisätts. Detta samband gäller inte för fosforsyra. Data som ursprungligen publicerades i början av 1900-talet visar att fosforsyra har sin största effekt kring 27 viktsprocent. Koncentrationer över eller under detta ger successivt mindre frisättning. Förhållandet kan illustreras med ett förenklat fasdiagram (fig 3). De streckade linjerna illustrerar olika koncentrationer av fosforsyra. När hydroxylapatit löses i varierande koncentrationer av fosforsyra kommer mängden fritt kalcium att öka enligt de streckade linjerna. Så småningom kommer koncentrationen av kalcium att bli så hög att det bildas



FIGUR 3. Med ett förenklat fasdiagram kan man illustrera att fosforsyra har sin största effekt kring 27 viktsprocent. Koncentrationer över eller under detta ger successivt mindre frisättning. De streckade linjerna illustrerar olika koncentrationer av fosforsyra.

utfällningar i lösningen och reaktionshastigheten avtar. Detta sker när de streckade linjerna når fasgränsen. Ju högre och lägre koncentration av fosforsyra man använder jämfört med 27 viktsprocent desto snabbare når man fasgränsen. I samband med sköljning bör både syran, fritt kalcium och utfällningarna avlägsnas. Nyligen publicerade resultat antyder att en för kort sköljtid efter etsning kan försämra bindningen både till emalj och dentin. Förklaringen kan mycket väl vara att utfällningar på ytan hindrar eller försvårar diffusionen av adhesiven in i den etsade tandytan.

I detta delarbete ville vi undersöka om samma principer som för hydroxylapatit gäller även för lösligheten av dentin i fosforsyra. I dentin finns buffrande komponenter som skulle kunna påverka resultatet.

Standardiserade provkroppar av dentin framställdes och placerades i olika koncentrationer av fosforsyra under varierande tidsperioder. Dessa sköljdes slutligen i vatten. Koncentrationen av kalcium i syran respektive de olika sköljvattnen mättes med hjälp av atomabsorption. Vi kunde konstatera att frisättningen av kalcium från dentin följer samma mönster som beräknats för ren hydroxylapatit. När vi sedan mätte bindingsstyrkan till dentin som etsats med samma koncentrationer av fosforsyra som ovan (och under lika långa tider) kunde vi inte hitta något samband mellan kalciumfrisättning och bindingsstyrka.

Resultaten antyder att det är svårt att överetsa dentin. Möjligen kan sköljtiderna vara en viktigare faktor i jämförelse med etstider och syrakoncentration. Medan etstider oftast är angivna i bruks-

anvisningarna för olika produkter finns det sällan eller aldrig någon rekommendation när det gäller sköljtids. I studien fastslogs det att det mesta av allt fritt kalcium hade avlägsnats efter 30 sekunders sköljning med vatten. Detta resultat går dock inte att översätta direkt till kliniken eftersom vi inte använde vattenblåstring utan sköljde dentinet genom att flytta provkropparna mellan olika vattenbad. En annan studie, där man använt radioaktiv fosforsyra och en kliniskt mer relevant sköljetechnik, har dock visat att sköljning i 15 sekunder krävs för att avlägsna alla rester av kalcium från ytan.

Delarbete v: Effekten av olika adhesiver på operatörsvariationer

Om man granskar litteraturen finner man att resultatet vid testning av adhesiver kan variera mellan olika studier. Detta beror troligen inte bara på valet av mätmetod eller produkt utan också på olika individers varierande förmåga att hantera materialet. Det är viktigt att det utvecklas nya produkter som inte bara fungerar i händerna på ett fåtal individer utan även kan användas under kliniskt realistiska förhållanden av de flesta tandläkare.

Syftet med denna studie var att studera hur olika adhesivsystem påverkar variationerna i resultat mellan olika operatörer. I tidigare delarbeten kunde vi ju konstatera att vatten- och acetobaserade system har olika förutsättningar att fungera dels beroende på hanteringen av materialen och dels beroende på dentinytans fuktighetsgrad. Det vore därför av intresse att se om dessa påverkade operatörsvariationerna. Följaktligen användes de två adhesiver som studerats i delarbeten ii och iii. På senare tid har nya förenklade typer av adhesiver lanserats. Dessa självetsande system verkar få en allt större marknadsandel. I litteraturen har det antytts att enklare system skulle kunna minska teknikkänsligheten. Av detta skäl tog vi även med en sådan produkt i studien.

Sju erfarna tandläkare applicerade de tre adhesivsystemen i standardiserade, cirkulära dentinkaviteter (fig 4). Operatörernas hantering av materialen registrerades och avvikelser från bruksanvisningarna noterades. En av författarna fyllde sedan kaviteterna med komposit som sedan ljushärdades. Anslutningarna mellan dentin och komposit inspekteras med ett konfokalmikroskop. Bredden på eventuella spalter mättes och ställdes i relation till kavitetens diameter.

Resultaten visade att endast ett fåtal anslutningar var helt intakta. I litteraturen hittar vi flera studier som visat att anslutningen mellan dentin och komposit sällan är helt tät. Det fanns ingen skillnad i genomsnittlig spaltbredd mellan de olika adhesivsystemen men den förenklade självetsande adhesiven minskade operatörsvariationerna jäm-



FIGUR 4. Sju erfarna tandläkare applicerade tre adhesivsystem i standardiserade, cirkulära dentinkaviteter. Operatörernas hantering av materialen registrerades och avvikelser från bruksanvisningarna noterades.

fört med de två andra mer komplexa systemen. Även om våra kunskaper om de nya förenklade adhesivernas tillförlitlighet är begränsade tycks det ändå som de skulle kunna minska teknikkänsligheten.

En vidare analys av resultaten visade att operatören är en viktigare variabel jämfört med valet av adhesivsystem. Korrekt hantering och förståelse för materialens egenskaper är alltså viktiga faktorer för att vi ska nå framgång med bindning till dentin.

Delarbeten

- I. Jacobsen T, Finger WJ. Morphology of coupling sites between bonding agents and dentine *in vivo* and *in vitro*. *J Dent* 1993; 21: 150–7.
- II. Jacobsen T, Söderholm KJ. Some effects of water on dentin bonding. *Dent Mater* 1995; 11: 132–6.
- III. Jacobsen T, Söderholm KJ. Effect of primer solvent, primer agitation, and dentin dryness on shear bond strength to dentin. *Am J Dent* 1998; 11: 225–8.
- IV. Jacobsen T, Söderholm KJ, Garcea I, Mondragon E. Calcium leaching from dentin and shear bond strength after etching with phosphoric acid of different concentrations. *Eur J Oral Sci* 2000; 108: 247–54.
- V. Jacobsen T, Söderholm KJ, Yang M, Watson TF. Effect of composition and complexity of dentin-bonding agents on operator variability – Analysis of gap formation by confocal microscopy. *Eur J Oral Sci* 2003; 111: in press.

Adress:

Thomas Jacobsen, Vålmgatan 1, 531 42 Lidköping
E-post: thomas.jacobsen@dental.pp eller
thomas.jacobsen@vgregion.se