

# Snaga adhezije novijih dentinskih vezivnih sistema

Vladimir Ivanović

Klinika za bolesti zuba  
Stomatološki fakultet  
Univerziteta u Beogradu

## Bond Strength of Newer Dentine Adhesive Systems

### Sažetak

*Uvođenje novih dentin-adhezivnih sistema u stomatološku praksu, raznolikost rezultata ispitivanja njihovih najvažnijih osobina u stranoj i nedostatak podataka u domaćoj stručnoj literaturi, nameće potrebu za sprovođenjem sopstvenih istraživanja ovih sistema naučno priznatim metodima, kako bi se praktičarima omogućio i olakšao realan izbor.*

*Cilj ovog rada je bio da se utvrdi snaga adhezije karakterističnih predstavnika dentin-bonding sistema za tretirani dentin humanih zuba, neposredno nakon završene svetlosne polimerizacije kompatibilnog kompozitnog materijala.*

*U in vitro uslovima merena je otpornost na smicanje i istezanje sledećih dentin-adheziva: Triptona, Gluma-e, Scotchbond-2 i Dentin Protectora. Kontrolni materijal je bio glas-jonomer cement za podloge, Vitrabond. Korišćeni su ekstrahovani premolari obe vilice. Aplikacija adhezivnog sistema rađena je i sa okluzalne i sa bukalne preparisane strane krunice ovih zuba.*

*Rezultati su pokazali da: a) vrednosti otpornosti na smicanje kreću se od 2,01–3,92 MPa, a između testiranih sistema nema značajne razlike; b) otpornost na istezanje kreće se od 13,7–26,84 MPa; najveću vrednost poseduje Scotchbond-2, nešto manju Gluma, a statistički značajno manje vrednosti pokazali su Tripton i Dentin Protector; c) strana krunice zuba nije imala značajnog uticaja na merene vrednosti, osim što je otpornost na smicanje za Gluma-sistem bila statistički značajno veća na bukalnoj nego na okluzalnoj strani zuba; d) dentin adhezivi, koji svojim kiselim komponentama rastvaraju i čiste razmazani sloj sa površine dentina, imaju bolju adhezivnu moć od dentin-bondinga koji ovaj detritusni sloj ostavljaju na preparisanom dentinu.*

*Ključne reči: adhezija, dentin, otpornost na smicanje, otpornost na istezanje*

Acta Stomatologica Croatica  
1991; 25:83–89

IZVORNI  
ZNAJSTVENI RAD

UDK 616.314–08  
CODEN: ASCRBK  
YUISSN: 0001–7019  
Priljeno: 17. svibnja 1990.  
Prihvaćeno: 3. lipnja 1991.

## Uvod

Rubno zatvaranje i adhezivnost za zidove kaviteta je verovatno najaktuelniji problem u tehnologiji rada sa materijalima za trajne zubne ispune. Novije generacije svetlosno-polimerizujućih kompozita učinile su značajan korak napred primenom kiselinskih nagrizanja gleđi, uz aplikovanje međusloja niskoviskozne vezujuće smole.

No slab ivični pripoj ostaje u svim situacijama gde se jedan ili više rubova kaviteta nalaze u dentinu ili cementu zuba. To je uvek u slučajevima klinastih erozija i svih karijesa sa gingivalnim zidom ispod gledno-cementne granice (II. i V. klasa po Blacku). Još značajnija činjenica jeste nastanak mikropukotine između dentinskih zidova kaviteta i kompozitnog ispuna usled polimerizacione konstrukcije ovih materijala, bez obzira što mnogi proizvođači tvrde da se kompoziti i hemijski vezuju za dentin, te na taj način poboljšavaju adhezivnost ispuna.

Rešavajući navedene probleme savremena tehnologija je iznašla i uvela u stručnu praksu sisteme koji obezbeđuju pojačanu vezu između dentina zuba i kompozita na bazi hemijskog vezivanja komponenata dentina i aplikovanog sistema, nazivajući ih dentin-adhezivima ili dentin-bonding agensima. Uz primenu mikrotencije preko nagrižene gleđi, ovi sistemi treba da obezbede znatno jaču adhezivnost ispuna, što bi značajno štedelo zubnu supstancu, jer se ne bi primenjivala klasična preparacija za gingivalne dekte V. klase i uspešno bi se odupirali silama polimerizacione kontrakcije kompozitnog materijala (1).

Tokom preparisanja dentina svim rotirajućim, a čak i ručnim instrumentima, stvara se takozvani »razmazni sloj«, sačinjen od čestica dentinog detritusa izmešanog sa prisutnim fluidima (2). Ovaj sloj prekriva površinu sečenog dentina potpuno oblitiše otvore dentinskih kanalića, a nije ga moguće ukloniti uobičajenim sredstvima a toaletu kaviteta (3). Pored toga što razmazni sloj može biti depo različitih mikroorganizama (4), on sigurno remeti adhezivnost materijala za zidove kaviteta (5).

Stoga su dentin-adhezivni sistemi, koji su danas u primeni, tehnološki rešeni na tri osnovna načina: a) svojim komponentama u potpunosti klanjaju razmazni sloj, kao što je slučaj sa Gluma-Cleanserom, a potom hemijski pripremaju dentin za vezivanje sa bond-smolom (Gluma Primer); b) fizički ne rastvaraju i ne uklanjaju detritus razmaznog sloja, ali ga hemijski

pripremaju za reakciju sa bond-smolom (Tripton Primer) i c) kiselinskom komponentom, a to je uvek neka od poliakrilnih kiselina, delimično rastvaraju razmazni sloj, a metakrilatnom komponentom (najčešće beta-hidroksietilmetakrilat – HEMA) pripremaju hemijsko vezivanje za organsku smolu; na ovom principu funkcioniše Scotchprep Primer.

Stručna literatura nije saglasna koji sistem obezbeđuje bolju i snažniju adheziju, a u nas takva istraživanja nisu ni rađena. S druge strane, postojeći radovi koji govore o otpornosti dentin-bonding sistema na sile smicanja i istezanja, u metodologiji primenjuju, nakon završene svetlosne polimerizacije, ili termocikliranje u vlažnoj sredini, ili ostavljanje uzorka na 37°C, tokom različitog vremena, u uslovima apsolutne ili relativne vlažnosti (6, 7, 8). Ovakav način omogućava vezivanje molekula vode za hidrofilne grupe različitih monomera, koji su uvek u sastavu adhezivnih sistema, što menja njihove fizičke osobine, kako u smislu bubrenja, tako i u smislu povećanja njihove otpornosti na sile istezanja ili smicanja (9). Ovaj fenomen sigurno maskira stvarne vrednosti snage adhezivnog sistema da se odupre silama polimerizacione kontrakcije kompozita, koja je inače i najintenzivnija tokom prvih minuta nakon završene svetlosne polimerizacije (10). Stoga je važno da u tom vremenskom razdoblju sistem ima dovoljnu snagu adhezije i spreči nastanak mikropukotine.

Cilj ovog rada bio je da se ustanovi snaga adhezije karakterističnih predstavnika novijih dentin-bonding sistema za tretiran dentin humanih zuba i to neposredno nakon završene svetlosne polimerizacije kompatibilnog kompozitnog materijala.

## Materijal i metod

Testirana su četiri dentin-adhezivna sistema: Tripton, Gluma, Scotchbond-2 i Dentin Protector. Kao kontrola korišćen je svetlosno-polimerizujući glas-jonomer cement za podloge, Vitra-bond. Detalji o materijalima, kompatibilnim kompozitima i ko ih proizvodi prikazani su u tabeli 1.

Snaga adhezije navedenih sistema ispitivana je merenjem njihove otpornosti na smicanje i istezanje sa ravno preparisane površine dentina humanih zuba.

Stotinu humanih ekstrahovanih premolara čuvano je do početka eksperimenta u fiziološkom rastvoru na 4°C, ali ne duže od četiri sedmice.

Po 50 krunica zuba je zbrušeno sa bukalne, odn. okluzalne strane, karbidnim fisurnim svrdlom, visokoturažnom mašinom uz hlađenje vodenim sprejom, sve dok se nije dobila ravna površina eksponiranog dentina prosečnog dijametra oko 6 mm. Preparisani uzorci su isprani mlazom vode i očišćeni sa 2% NaOCl. Ovih stotinu uzoraka podeljeno je u pet grupa, s tim da se svaka grupa sastojala od po 10 uzoraka brušenih sa bukalne i po 10 uzoraka brušenih sa okluzalne strane. Tako je svaki dentin-adhezivni sistem bio aplikovan i testiran na 10 bukalnih i 10 okluzalnih površina krunice zuba.

Nakon sušenja preparisane površine mlazom vazduha bez prisustva vlage i ulja, dentin je tretiran, kondicioniran, odgovarajućim bonding sistemom, tačno po uputstvu proizvođača. Potom je acetatni valjak, promera 4,8 mm i visine 2

mm, prislonjen jednim svojim otvorom na tretiranu površinu, a kroz slobodni otvor valjak je u potpunosti napunjen kompatibilnim kompozitnim materijalom (tab. 1). Preko ispunjenog valjka postavljena je staklena pločica pod stalnim opterećenjem na svojim krajevima od po 1,6 N. Polimerizacija je obavljena halogenim svetlom tokom 40 sekundi, a izvor svetla je bio prislonjen direktno na staklenu pločicu (Heliolux, Vivadent, Liechtenstein).

Tri minuta nakon završene polimerizacije merena je otpornost na smicanje i istezanje na Servo Hydraulic Universal Testin Machine, RDP, Howden Ltd, Um 5/2 (Leamington Spa, Warks, England). Brzina kretanja sile bila je 2 mm/min. Napadna tačka sile pri merenju otpornosti na smicanje bila je neposredno uz liniju spoja kompozitnog valjka sa površinom zuba. Po pet uzo-

Tabela 1. Dentin-adhezivi sa kompatibilnim kompozitnim materijalima

Table 1. Dentine adhesives with compatible composite materials

Adhezivni sistem	(komponente)	Kompozit	Proizvođač
TRIPTON	Primer (poliheksanid)	OPALUX	ICI, Dent. Div.
GLUMA	Cleanser (EDTA) Primer (glutaraldehyd i HEMA)	PEKALUX	Bayer AG
SCHOTCHBOND-2	Primer (maleična kis. I HEMA)	SILUX PLUS	3 M, Dent. Prod.
DENTIN PROTECTOR	(poliuretanski adheziv na bazi izocijanata)	HELIOSIT	Vivadent
kontrolni materijal VITRABOND	(glas-jonomer base-cement)		3 M, Dent. Prod.

Tabela 2. Vrednosti otpornosti na smicanje i istezanje u MPa

Table 2. Values of shear and tensile bond strength in MPa

Dentin adheziv	Otpornost na smicanje		Otpornost na istezanje	
	bukalno	okluzalno	bukalno	okluzalno
TRIPTON	2,26 (1,1) 2,41 (1,5)	2,44 (1,4) (1,5)	16,91 (8,8) 16,82 (8,8)	16,51 (8,9) (8,8)
GLUMA	4,76 (2,0) 3,83 (1,7)	2,86 (1,4) (1,7)	20,91 (9,1) 20,88 (9,2)	20,73 (9,2) (9,2)
SCOTCHBOND-2	3,88 (0,9) 3,92 (0,7)	3,96 (0,4) (0,7)	26,12 (5,2) 26,84 (5,8)	27,15 (5,7) (5,8)
DENTIN PROTECTOR	2,02 (1,0) 2,01 (1,1)	1,92 (1,1) (1,1)	14,08 (6,9) 13,70 (6,8)	13,01 (6,2) (6,8)
VITRABOND	1,78 (0,5) 2,09 (0,5)	2,44 (0,6) (0,5)	12,81 (4,7) 12,87 (5,0)	12,93 (5,2) (5,0)

§ U zagradama su vrednosti SD

§ Values of SD are in parenthesis

raka istog materijala na bukalnoj i pet uzoraka na okluzalnoj površini ispitivano je jednim istim testom. Svaka pojedinačna vrednost otpornosti na smicanje i istezanje, izražena u N, deljena je sa  $18,24 \text{ mm}^2$ , što je predstavljalo veličinu kontaktne površine između dentina i kompozitnog valjka. Na ovaj način sve vrednosti su bile iskazane u  $\text{N/mm}^2$ , tj. u MPa-ima. Značajnost razlika između pojedinih grupa uzoraka proveravana je t-testom.

## Rezultati

Na tabeli 2 prikazane su srednje vrednosti, sa standardnim devijacijama, otpornosti na smicanje i istezanje za sve dentin adhezivne sisteme i to u zavisnosti od strane krunice zuba na koju su bili aplikovani. Data je i zajednička srednja vrednost za te dve površine zuba, obzirom da nije postojala statistički značajna razlika između bukalne i okluzalne strane, osim u slučaju Gluma-sistema i to samo za merene vrednosti otpornosti na smicanje ( $p < 0,05$ ).

Rezultati pokazuju da između pojedinih dentin-bonding sistema postoje razlike u otpornosti na smicanje, ali one nisu statistički značajne. Jedini izuzetak je već pomenuti slučaj Gluma-e.

Analiza vrednosti otpornosti na istezanje pokazala je da najveću snagu poseduje Scotchbond-2/Silux Plus sistem, a potom Gluma/Pekaux kombinacija, ali bez međusobne statističke značajnosti razlika. Statistička značajnost postojala je između Scotchbond-2 i Triptona ( $p < 0,05$ ).

Scotchbond-2 i Dentin Protectora ( $p < 0,02$ ). Vrednosti za Gluma-u nisu se statistički razlikovale prema Triptonu i Dentin Protectoru.

Vitrabond, glas-jonomerni kontrolni materijal, imao je najmanje vrednosti za obe merene karakteristike, a statistička značajnost razlika postojala je samo prema Scotchbond-2 ( $p < 0,001$ ) Gluma-sistemu ( $p < 0,02$ ).

## Diskusija

U metodologiji prikazanih ispitivanja merenja sile adhezije dentin-bonding sistema urađena je tri minuta nakon završene svetlosne polimerizacije postavljenog kompozita, jer u praksi kvirno toliko vremena prođe dok pacijent ispljnjem ne ovlaži ispun. Naime, za naveden period stomatolog uklanja postavljenu matricu, a zatim se uklanja i eventualno postavljen koferdam. Sa druge strane, sistem treba da obezbedi adekvatnu sile adhezije za dentinske zidove, kako bi se protstavio silama polimerizacije kontrakcije

kompozita i onemogućio nastanak primarne mikropukotine.

Pored navedenog, da bi se dobila realnija i sveobuhvatnija slika adhezivne moći ispitivanih dentin-bonding preparata, testirana je njihova otpornost i na smicanje i na istezanje. Takođe, obe karakteristike merene su sa dve različite strane krunice zuba okluzalne i bukalne, jer se na njima najčešće i primenjuju kompozitni materijali na bočnim zubima.

Rezultati pokazuju da je otpornost na smicanje testiranih dentin adheziva bila najveća kada je primenjen Gluma-sistem na bukalnoj površini, sa statističkom značajnošću na nivou verovatnoće od 95%. Objašnjenje za ovakav nalaz teško je naći, jer se ovaj fenomen nije konstatovao ni u jednoj drugoj grupi uzoraka. Naime, razlike u vrednostima otpornosti na smicanje, pa i istezanje, uvek su postojale i to negde u korist bukalne, a negde u korist okluzalne strane (tab. 2), ali bez statističke značajnosti. U dostupnoj literaturi nema podataka da je iko upoređivao ove fizičke osobine u zavisnosti od površine krunice zuba, te nema ni objašnjenja o eventualnim razlikama. Stoga je takvo jedno upoređenje i urađeno u ovom istraživanju. Može se smatrati da je veće vrednosti otpornosti na smicanje u konkretnom slučaju moglo imati uticaja: dužina stajanja zuba nakon ekstrakcije (11), tubulusna struktura sečene površine dentina, promer dentinskih kanalića i veličina površine intertubulusnog dentina te regije zuba, količina razmaznog sloja, prisustvo rezidualne vlage dospеле iz dubine tubulusa i slično. No sve ove varijable sigurno su imale uticaja na svaku pojedinačnu vrednost merenja u 100 uzoraka, o čemu govore visoke vrednosti SD, samo što je u konkretnoj grupi uzoraka njihov uticaj bio više ispoljen. Preračunat koeficijent varijacije skoro svuda prelazi 30%, što znači da su skupovi bili nehomogeni. Svi autori koji su se bavili sličnim ispitivanjima konstatovali su velika odstupanja pojedinačnih od iznađene srednje vrednosti merenja otpornosti na smicanje (12). Razlozi ovome su navedeni u prethodnim objašnjenjima, s tim da se skreće pažnja i na dužinu stajanja preparata pre upotrebe, tj. na njegovu starost. Smatra se da je naročito glutaraldehidna komponenta iz Gluma-Primer a osetljiva na dužinu stajanja, jer je veoma reaktivna i polimerizuje tokom vremena, te uvek treba raditi sa svežim preparatom. Obzirom da je navedeno odstupanje registrovano baš u slučaju Gluma-sistema, i ovo može biti jedno od

tumačenja za njegov nastanak. No konstatacija da dužina stajanja preparata ima uticaja i na druge proizvode ovog tipa sigurno važi, obzirom na njihov hemijski sastav, u kome su uvek prisutne monomerne komponente.

Analizirajući nalaze drugih istraživača, ustanovljeno je da sila linearne kontrakcije kompozita za ravne površine dentina iznosi 2,5 MPa (13), što bi odgovaralo otpornosti na smicanje adhezivnog sistema sa dentinske ploče. Primenjeno na prikazane rezultate značilo bi da će se toj sili uspešno odupreti samo Scotchbond-2 (3,92 MPa) i Gluma (63,82 MPa). Munksgaard i Asmussen (14) za Gluma-sistem dobijaju vrednosti 1,6–1,8 kg/mm<sup>2</sup>, što je veoma blisko vrednostima u MPa-ima. Niže vrednosti u poređenju sa prikazanim rezultatima ovog rada mogu se objasniti time što su navedeni autori koristili kompozitni materijal Concise, koji nije kompatibilan Gluma adhezivnom sistemu, kao što je to Bayerov Pekalux, primenjen u ovom istraživanju. Cooley i Dodge (11) saopštavaju da Gluma ima otpornost na smicanje od 3,07–4,66 MPa, a Scotchbond-2 od oko 6,48 MPa, što je blisko prikazanim rezultatima. Slične vrednosti za Gluma-u dobili su Chappel i sar. (5,7 MPa za Gluma), ali je vrednost za Scotchbond-2 od 22,9 MPa dosta različita od vrednosti iz ovog rada.

Pošto se kontrakcija kompozitnog ispuna odigrava u sve tri dimenzije i teži da silom istezanja, a ne silom smicanja, odvoji materijal sa dentinske podloge, to je otpornost adhezivnih sistema na istezanje najmerodavniji parametar za procenu ove fizičke karakteristike. Davidson i sar. (13) tvrde da je sila polimerizacije kontrakcije u trodimenzionalnom modelu kaviteta V. klase oko 20,5 MPa. Munksgaard i sar. (12) da je potrebna sila adhezije od oko 17 MPa, a da bi se očuvao marginalni integritet kompozitnog ispuna i dentinskog zida kaviteta. Poslednji autori utvrđuju i maksimalnu vrednost otpornosti na istezanje za Gluma-sistem u kombinaciji sa Silux Plus kompozitom, koja iznosi 22 MPa, što je blisko prikazanom rezultatu ovog rada.

Uzimajući u obzir referentne vrednosti za silu polimerizacije kontrakcije kompozitnih materijala i dobijene vrednosti otpornosti na istezanje ispitivanih dentin-adheziva, jasno je da bi se Scotchbond-2 i Gluma jedini uspešno suprotstavili nastanku mikropukotine i obezbedili bolju retenciju ispuna od druga dva adhezivna sistema (tab. 2).

Međutim, Scotchbond-2 ima određenu prednost nad Gluma-om, ne samo što ima veću snagu otpornosti na smicanje i istezanje, već i zbog značajno manjih vrednosti standardnih devijacija (tab. 2), što govori o ujednačenijem kvalitetu adhezije i hemijske veze za dentin. Na primer, pojedinačne vrednosti testa na istezanje za Gluma-u kretale su se od 10,4 do 29,8 MPa, a za Scotchbond-2 od 19,6 do 32,5 MPa. To znači da su oscilacije u snazi adhezije mnogo veće kada se primenjuje Gluma/Pekalux nego Scotchbond-2/Silux Plus sistem, sa svim negativnim posledicama po kvalitet definitivnog ispuna u kavitetu.

Rezultati prikazanog ispitivanja nedvosmisleno su pokazali da veću snagu adhezije za tretirani dentin imaju sistemi koji u svom sastavu sadrže kisele komponente, kojima ili potpuno (Gluma Cleanser), ili delimično (Scotchprep Primer) rastvaraju i otklanjaju detritus razmaznog sloja, u poređenju sa preparatima koji taj razmazni sloj ostavljaju potpuno intaktnim (Dentin Protector), ili ga samo hemijski pripremaju za prihvatanje band-smole (Tripton – tab. 2). Ovo potvrđuje i dosta literaturnih podataka (15), s tim da su jedino Krabbendam i sar. (7) našli da nagrizanje dentina smanjuje otpornost na smicanje nekih vezujućih cementa, koji se koriste u fiksnoj protetici. Sigurno je da se čišćenjem površine dentina postiže neposredniji fizički kontakt, a samim tim i brža i lakša hemijska reakcija između komponenata dentina i adhezivnog sistema, nego kada je između materijala i preparisanog dentina interponiran sloj detritusa. Stoga treba dati prednost Gluma-sistemu i Scotchbond-2 nad Triptonom i Denti Protectorom, uz napomenu da na tržište pristižu stalno novi preparati, za koje proizvođači tvrde da su bolji od drugih. O tome definitivno treba da daju sveobuhvatna istraživanja naučno priznatim metodima, kako bi se praktičarima dala realna slika i olakšao im se izbor, što je zadatak daljih sopstvenih studija dentin adheziva.

### Zaključci

Rezultati merjenja snage adhezije četiri dentin-bonding sistema, sa kompatibilnim kompozitnim materijalom, za ravnu površinu dentina humanih zuba, pokazali su:

– da se otpornost na smicanje kreće u granicama od 2,01 do 3,92 MPa, ali da između testiranih sistema nije bilo statistički značajnih razlika;

– da se otpornost na istezanje kreće od 13,7 do 26,84 MPa i da najveću vrednost poseduje Scotchbond-2/Silux Plus sistem, nešto manju Gluma/Pekalux sistem, a statistički značajno manje vrednosti imaju Tripton/Opalux i Dentin Protector/Heliosit sistem;

– strana krunice zuba nije imala uticaja na merene osobine, osim što je jedino vrednost ot-

pornosti na smicanje za Gluma-u bila značajno veća na bukalnoj nego na okluzalnoj površini;

– dentin adhezivi, koji svojim kiselim komponentama čiste površinu preparisanog dentina, rastvarajući razmazni sloj, imaju veću snagu adhezije od preparata koji ovaj detritusni sloj ostavljaju na površini dentina.

## BOND STRENGTH OF NEWER DENTINE ADHESIVE SYSTEM

### Summary

*Introduction of new dentine bonding agents in a practice of dentistry, variety of results on their crucial characteristics in foreign literature and lack of information in our literature led to a necessity to conduct own scientific research on dentine adhesives in order to facilitate the choice of available products.*

*The purpose of this study was to estimate the adhesive strength of different dentine bonding agents to a treated human dentine immediately after light curing of a compatible composite material.*

*Shear and tensile bond strength of Tripton, Gluma, Scotchbond-2 and Dentin Protector was measured. Control material was glass-ionomer base-cement Vitrabond. Human extracted premolars from both jaws were prepared to a flat surface from either occlusal or buccal aspect, and materials were applied, respectively.*

*The results showed: a) values of shear bond strength ranged from 2,01–3,92 MPa with no statistical differences between tested systems; b) tensile bond strength varied from 13,7–26–84 MPa; the highest value showed Scotchbond-2, following by Gluma, but significantly lower values showed Tripton and Dentin Protector; c) the aspect of prepared tooth crown had no significant effect on bond strength with the exception of shear bond strength for Gluma-system, when applied on buccal surface showed significantly higher values than applied occlusally; d) dentine-bonding agents which dissolve near layer with acid components and remove it from prepared dentine surface showed stronger adhesion than agents which leave debris on a dentin surface.*

*Key words: adhesion, dentine, shear bond strength, tensile bond strength*

Adresa autora:

Address for correspondence:

Dr. Vladimir Ivanović  
Radovana Dragovića 8  
11030 Beograd

**Literatura**

1. CHAPPEL RP, EICK JD, MIXON JM, THEISEN FC. Shear bond strength and SEM observation of four dentinal adhesives. *Quint Int* 1990; 21:303-310.
2. BOYER DB, SVARE CW. The effect of rotary instrumentation on the permeability of dentin. *J Dent Res* 1981; 60:966-971.
3. PASHLEY DH, MICHELICH V, KEHL T. Dentin permeability: Effect of smear layer removal. *J Prosthet Dent* 1981; 46:531-537.
4. WILLIAMS S, GOLDMAN M. Permeability of the smear layer by a strain of *Proteus vulgaris*. *J Endodont* 1985; 11:385-388.
5. BARAKAT MM, POWERS JM, YAMAGUSHI R. Parameters that effect in vitro bonding of glass ionomer liners to dentin. *J Dent Res* 1988; 67:1161-1163.
6. HUANG G, SÖDERHOLM MK. In vitro investigation of shear bond strength of a phosphate based dentinal bonding agent. *Scand J Dent Res* 1989; 97:84-92.
7. KRABBENDAM CA, TEN HARKEL HC, DUIJSTERS PE, DAVIDSON CL. Shear bond strength determinations on various kinds of luting cements with tooth structure and cast alloys using a new testing device. *J Dentist* 1987; 15:77-81.
8. MUNKSGAARD EC, HÖJTVED L, JORGENSEN HW, ANDREASEN JO, ANDREASEN FM. Enamel-dentin crown fractures bonded with various bonding agents. *Endodont Dent Traumat* 1991; 7:73-77.
9. TORSTENSON B, BRÄNSTROM M. Contraction gap under composite resin restorations: effect of hydroscopic expansion and thermal stress. *Oper Dent* 1988; 13:24-31.
10. CRIM G. Effect of immediate versus delayed thermal stress on two adhesives. *Quint Int* 1989; 20:517-519.
11. COOLEY RL, DODGE WW. Bond strength of three dentinal adhesives on recently extracted versus aged teeth. *Quint Int* 1989; 20:513-516.
12. MUNKSGAARD EC, IRIE M, ASMUSSEN E. Dentin-polymer bond promoted by Gluma and various resins. *J Dent Res* 1985; 64:1409-1411.
13. DAVIDSON CL, DE GEE AJ, FIELZER A. The competition between the composite-dentin bond strength and the polymerization contraction stress. *J Dent Res* 1984; 63:1396-1399.
14. MUNKSGAARD EC, ASMUSSEN E. Bond strength between dentin restorative resins mediated by mixture of HEMA and glutaraldehyde. *J Dent Res* 1984; 63:1087-1089.
15. HANSEN EK. Effect of dentin adhesives on marginal adaptation of two light cured composites. *Scand J Dent Res* 1986; 94:82-86.