

# Utjecaj pjeskarenja i veznoga posrednika na svezu cemenata s metalnom podlogom

Stanislav Batkovski

Suradnik Zdravstvene stanice  
Orebić

---

## Sažetak

*Odvajanje adhezivnoga mosta od zuba nosača jedna je od najvećih neugodnosti za pacijenta, a posebice za terapeuta jer dovodi u pitanje opravdanost primijenjene metode. Uspjeh takvih nadomjestaka ovisi o obliku metalne konstrukcije, o čvrstoći cementa te o njegovoj svezi s nagriženom caklinom i svezi sa zubnom slitinom. No zbog slabog afiniteta jednoga materijala spram drugog i zbog većega naprezanja na međuspoju cement-slitina, ta je veza slabija.*

*Svrha provedenih istraživanja bila je utvrditi koje kombinacije pjeskarenja i veznoga posrednika postižu najveće vrijednosti vezne čvrstoće na zaokret spoja cementa i odgovarajućeg Ag-Pd dijela uzorka.*

*Kako bi se smanjio broj varijabli u eksperimentu, a kako bi čvrstoća spoja cement-slitina predstavljala pravi pokazatelj učinkovitosti veze cementa na metalnome uzorku, upotrijebljen je test model metal-cement-na-metal. Ispitivano je 180 potpuno jednakih metalnih uzoraka podijeljenih u skupine i podvrgnutih različitim postupcima kondicioniranja. Ispitivale su se vrijednosti vezne čvrstoće dobivene različitim kombinacijama mehaničko-kemijskoga tipa sveze triju cemenata s Ag-Pd slitinom. Strukturna istraživanja područja loma provedena su polariziranim mikroskopom i mikroanalizatorom slike.*

*Vrijednosti vezne čvrstoće spoja cement-slitina određene su mjerenjem opterećenja do loma. Rezultati su statistički obrađeni trosmjernom, jednosmjernom raščlambom varijance i/ili uspoređeni Tukeyovim testom.*

*Aktivna skupina V-Primer a i funkcionalni monomeri Panavia 21 i Super-Bonda poboljšali su značajke spoja adhezivnih cemenata na korundima pjeskarenoj površini poluplemenite Ag-Pd slitine, a najslabiji rezultati i adhezivni oblik loma obilježje su ABC cementa.*

*Ključne riječi: pjeskarenje, vezni posrednik, cement, spoj cement-slitina.*

---

Acta Stomat Croat  
2005; 363-376

IZVORNI ZNANSTVENI  
RAD  
Primljeno: 3. lipnja 2004.

Adresa za dopisivanje:

Stanislav Batkovski  
Maršala Tita 54  
71000 Sarajevo  
Bosna i Hercegovina  
tel.: ++ 387 61 132 994

## Uvod

Jedan od velikih izazova suvremene stomatologije jest kako protetski riješiti nedostatak jednog do dva zuba u frontalnoj ili postraničnoj regiji. Pokušalo se pokretnim i fiksnim nadomjescima, ali javljao se je problem retencije i stabilizacije ili su pak rješenja bila na štetu estetike i funkcije. Iskustvo pokazuje da su adhezivni mostovi često najbolje rješenje. No prigodom njihove izradbe mora se voditi računa o suženoj indikaciji, preciznosti rada i o mogućnosti slabljenja veze na spoju zub-slitina krila adhezivnih mostova.

Spoj cementa sa zubnom caklinom mehaničko je pričvršćenje koje s jedne strane ovisi o veličini osnovne površine, a s druge strane retencija (sekundarnog povećanja površine) dobivenih preparacijom zuba i tehnikom nagrizanja cakline. No spoj cementa i slitine pod izravnim je utjecajem žvačnih sila, vlažnosti okoline, uzastopnoga naprežanja od temperaturnih promjena u oralnome prostoru zbog polimerizacijskoga skvrčavanja i razlika u toplinske koeficijentu širenja različitih materijala (1). Lom obično nastaje u kontaktnoj zoni cement-slitina, označenoj kao kritični dio retencije sustava veze adhezivnih mostova (2, 3).

Kako bi se izbjeglo da veza na spoju zub-slitina slabi, potrebno je osigurati veću veznu čvrstoću spoja cement-slitina od veze cement-caklina i cement-cement (4). U vezi s time, spoj se nastoji optimizirati različitim tehnikama kondicioniranja površine metalne konstrukcije i veznim posrednicima. Razvijeni su različiti tretmani površine zubne slitine kojima se stvara preduvjet za uspješno svezivanje cemenata na zube nosače. Ipak, većina takvih metoda nije prikladna zbog otežana nadzora završne faze pripreme metalne podloge i osjetljivosti postupaka s mogućnošću uporabe samo na određenim slitinama. Osim toga, budući da vrlo mnogo varijabli utječe na krajnji ishod i da se aktualni mehanizam pričvršćenja cementa na metalnoj konstrukciji služi dvama teško usporedivim osnovnim sustavima veze (mehanički i kemijski) (5-7), uspješnost takvih postupaka teško je predvidjeti. Stvari su još kompleksnije zbog činjenice što na tržištu postoji najmanje 250 slitina i 30-ak cemenata, a to daje prevelik broj mogućnosti za njihovo kombiniranje (8).

Budući da još uvijek ne postoji idealan način vezivanja adhezivnih mostova, provode se daljna

istraživanja kako bi se pronašla najbolja rješenja. Nastoji se pojednostavniti tehnika izradbe adhezivnih mostova i stvoriti što podatnija vezna površina. Istraživanjima se pokušava poboljšati svezu sa zubnom podlogom, proširiti kliničku primjenu i pospješiti trajnost rada, a zatim sniziti troškove skupih uređaja i eliminirati moguću opasnost onečišćenja kondicionirane metalne površine kako bi se dobile što veće vrijednosti vezne čvrstoće.

Svrha eksperimentalnih istraživanja, rezultati kojih su izneseni u ovome radu, bila je utvrditi vrijednosti vezne čvrstoće na torziju triju vrsta cemenata i odgovarajućih uzoraka Ag-Pd slitine, a nakon primijenjenih različitih postupaka pjeskarenja (korund i polirer) i kondicioniranja (bez veznoga posrednika i s veznim posrednikom), te provjeriti hipotezu da pjeskarenje i kondicioniranje ne utječu znatno na čvrstoću sveze cemenata s Ag-Pd slitinom.

## Materijali i postupak rada

U eksperimentu su upotrebljavani zubna slitina Auropol S (Ag-Pd) (Aurodenta, "Zlatarna Celje", Slovenija), vezni posrednik adhezije V-Primer (VBATDT) (Sun-Medical, Kyoto Japan), tri vrste cementa - Panavia 21 (MDP) (Kuraray, Osaka, Japan), Super-Bond C&B (4-META) (Sun-Medical, Kyoto, Japan) i ABC cement (Vivadent, Schaan, Liechtenstein) te tri različite vrste istoga promjera zrna pijeska - Cobra, Sanita i Rolloblast (Refrent, Hilzingen, Njemačka).

### (1). Voštani uzorci

Slijedeći naputke proizvođača, izrađeno je 180 uzoraka Ag-Pd slitine. Plavi inlay vosak (Inlay vosak, "Galenika" - Zemun, SCG) unosi se kapanjem u izbrušeni, polirani, kromirani metalni kalup, okruglog oblika promjera  $d^2 = 11,3$  mm, kako bi se dobili potpuno jednaki uzorci (Slike 1 i 2-a) (9). Pošto se vosak ohladi, na naličje svakoga voštanog objekta postavljala se je mehanička retencija u obliku križa, što je ujedno poslužilo da se bolje pričvrsti i centrira metalni uzorak na metalnom dršku.

### (2). Ulaganje i izlijevanje

Tako dobiveni voštani objekti ulagali su se u materijal za ulaganje Neoduroterm ("Bayer", Lever-

kusen, Njemačka) prema uputama proizvođača. Proveden je propisan odnos - 30 grama vode i 100 grama praha, uz miješanje u vakuumskoj napravi Vaku-mat ("Zlatarna Celje", Slovenija). Ulaganje je prema napatku proizvođača uložne mase. Predgrijavanje i žarenje obavljeno je od 12 do 24 sata nakon ulaganja, a lijevanje u uređaju za centrifugalno lijevanje CF - 2 ("Zlatarna Celje", Slovenija). Po deset voštanih objekata lijevano je u zasebnom cilindru i za sve uzorke uporabljena je nova slitina.

Pošto su se ohladili do sobne temperature, metalni uzorci su izvađeni iz kivete i pjeskareni u pjeskari PK-N ("Zlatarna Celje", Slovenija) s kružnim protokom korunda zrnca veličine 250 mikrona kako bi se odstranio uložni materijal. Uzorci su rezačim kliještima odvojeni od lijevnih kanalića i obrađeni karbidnom frezom Drendel + Zwieling ("Diamant", Berlin, Njemačka).

Metalni su uzorci očišćeni metalnom četkom i acetonom te uz pomoć mehaničke retencije i ljepila (Tikso K-10 - jednokomponentni cijanoakrilatni adheziv) ("Henkel", Beč, Austrija) pričvršćeni naličjem za metalni držak (Slike 1 i 2-b). Svaki je uzorak očišćen najmanje tri minute, pran u tekućoj vodi, sušen toplim zrakom i čuvan do ispitivanja.

### (3). *Tretman površine metalnih uzoraka*

Paralelnost radnih površina metalnih uzoraka osigurana je zaravnjivanjem na strugu brusnim papirom finoće 400, a pjeskarenje metalne površine provedeno je u uređaju za pjeskarenje Basic - Duo ("Refrent", Hilzingen, Njemačka) s jednokratnom upotrebom korunda zrnca veličine 110 mikrona pod sljedećim uvjetima: tlak pjeskarenja 0,4 MPa na udaljenosti 5 mm od sapnice tijekom 15 sekundi i okomito na veznu površinu.

Kako bi se pogriješke u eksperimentu svele na što manju mjeru, a vezne vrijednosti predstavljale pravi pokazatelj učinkovitosti spajanja cementa na slitini, upotrijebljen je test model metal-na-metal (10). Devedeset sparenih uzoraka podijeljeno je u tri skupine po 30 parova, ovisno o načinu pjeskarenja metalne površine (tablica 1). Upotrijebljena je metoda mikromehaničke retencije, tj. rabljeni su Cobra, Sanita korundi i Rolloblast polirer promjera zrna od 50 mikrona. Cobra je čist pijesak, Sanita je mješavina pijeska i staklenih kuglica u omjeru 1:1

i neznatno je grublja od Rolloblasta koji se sastoji samo od staklenih kuglica. Prva se je skupina uzoraka pjeskarila Cobra korundom, druga Sanita korundom, a treća Rolloblast polirerom.

Uzorci su zatim iščetkani čistim, ostrim kistom i posloženi u nosač posebno izrađen za ovu prigodu. Vodilo se računa da se aktivirana površina metalnoga uzorka ne smije onečistiti. Tijekom 15 sekundi čistom četkom nanošen je tanki sloj V-Primer na polovinu pjeskarenih uzoraka (15 parova), a ostatak nije tretiran (15 parnih kontrolnih uzoraka).

V-Primer se sastoji od 0,5% 6-(4-vinilbenzil-n-propil) amino-1,3,5-triazina-2,4 ditiola ili -2,4-ditiol tautomera u 95% acetonu.

### (4). *Nanošenje cementa i vezivanje uzoraka*

Radi centriranja uzorka i stvrdnjavanja cementa sav je postupak obavljen u odgovarajućoj kiveti (Slike 1 i 2-c). Najprije je postavljen držak sa zalijepljenim uzorkom i držačem od poliuretana, a zatim se sa suprotne strane kivete umetao drugi držak sa zalijepljenim parnim uzorkom. Držak prostora debeo približno 25 mikrona, s otvorom od 5 mm u središtu poslužio je za utvrđivanje debljine sloja cementa i veličine kontaktne površine krajnje veze. Tri cementa su se miješala prema uputama proizvođača i uporabila za cementiranje metalnih uzoraka (5 parova).

Jedan se je par vijaka na uređaju za centriranje ugađao i tako fiksirao prvi držak sa zalijepljenim uzorkom i postavljenim držačem na središte veze u bloku, a drugi držak sa zalijepljenim parnim uzorkom dovodio se je u doticaj s držačem. Ostvareni doticaj bilježio se je tankim flomasterom na kraju drugoga drška, uz sam rub naprave za cementiranje i centriranje uzoraka. Držak i drugi držak sa zalijepljenim parnim uzorkom skidali su se s uređaja za centriranje i zamiješani cement je postavljen u području otvora držača na kondicioniranu površinu uzorka. Zatim bi se držak bez držača vraćao do obilježene oznake u uređaju za cementiranje i centriranje uzoraka. Tako je ostvaren sloj cementa debljine 25 mikrona.

ABC cement je zasnovan na uretan dimetakrilatu, a kombinacija je posebnog mikropunila i metalnoga prajmera koji sadrži fosfatne skupine. Jednake količine osnovne paste i katalizatora mješale su se tije-

kom 30 sekundi plastičnom spatulom dok se ne oblikuje pasta konzistencije kreme. Vezni se posrednik (Contact Cement Primer) prethodno kistom nanosi u tankome sloju na površinu metalne podloge.

Super-Bond cement se sastoji iz triju sastavnica: inicijator je djelomično oksidirani tri-n-butilboran derivat (TBB), monomer je 5% 4-metakriloksietil trimelilat anhidrit u metil metakrilatu (MMA) (4-META), a prašak je mješavina 80% fino pulveriziranoga poli (metil metakrilata) (PMMA) i 20% presvučen titanium dioksidom. U posudu ohlađenu na temperaturi između 12 i 14 °C dodavale su se tijekom 15 sekundi jedna kapljica katalizatora i četiri kapljice monomera. Dio aktivirane tekućine kistom se nanosi na osušenu površinu metalne podloge, a ostatak se plastičnom spatulom miješa tijekom 30 sekundi s dvije žličice praha dok se ne stvori pasta kremaste konzistencije.

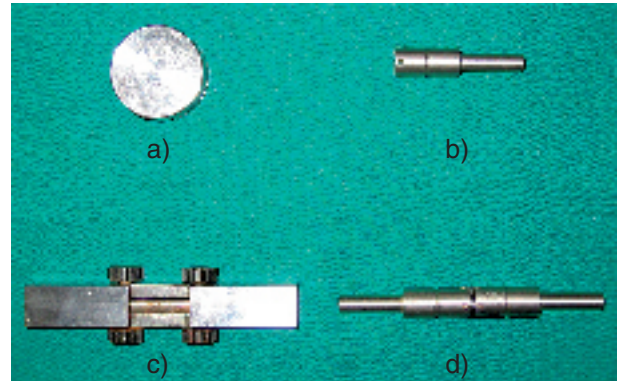
Panavia 21 je BiS-GMA zasnovan cement koji u svojem sastavu ima kiselo fosforni esterni tip monomera MDP (10-metakriloiloksodecil dihidrogen fosfat), aktivator - aromatični tercijarni amin - DMPT (N,N-dimetil-p-toluidin) i inicijator BPO (bezoil-peroksid). Opskrbljen je caklinskim i dentinskim veznim posrednikom (ED Primer) koji sadrži HEMA (2-hidroksil-etil metakrilat) i derivate salicilne kiseline 5-NMSA (n-metakrilolil 5-amino salicilna kiselina). Laganim pokretom klipa držača za jedan pun okret kazaljke na satu, dok ne klikne, istiskale bi se jednake količine paste (Universal i Catalyst) koje bi se plastičnom spatulom miješale tijekom 20-30 sekundi do kremaste konzistencije.

Potpuno stvrdnjavanje Panavia 21 i ABC cementa oko spoja uzoraka otežano je u prisutnosti kisika, pa su se anaerobni uvjeti osigurali nanošenjem sloja polietilen glikol brtvila Oxyguard gel (Kurary, Osaka, Japan), a prije upotrebe Super-Bonda površina slitine se, tijekom dvije minute, oksidirala uranjanjem uzoraka u 10% vodenu otopinu kositrenoga permanganata.

Uređaj u kojem su se držali pripremljeni uzorci omogućavao je centriranje i cementiranje uzoraka pod stalnim opterećenjem, ali ne i njihov međusobni doticaj, dok je statičko opterećenje, usmjeravano na gornjoj poluzi uređaja za centriranje, osiguravalo stalan pritisak od 1 kg/cm<sup>2</sup>. Nakon stvrdnjavanja, višak cementa s oboda spojen ih metalnih uzoraka skidao se je oštrom frezom.

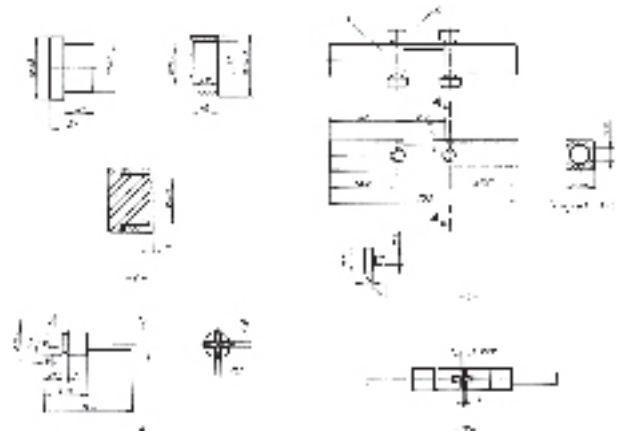
### (5). Testiranje prekida

Uzorak (Slike 1 i 2-d) je postavljen u odgovarajuće otvore na napravi (Slika 3), gdje se jedan kraj učvrstio vijkom, a na drugom je kraju poluga, dužine deset centimetara, preko koje djeluje sila. Otpornost na zaokret mjerena je na univerzalnoj kidali-



Slika 1. Prikaz alata upotrijebljenog u studiji. (a) Shema kalupa za dobivanje voštanih uzoraka, (b) shema metalnoga drška, (c) shema naprave za cementiranje i centriranje uzoraka, i (d) shema gotova uzorka

Figure 1. Review of the tools used in the experiment. (a) Schematic diagram of the mold for producing wax patterns, (b) schematic diagram of the metal holder, (c) schematic diagram of the tool for cementing and centering samples and (d) schematic diagram of the finished sample



Slika 2. (a) Shema kalupa za dobivanje voštanih uzoraka, (b) shema metalnoga drška, (c) shema naprave za cementiranje i centriranje uzoraka, i (d) shema gotova uzorka

Figure 2. (a) Schematic diagram of the mold for producing wax patterns, (b) schematic diagram of the metal holder, (c) schematic diagram of the tool for cementing and centering samples and (d) schematic diagram of the finished sample



Slika 3. Naprava za ispitivanje vezne čvrstoće na torziju spoja cement-slitina

Figure 3. Jig for testing cement-metal bond strength

ci (Zwick 1439, Ulm, Njemačka), a poluge stroja kojim se primjenjuje sila (koja odvaja uzorke) bila je 0,5 cm/min.

Vezna čvrstoća spoja cementa i slitine (tj. između cementa i metalnoga dijela uzorka) izražena je vrijednošću opterećenja u trenutku kada se mjesto spajanja razdvojilo. Sila (izražena u MPa), potrebna za prekid uzoraka, registrirana je kao prekid na torzijski moment, a on se izračunavao na osnovi poznate površine uzorka, dužine poluge i sile (9).

Čvrstoća spoja cement-slitina pri torzijskome momentu proporcionalna je sili pa su se sve usporedbe mogle provoditi na osnovi samih vrijednosti sile.

Na tri nasumice odabrana uzorka svake kombinacije polariziranim se mikroskopom (Nikon Microp-hot, Tokyo, Japan) utvrđivao karakter loma na spoju cement-slitina kao: kohezivni (unutar cementa), adhezivni (između cementa i slitine) i kombinirani-miješani (preostala zrnca cementa na površini slitine), a postotak zaostalog cementa na lomnoj površini uzorka identificirao se je mikroanalizatorom (JXA 613 Superprobe, Tokyo, Japan). Kada je više od 75% područja prekidne površine čist metal, smatralo se da se uzorak prekida adhezivno, dok bi se smatralo da se uzorci lome kohezivno ako je više od 75% prekida unutar cementa. Miješani oblik loma je između 25% i 75% adhezivnih i kohezivnih prekida.

#### (6). Statistička obradba rezultata mjerenja

Obradba rezultata mjerenja zasnivala se na raščlambi varijance. Rezultati mjerenja trenutka torzi-

je podvrgnuti su faktorijalnoj raščlambi varijance (trosmjerna, dvosmjerna i jednosmjerna klasifikacija) (11), a statistička znatnost rezultata utvrđivala se je Tukeyevim testom (12). Razlike između aritmetičkih sredina koje su veće od Tukey-Kramerovih intervala smatrale su se statistički znatnim ( $p < 0,05$ ). Ovisna varijabla je čvrstoća spoja cement-slitina, a promjenjivi su pjeskarenje, cement i vezni posrednik.

U radu je usustavljanje podataka i raščlamba varijance slijedila metodu Cohen-Holliday (13).

## Rezultati

Rezultati mjerenja i statističke obradbe podataka prikazani su tablično. Aritmetičke sredine i standardne devijacije predstavljene su u Tablici 1, a rezultati trosmjerne i jednosmjerne raščlambe varijance u Tablicama 2-5. U Tablici 6, klasificirani su karakter loma i postotak zaostalog cementa na metalnome uzorku.

Trosmjerna raščlamba varijance pokazala je da tip pjeskarenja, vrsta cementa i vezni posrednik znatno utječu na vezne vrijednosti ( $p < 0,05$ ). Varijabla s najvećom F vrijednošću je vezni posrednik, a zatim slijede cement i pjeskarenje. Dvosmjerna međuovisnost između cementa i veznoga posrednika znatno se razlikuje ( $p < 0,0001$ ), a ne razlikuju se dvosmjerna (pjeskarenje i vezni posrednik, te pjeskarenje i cement) i trosmjerna međuovisnost (pjeskarenje, cement i vezni posrednik) ( $p > 0,05$ ) (Tablica 2). Tukeyovi intervali za usporedbu značajnih aritmetičkih sredina, na razini znatnosti od 0,05, jesu: 1,6 MPa između pjeskarenja i između cementa, 1,3 MPa između veznoga posrednika (tj. bez veznoga posrednika i s veznim posrednikom) i 2,8 MPa između cementa i veznoga posrednika.

Rezultati su zatim statistički obrađeni jednosmjernom raščlambom varijance i/ili uspoređeni na temelju Tukeyova testa (Tablica 3). Prije nanošenja veznoga posrednika, vezne su vrijednosti u opsegu od 28,0 do 38,0 MPa i mogu se grupirati u dvije skupine: (a) s opsegom od 34,2 do 38,0 MPa i (b) s opsegom od 28,0 do 34,2 MPa (Tablica 4). Uzorci pjeskareni Rolloblast polirerom pokazuju statistički znatno niže vezne vrijednosti od Cobra i Sanita korunde ( $p > 0,05$ ), a Panavia 21 i Super-

Tablica 1. *Pojedinačne i aritmetičke sredine veznih čvrstoća na zaokret spoja triju cementa (ABC = ABC cement, SB = Super-Bond cement i P = Panavia 21 cement) i uzoraka Ag-Pd slitine nakon različitih pjeskarenja (C = Cobra korundom, S = Sanita korundom i R = Rolloblast polirerom) i kondicioniranja bez (I) i s (II) V-Primerom*

Table 1. *Individual and mean torque bond strength values of three cements (ABC = ABC cement, SB = Super-Bond cement i P = Panavia 21 cement) and Ag-Pd alloy after different metal patterns sandblasting (C = Cobra abrasive sandblasting, S = Sanita abrasive sandblasting and R = Rolloblast polisher sandblasting) and conditioning of Ag-Pd alloy (I) without V-Primer and (II) with V-Primer*

Bez veznog posrednika (I) / without Primer (I) (w=90)			S veznim posrednikom (II) / with Primer (II) (w=90)			
Cobra (w=30)	Sanita (w=30)	Rolloblast (w=30)	Cobra (w=30)	Sanita (w=30)	Rolloblast (w=30)	
32	37	28	38	37	40	Panavia 21 (w=5)
39	33	30	48	48	40	
40	31	27	38	38	38	
41	36	35	41	41	45	
38	34	30	41	41	36	
38,0	34,2	30,0	41,4	40,0	39,8	$\bar{X}$
31	32	28	46	42	36	Super-Bond (w=5)
32	31	30	47	43	48	
33	34	27	48	42	38	
33	33	34	45	43	41	
33	30	30	45	41	41	
32,4	32,0	29,8	46,2	42,2	40,8	$\bar{X}$
28	28	28	28	29	28	ABC (w=5)
30	30	29	30	29	29	
27	27	27	28	30	28	
33	32	27	32	29	28	
30	30	29	31	30	29	
29,6	29,4	28,0	29,8	29,4	28,4	$\bar{X}$

Tablica 2. *Trosmjerna raščlamba varijance za testiranje znatnosti razlike između aritmetičkih sredina veznih čvrstoća na zaokret na koje utječu različita pjeskarenja, cementi i vezni posrednik: A = pjeskarenje, B = cement, C = vezni posrednik, AB = pjeskarenje i cement, AC = pjeskarenje i vezni posrednik, BC = cement i vezni posrednik i ABC = pjeskarenje, cement i vezni posrednik; df = stupnjevi slobode, SS = zbroj kvadrata, MS = srednji kvadrat, F = F-vrijednost, p = p-vrijednost.*

Table 2. *Three-way analysis of variance for testing the significance between the means of the torque bond strength values after being affected by different sandblasting treatment, cements and primer: A = sandblasting, B = cement, C = primer, AB = sandblasting and cement, AC = sandblasting and primer, BC = cement and primer and ABC = sandblasting, cement and primer; df = degrees of freedom, SS = sum square, MS = mean square, F = F-value, p = p-value*

Izvor varijance	df	SS	MS	F	p
A	2	177,5	88,5	13	<0,0001*
B	2	1351	675,5	99,3	<0,0001*
C	1	859	859	126,3	<0,0001*
AB	4	30,9	7,7	1,14	>0,05
AC	2	9,7	4,85	0,71	>0,05
BC	2	496,2	248,1	36,5	<0,0001*
ABC	4	59,9	15	2,2	>0,05
Pogrješka / Mistake	72	486,8	6,8		
Ukupno / Total	89	3470			

Rezultati trosmjerne ANOVA (\*: znatno,  $p < 0,05$ ; NZ: nije znatno,  $p > 0,05$ ); granična vrijednost 5% = 6,94  
Results of three-way ANOVA (\*: significant,  $p < 0,05$ , NS: not significant,  $p > 0,05$ ); critical value 5% = 6,94

Tablica 3. Statistički znatne razlike veznih čvrstoća na zaokret triju cementa ( $P = \text{Panavia 21 cement}$ ,  $SB = \text{Super-Bond cementi ABC} = \text{ABC cement}$ ) i uzoraka Ag-Pd slitine nakon različito provedena pjeskarenja ( $C = \text{Cobra}$ ,  $S = \text{Sanita}$  i  $R = \text{Rolloblast}$ ) i kondicioniranja ( $I = \text{bez V-Primer}$  i  $II = \text{s V-Primerom}$ ). Aritmetičke sredine izražene Tukeyovim intervalom statistički se ne razlikuju ako imaju jednako slovo ili zvjezdicu ( $p > 0,05$ ). U svakome stupcu malim su slovima predstavljene usporedbe za vrste cementa, a u istome retku velikim su slovima označena usporedbe za načine pjeskarenja. Usporedba vrijednosti vezne čvrstoće na torziju bez veznoga posrednika i s veznim posrednikom svake kombinacijske skupine cementa i pjeskarenja označena su zvjezdicom

Table 3. Statistical significance of differences between torque bond strengths of three cements ( $P = \text{Panavia 21 cement}$ ,  $SB = \text{Super-Bond cement and ABC} = \text{ABC cement}$ ) and Ag-Pd alloy after different sandblasting ( $C = \text{Cobra}$ ,  $S = \text{Sanita}$  and  $R = \text{Rolloblast}$ ) and conditioning treatments ( $I = \text{without V-Primer}$  and  $II = \text{with V-Primer}$ ). Means with same letters or asterisk were not significantly different by Tukey's multiple range test ( $p > 0,05$ ). Comparisons within each column at each cement are represented by lower-case letters and comparison of values in each row at each sandblasting are represented with upper-case letters. Comparisons between the torque bond strengths at non primer and primer with each combination group of sandblasting and cement are represented with asterisk

	Bez veznoga posrednika (I) / without Primer (I)			S veznim posrednikom (II) / with Primer (II)		
	Cobra korund	Sanita Korund	Rolloblast polirer	Cobra korund	Sanita korund	Rolloblast polirer
Panavia 21	38,0 a <sup>A</sup>	34,2 a <sup>AB</sup>	30,0 a <sup>B</sup>	41,4 b <sup>A*</sup>	41,0 a <sup>A*</sup>	39,8 a <sup>A*</sup>
Super-Bond	32,4 b <sup>A</sup>	32,0 ab <sup>A</sup>	29,8 a <sup>A</sup>	46,2 a <sup>A*</sup>	42,2 a <sup>B*</sup>	40,8 a <sup>B*</sup>
Adhesivee Bridge Cement	29,6 b <sup>A</sup>	29,4 b <sup>A</sup>	28,0 a <sup>A</sup>	29,8 c <sup>A</sup>	29,4 b <sup>A</sup>	28,4 b <sup>A</sup>

Tablica 4. Vrijednosti vezne čvrstoće na zaokret triju cementa i uzoraka Ag-Pd slitine bez uporabe veznoga posrednika, grupirane Tukey-Kramerovim intervalima na 0,05 razini znatnosti, nakon različito provedena pjeskarenja:  $C = \text{pjeskarenje Cobra korundom}$ ,  $S = \text{pjeskarenje Sanita korundom}$ ,  $R = \text{pjeskarenje Rolloblast polirerom}$ , = aritmetička sredina izražena u megapaskalima;  $SD = \text{standardna devijacija}$ . Jednaka slova ( $a$  i  $b$ ) pokazuju da se vrijednosti znatno ne razlikuju ( $p > 0,05$ )

Table 4. Torque bond strength values of three cements and samples of Ag-Pd alloy without primer, grouped by Tukey-Kramer's intervals at 0.05 significance level after different sandblasting treatments:  $C = \text{Cobra abrasive sandblasting}$ ;  $S = \text{Sanita abrasive sandblasting}$ ;  $R = \text{Rolloblast polisher sandblasting}$ ; = arithmetic mean of the bond strengths in megapascals;  $SD = \text{standard deviation}$ . Identical letters ( $a$  and  $b$ ) indicate that the values are not significantly different ( $p > 0,05$ )

Vrsta cementa / Cement	Tip pjeskarenja / Different sandblasting	Aritmetička sredina ( $\bar{X}$ )	Standardna devijacija (SD)	Grupiranje (G)
Panavia 21	C	38,0	3,5	a
Panavia 21	S	34,2	2,4	ab
Panavia 21	R	30,0	3,1	b
Super-Bond	S	32,0	1,6	b
Super-Bond	C	32,4	0,9	b
Super-Bond	R	29,8	2,7	b
ABC	C	29,6	2,3	b
ABC	S	29,4	1,9	b
ABC	R	28,0	1,0	b

-Bond znatno su viših veznih vrijednosti od ABC cementa ( $p < 0,05$ ). Najbolje rezultate osiguralo je pjeskarenje korundima i Panavia 21 cement (skupina a) ( $p < 0,05$ ), a najslabije ABC cement, bez obzira na pjeskarenje (skupina b) ( $p > 0,05$ ). Vezne vrijednosti Panavia 21 cementa i Super-Bonda znatno ( $p < 0,05$ ) se razlikuju nakon pjeskarenja Sanita korundom (skupine a i b).

Vrijednosti rezultata znatno se povećavaju nakon nanošenja veznoga posrednika ( $p < 0,05$ ), i opsega su od 28,4 do 46,2 MPa. Tukey-Kramerovi intervali grupiraju se u tri skupine: od 42,2 do 46,2 MPa (c), od 39,8 do 42,2 MPa (a), od 28,4 do 29,8 MPa (b) (Tablica 5). Uzorci vezani Super-Bandom i Panaviom pokazuju statistički znatno bolje rezultate od ABC cementa ( $p < 0,05$ ), a pjeskarenje Rolloblast polirerom znatno je lošije u odnosu prema Cobra i Sanita korundi ( $p > 0,05$ ). Vrijednosti vezne čvrstoće ostvarene uporabom pjeskarenja Rolloblast polirerom i dva adhezivna cementa (Super-Bond i Panavia 21) statistički se znatno ne razlikuju od uzoraka koji su pjeskareni korundima (Cobra i Sanita) te je upo-

rabljen Panavia 21 cement (skupina a) ( $p > 0,05$ ). Najbolje rezultate daje pjeskarenje korundima u vezi sa Super-Bandom (skupina c) ( $p < 0,05$ ), a najslabije ABC cement bez obzira na pjeskarenje (skupina b) ( $p > 0,05$ ). Vezne vrijednosti međusobno se razlikuju ( $p < 0,05$ ) nakon pjeskarenja Sanita korundom i vezivanja Super-Bandom i Panavia 21 cementom (skupine c i a).

Istražujući karakter loma i postotak preostalog cementa na metalnome uzorku, otkriveno je da uzorci Ag-Pd slitine bez veznoga posrednika pokazuju pretežito adhezivni oblik loma (ABC - 100%, Super-Bond - 71,7% i Panavia 21 - 60%), a nakon kondicioniranja kohezivni (Panavia 21 i Super-Bond - 56,7%) i adhezivni (ABC - 96,7%). Svi uzorci Ag-Pd slitine koji su pjeskareni Rolloblast polirerom, bez obzira na cement i vezni posrednik, lome se adhezivno (96,7% i 91,6%), dok se uzorci slitine bez veznoga posrednika, koji su pjeskareni Cobra i Sanita korundima i vezani Panavia 21 i Super-Bond cementima, lome adhezivno (66,7% i 68,3%), a kada se upotrijebe vezni posrednik više kohezivno (60% i 53,3%) (Tablica 6).

Tablica 5. Vrijednosti vezne čvrstoće na zaokret triju cemenata i uzoraka Ag-Pd slitine s uporabom veznoga posrednika, grupirane Tukey-Kemperovim intervalima na 0,05 razini znatnosti, nakon različito provedena pjeskarenja: C = pjeskarenje Cobra korundom, S = pjeskarenje Sanita korundom, R = pjeskarenje Rolloblast polirerom, = aritmetička sredina izražena u megapaskalima; SD = standardna devijacija. Jednaka slova (a, b i c) pokazuju da se vrijednosti znatno ne razlikuju ( $p > 0,05$ )

Table 5. Torque bond strength of three cements and Ag-Pd alloy with primer, grouped by Tukey-Kramer's intervals at 0.05 significance level after different sandblasting treatments: C = Cobra abrasive sandblasting; S = Sanita abrasive sandblasting; R = Rolloblast polisher sandblasting; = arithmetic mean of the bond strengths in megapascals; SD = standard deviation. Identical letters (a, b and c) indicate that the values are not significantly different ( $p > 0,05$ )

Vrsta cementa / Cement	Tip pjeskarenja / Different sandblasting	Aritmetička sredina (X)	Standardna devijacija (SD)	Grupiranje (G)
Super-Bond	C	46,2	1,3	c
Super-Bond	S	42,2	0,9	ca
Super-Bond	R	40,8	4,5	a
Panavia 21	C	41,0	4,4	a
Panavia 21	S	41,4	4,1	a
Panavia 21	R	39,8	3,3	a
ABC	C	29,8	1,5	b
ABC	S	29,4	0,5	b
ABC	R	28,4	0,5	b



Tablica 6. Karakter loma između triju cementa i uzoraka Ag-Pd slitine izraženi u postotcima nakon različito provedena pjeskarenja: C = pjeskarenje Cobra korundom, S = pjeskarenje Sanita korundom, R = pjeskarenje Rolloblast polirerom, I = bez veznoga posrednika, II = s veznim posrednikom; Ad = adhezivni prekid na spoju cement-slitina; Ko = kohezivni prekid unutar cementa; M = kombinirani prekid

Table 6. Failure mode of bonds among three cements and Ag-Pd alloy samples after various metal patterns sandblasting treatments, expressed in percentage: C = Cobra adhesive sandblasting; S = Sanita abrasive sandblasting; R = Rolloblast polisher sandblasting; I = without primer; II = with primer; Ad = adhesive failure at the cement-metal interface; Ko = cohesive failure within the cement; M = mixture of cohesive failure and adhesive failure

		Cobra			Sanita			Rolloblast			Ukupno / Total		
		Ad%	Ko%	M%	Ad%	Ko%	M%	Ad%	Ko%	M%	Ad%	Ko%	M%
Bez veznog posrednika (I) / without V-Primer (I)	P 21	40	60	-	45	55	-	95	-	5	60	38,3	1,7
	SB	60	20	20	60	20	20	95	-	5	71,7	13,3	15
	ABC	100	-	-	100	-	-	100	-	-	100	-	-
S veznim posrednikom (II) / with V-Primer (II)	P 21	10	90	-	20	80	-	85	-	15	38,3	56,7	5
	SB	10	90	-	20	80	-	90	-	10	40	56,7	3,3
	ABC	95	-	5	95	-	5	100	-	-	96,7	-	3,3
Ukupno / Total	I	66,7	26,7	67	68,3	25	6,7	96,7	-	3,3			
	II	38,3	60	1,7	45	53,3	1,7	91,6	-	8,3			

## Rasprava

Fiksnoprotetski radovi u usnoj šupljini izloženi su kombiniranome djelovanju sila smika, tlaka i vlak te je zbog toga u ovome radu uporabljena metoda testiranja na zaokret (14), a model testiranja je metal-na-metal, budući da su problemi kontroliranih testiranja mnogo manji od onih stvarnih na caklina-cement-slitina veznome nizu. Ukupno je ispitano 18 kombinacija uzoraka (tri tipa pjeskarenja, tri vrste cementa i jedan vezni posrednik - bez veznoga posrednika i s veznim posrednikom), a valjanost je rezultata ocijenjena spram neformalnoga standarda za spoj adhezivnih cementa na nagriženoj caklini (7-20 MPa) (4) i pjeskarenoj slitini (10-40 MPa) (2). Trosmjerna raščlamba varijance odbacuje nultu hipotezu jednakih aritmetičkih sredina za vezni posrednik, cement i pjeskarenje, što upućuje da tip pjeskarenja, vrsta cementa i vezni posrednik znatno utječu na vrijednosti vezne čvrstoće spoja cementa na slitini.

Na osnovi rezultata ove studije nesumnjivo se može zaključiti da su korundi (Cobra i Sanita) znatno bolji od Rolloblast polirera ( $p < 0,05$ ), a da je mje-

šavina korunda i staklenih kuglica (Sanita) slabija u usporedbi s čistim korundom ( $p > 0,05$ ) (tablica 3 i 4). Stvarajući mikromehaničku retenciju, Cobra i Sanita korundi poboljšali su svezivanje, a Rolloblast ga je za 30% smanjio. Rolloblastom tretirana površina je nepravilna, ali prije svega glatka i sivkasta s karakterističnim pjegama i teško da stvara retenciju. Moglo bi se reći da staklene kuglice zaglađuju površinu slitine, a korund ju hrapavi. Razvidno je da postoji izravna sveza između najvećih veznih vrijednosti i najvećega broja kohezivnih prekida (66,7% i 68,3%) te najslabijih rezultata i adhezivnog oblika loma (96,7%), (tablica 6). To se slaže s rezultatima drugih istraživanja (15,16), i implicira kako je u svakom trenutku potrebno korektno pjeskariti i rabiti znani promjer i vrstu korunda, jer se inače može nepotpuno ohrapaviti dentalna slitina i posljedično izazvati da se odcementiraju krila adhezivnoga mosta.

Danas se samo može nagađati o procesima koji se događaju na pjeskarenoj površini. Pjeskarenjem se povećava površina adherenta za kemijsko svezivanje s aktiviranim funkcionalnim skupinama adheziva, povećava se svojstvo vlaženja i/ili mijenja

struktura njezine površine, ali je potrebno unaprijediti kemijsko svezivanje između cementa i čestica korunda te pričvršćenje potonjih na površini metalne konstrukcije (17,18).

Opće je prihvaćena tvrdnja da se tip veze na spoju dvaju različitih materijala može postići fizičkim i kemijskim putem, no obično između njih nije moguće povući jasnu granicu. Mehanička sastavnica retencije razlikuje geometrijsku (može se matematički izračunati), stvarnu (rezultat mikrohrapavosti) i aktivnu (vlaženje) površinu vezivanja, a kemijska sastavnica ili specifična adhezija osigurava se međumolekulskim ili kemijskim silama svezivanja i određena je kemijskom strukturom adheziva i adhirenta (19,20). No prevladava mišljenje kako je točna pretpostavka da je kemijska adhezija najvažniji dio veznoga mehanizma (21), što potvrđuju i rezultati ovoga istraživanja.

Razlike u veznim vrijednostima spoja triju cemenata s metalnim dijelom uzorka statistički su znatne ( $p > 0,05$ ), a mogu se objasniti činjenicom da adhezivne skupine unutar cemenata pokazuju različite afinitete prema pjeskarenoj površini Ag-Pd slitine te da fizičke i kemijske promjene u cementu i vanjski čimbenici mogu biti uzrokom slabije sveze na graničnoj površini. Jakost adhezivne veze između cemenata i Ag-Pd slitine opada od: fosforne esterne skupine Panavia 21 cementa (najbolje se vezala), 4-META skupine Super-Bonda (dobro se vezala) i fosforne skupine metalnoga prajmera ABC cementa (slabo se vezala).

Uzorci Ag-Pd slitine koji su vezani neadhezivnim ABC cementom imali su najslabije vezne vrijednosti i 100% adhezivni oblik loma, bez obzira na pjeskarenje (tablice 4 i 6). To se slaže s istraživanjima koja su potvrdila superiornost adhezivnih cemenata na pjeskarenim slitinama (22,23), ali ne i s nekim tvrdnjama da se obje vrste cemenata bolje vežu na izpjeskarenoj Ni-Cr slitini (24). Razlog tako slabih rezultata vjerojatno proizilazi iz nekonzistentnosti djelovanja kemijski aktivne skupine u molekuli metalnoga veznog posrednika, koja ima potencijal formiranja ionske veze sa slitinom i kovalentne veze s cementima. Mehanizam akcije jednak je onom Metal Primet primera (oba su bifunkcionalne skupine), što potvrđuju istraživanja Taya (25). Mala viskoznost i slabo svojstvo tečenja ABC cementa posljedično uzrokuju loše ovlaživanje (22), a nizak

modul elastičnosti (1/4 Comspana) (26) te postojanje pukotina, praznina i poroznosti na međuspoju cement-slitina (postaju izvorom koncentracije naprezanja i smanjenja zamorne čvrstoće) moguće su objašnjenje adhezivnog oblika loma (27). Veći modul elastičnosti cementa ravnomjernije distribuira naprezanje preko vezne površine i usmjerava ga prema mjestu smanjenoga opterećenja, posljedično skvrčavajući cement na mjestu opterećenja, a vezna čvrstoća na smik ortodontskih cemenata u izravnom je odnosu s modulom elastičnosti (28). Retencija ABC cementa na površini Ag-Pd slitine određena je veličinom mikromehaničkog retiniranja i količinom ovlaživanja metalne podloge.

Kod uzoraka koji su vezani Super-Bondom očite su velike varijacije rezultata, pa je i veća standardna devijacija (tablica 4). Postupak rada je kompliciraniji, tehnika je osjetljiva i teško ju je nadzirati. Mješavinu oksidansa potrebno je upotrijebiti nekoliko sati nakon pripreme, a najviše u roku od 24 sata, jer se inače kositreli manganat reducira u magnezijev dioksid i slabi se oksidacijski učinak. Bolje je poslužiti se kombinacijom pasta-pasta cementa (Panavia 21) nego pasta-tekućina (Super-Bond). Na taj se način eliminira mogućnost utjecaja na rezultate mjerenja, zbog nepreciznosti određivanja jednakih dijelova katalizatora i univerzalne paste te ugradnje zračnih mjehurića unutar cementa prigodom njegova miješanja (29,30). Poznato je da se u neke materijale može infiltrirati zrak što kao posljedicu uzrokuje nastanak praznina između cementa i slitine i/ili unutar samog sloja cementa, a rezultat je slabljenje veze i kohezivni prekid (31). Tanaka je 1988. godine (29) objasnio mehanizam svezivanja Super-Bond cementa na Ag-Pd slitini kao sposobnost vezivanja funkcionalnoga monomera (4-META) cementa na pasivni sloj bakrenoga oksida površine neplemenitih slitina, što su druga istraživanja potvrdila (32).

Panavia 21 cement dao je najbolje rezultate, bez obzira na način pjeskarenja Ag-Pd slitine (tablice 3 i 4). Funkcionalni (MDP) monomer Panavia 21 cementa bolje se je vezao na bakrene okside Ag-Pd slitine od 4-META monomera Super-Bondom, i visok je postotak kohezivnoga prekida (60% i 71,7%) (tablica 6). Tomu su sukladni rezultati istraživanja drugih autora na Ag-Pd slitini, ali bez uporabe različitih načina umjetnog ostarivanja materijala (23,33-35). No znatno se slabi sveza Super-Bond

i Panavia 21 cemenata i pjeskarene metalne podloge nakon termocikliranja, premda potonji daje nešto bolje rezultate (36). Panavia 21 cement ima najbolja mehanička svojstva i ima veći modul elastičnosti od ABC cementa (5,2 GPa - 3,4 GPa) (37). Sustav sadržava 72% težinskih djelova punila, krte je i poprečno vezane strukture (olakšava jednoličan prijenos sila na veznim površinama) (23), a Super-Bond bez punila pokazuje svojstvo znatne plastične deformacije za koju je utvrđeno da je potencijalni uzrok loma cemenata te da je sastavljen od dugih elastičnih lanaca PMMA velike molekularne težine koji su slabije poprečno vezani i upijaju vodu pa se koncentracija naprezanja raspodjeljuje duž adhezivnoga spoja (33,37-40). Svakako da izbor punila u cementu također može imati određenu važnost u trajnosti cementiranja adhezivnoga mosta, a njegov iznos i sastav utječu na tlačnu čvrstoću cementa. No rezultati različitih istraživanja su upitni kada je riječ o tipu punila te njegovu utjecaju na vezne vrijednosti spoja cement-slitina. Jedni drže da ne postoji korelacijski odnos između mehaničkih svojstava cemenata i vrijednosti vezne čvrstoće spoja cement-slitina (41), a drugi, što se slaže s rezultatima ove studije, da polupropusna punila povećavaju sučelno područje između organskih i neorganskih sastavnica te olakšavaju prodiranje i mikromehaničko brtvljenje (42).

Skupine uzoraka Ag-Pd slitine kod kojih je upotrijebljen V-Primer pokazale su znatno veće vezne vrijednosti od netretiranih ( $p < 0,05$ ) (tablice 3 i 5). Dopunski korak, tj. upotreba veznoga posrednika, osigurao je znatno bolji rezultat od samo adhezivnih cemenata. Najbolja je Super-Bond i Cobra kombinacija, nešto slabija Super-Bond i Sanita, a najslabija je Panavia 21 i Sanita kombinacija. Niže vezne vrijednosti uvijek je pratio adhezivni način loma (ABC - 96,7%), a najbolje kohezivni (Panavia 21 i Super-Bond - 56,7%) (tablica 6).

Ti su nalazi sukladni istraživanjima drugih autora koji smatraju da tiol prajmer, odnosno aktivna komponenta V-Primer, unapređuje vezu adhezivnih cemenata i polimera na plemenitim i poluplemenitim slitinama prije i nakon termocikliranja, ali pohranom u vlažnoj okolini ona se znatno smanjuje (43-47). Druga su pak istraživanja pokazala suprotne rezultate za uvjete bez umjetnoga ostarivanja. Nisu opažene statistički znatne razlike u vrijednostima vezne čvrstoće spoja Super-Bond cementa i uzo-

raka Ag-Pd-Cu slitine neovisno o uporabi V-Primer (45), te sveže Ag-Pd-Cu-Au slitine i Super-Bond Opaque Ivory smole neovisno o uporabi 4-META monomera (48). Autori pretpostavljaju kako je učinkovitost vezivanja između cementa (polimera) i slitine ovisna o uzajamnom djelovanju aktivne skupine veznoga posrednika i funkcionalnoga monomera (4-META) Super-Bonda i/ili je ovaj potonji pokri-  
vao djelovanje V-Primer.

Također se poboljšava spoj Ag-Pd slitine i Visio-Gem kompozita s pomoću Super-Bond cementa i tiofosfat matakrlata koji ima vezni posrednik (49) te kombiniranjem aktivne skupine veznoga posrednika i funkcionalnoga (4-META) monomera Super-Bond cementa veza M-TBB smole na Au i Ag-Pd slitinama (50). Uz pomoć elektronspektroskopije (ESCA) u tiolu je otkrivena merkaptoskupina koja se kemijski veže s paladijem, a jaka veza na međuspoju cement-slitina pripisuje se mogućoj tiol-tinon tautometričnoj strukturi funkcionalnoga monomera (VBATDT) V-Primer (43). Može se zaključiti da slobodne merkaptoskupine veznoga posrednika kemijski reagiraju s poluplemenitim i plemenitim slitinama, a 4-META monomer cementa veže se na okside (Cr, Sn i Cu) neplemenitih slitina. Dakle, mehanizam veze upotrijebljena veznoga posrednika u ovome istraživanju jednak je sa spomenutom budući da aktivna skupina V-Primer ima dvije merkaptoskupine po molekuli monomera, a poluplemenita AuroPal S (Ag-Pd) slitina sadržava bakar.

Lošiji rezultati Panavia 21 cementa uzrokovani su nekompatibilnošću aktivne skupine (VBATD) V-Primer i funkcionalnoga monomera (MDP) Panavia 21 cementa, ili pak načinom njegova stvrdnjavanja. TBB inicijator Super-Bonda usmjerava skrvčavanje prema adhezivnome spoju, a homogenizirani slobodni radikali BPO inicijatora Panavia od površine i prema dubini cementa (51). Prema tomu, skrvčavanje Panavia 21 cementa se javlja u suprotnome smjeru od adhezivnoga spoja, što bi trebalo slabiti spoj. No u prvome dijelu ovog istraživanja tim su cementom dobiveni rezultati visokih veznih vrijednosti, pa se taj navod može isključiti kao potencijalni uzrok slabljenja veze. Osim toga, važno je postojanje DMPT aktivatora i BPO inicijatora, jer pomažu polimerizaciju veznoga posrednika, osobito na zagrijanoj podlozi plemenitih i neplemenitih slitina, a veća koncentracija inicijatora znatno una-

pređuje svezu između cementa i slitine (50,52). U novijoj literaturi ne preporučuje se kondicionirati zubnu slitinu V-Primerom kada se rabi Panavia 21 cement (53).

Jednako slabih rezultata kao u prvome dijelu ovoga istraživanja bila je upotreba ABC cementa. To se slaže s istraživanjima koja su utvrdila da se nakon termocikliranja i tretmana V-Primerom uzorci Ag-Pd slitine dobro vežu Super-Bond cementom, što nije slučaj za spoj uzoraka oksidirane plemenite slitine i ABC cementa (54).

Rezultati mjerenja vezne čvrstoće na torziju spoja cement-slitina u ovoj studiji kreću se u opsegu od 28,0 do 46,2 MPa. Neformalne standarde čvrstoće veze za međuspoj cement-nagrižena caklina zadovoljavaju sve kombinacije vezne čvrstoće, a te standarde dostižu samo 5 kondicioniranih čvrstoća veze za međuspoj cement-pjeskarena slitina. Kombinacije čvrstoće veze materijala koje su klinički prihvatljive poredane su u poretku od najboljih prema najslabijima: Super-Bond - Cobra - V-Primer = 46,2 MPa, Super-Bond - Sanita - V-Primer = 42,2 MPa, Panavia 21 - Cobra - V-Primer = 41,4 MPa, Panavia 21 - Sanita - V-Primer = 41,0 MPa i Super-Bond - Rolloblast - V-Primer = 40,8 MPa. Pregledom literature koja istražuje spoj cement-slitina vidljivo je da postoje razlike u rezultatima od studije do studije. Uporabom samo univerzalne kidalice nije moguće precizno utvrditi točnu točku na kojoj se lomi cementna veza ili nastaje stalna deformacija. S obzirom na nepreciznost alata za izradbu uzoraka, tj. postavljanje metalnih djelova jednoga nasuprot drugom tijekom postupka cementiranja, može bitna je posljedica nejednaka debljina sloja cementa između metalnih uzoraka, što ima utjecaj na raspad rezultata. Zbog toga je potrebno ispitati i druga područja kompleksnoga veznog niza caklina-cement-slitina koja također mogu biti "slaba točka": spoj cement-dentin, kohezivnu čvrstoću cementa i njihove međuovisnosti, te dobivene rezultate upotpuniti dugotrajnim kliničkim istraživanjima, što u konačnici jedino može dati pouzdane rezultate.

### Zaključak

Temeljem dobivenih rezultata istraživanja mogu se donijeti sljedeći zaključci:

1. Vezni posrednik, vrsta cementa i tip pjeskarenja te dvosmjerna međuovisnost tipa cementa i veznoga posrednika utječu na čvrstoću spoja cement-slitina.
2. Vezne vrijednosti variraju od 28,0 do 38,0 MPa bez veznoga posrednika, a nakon uporabe veznoga posrednika od 28,4 do 46,2 MPa i kemijska je adhezija važniji dio veznoga mehanizma u odnosu prema mehaničkoj retenciji.
3. Uzorci najvećih vrijednosti vezne čvrstoće pokazali su najveći broj kohezivnih prekida, a uzorci najslabijih rezultata čvrstoće adhezivni oblik loma.
4. Pjeskarenje Cobra i Sanita pijeskom daje bolje vezne rezultate od pjeskarenja Rolloblast pijeskom, a ABC cement (neadhezivni) slabijih je veznih vrijednosti od cemenata Panavia 21 i Super-Bonda (adhezivni).

### Zahvala

Autor se zahvaljuje doc. dr. sc. Vladi Mitkoviću i mr. sc. Jadranku Jahiću dipl. ing. s Mašinskoga fakulteta Univerziteta u Sarajevu na pomoći prigodom tehničke izvedbe ovoga istraživanja, zatim prof. dr. sc. Vlatku Lipovcu sa Sveučilišta u Dubrovniku na pomoći oko statističke obradbe podataka i napsljetku gospodinu Y. Oki, te tvrtki "J. Morita", na darovanom materijalu.

### Literatura

1. DUNCAN PJ, PAMEIJER CH. Retention of parallel-sided titanium posts cemented with six luting agents: an *in vitro* study. *J Prosthet Dent* 1998; 80: 423-8.
2. WIRZ J, BESIMO C, SCHMIDLI F. Verbundfestigkeit von Metallgerüst und Haftvermittler in der Adhäsivbrücken technik. *Schwiz Monatsschr Zahnmed* 1989; 99: 24-39.
3. EL-MOWAFY O, RUBO MHM. Retention of a posterior resin-bonded fixed partial denture with a modified design: an *in vitro* study. *Int J Prosthodont* 2000; 13: 424-31.
4. BEECH DR. Bonding resorative resins to dentin. In: posterior composite resin dental material restorative materials. Peter Szulc Publishing Co, The Netherlands 1985.
5. YAP AU, STOKES AN. Resin-bonded prostheses. *Quintessence Int* 1995; 26: 521-30.
6. BATKOVSKI S. Istorijski prikaz spoja plastičnog materijala s metalnom podlogom. *Acta Stomatol Croat* 1989; 23: 311-7.

7. BATKOVSKI S. Povijesni prikaz smolom vezanih mostova. *Acta Stomatol Croat* 1994; 28: 209-15.
8. ALBERS HF. Metal-resin bonding. *Adept Report* 1991; 2: 25-40.
9. BATKOVSKI S, KOVAL-BATKOVSKI D. Utjecaj raznih oblika mehaničke retencije na vezu polimernih materijala s metalnom podlogom. *Acta Stomatol Croat* 1998; 32: 265-82.
10. KOHLI S, LEVINE WA, GRISIUS RJ, FENSTER RK. The effects of three different surface treatments on the tensile strength of the resin bond to nickel-chromium-beryllium alloy. *J Prosthet Dent* 1990; 63: 4-8.
11. GUENTER WC. *Analysis of variance*. Englewood Cliffs: Prentice Hall; 1964.
12. DALBY J. *Analysis of variance*. An Arbor (MI): Statistica Research Laboratory, University of Michigan 1968.
13. COHEN L, HOLLIDAY M. *Statistics for education and physical education*: Harper & Row; 1979.
14. COHEN BI, PAGNILLO MK, MUSIKANT BL, DEUTSCH AS, COFRANCESCO G. Pilot study of the effects of three bonding systems on the torsional resistance of a titanium-reinforced composite core. *J Prosthet Dent* 1999; 82: 277-80.
15. COELHO CMP, RUBO JH, PEGORARO LF. Tensile bond strength of a resinous cement to a nickel-chromium alloy modified with five surface treatments. *J Prosthet Dent* 1996; 76: 246-9.
16. BERRY EA, EAKLE WS, SUMMITT JB. Air abrasion: an old technology reborn. *Compend Contin Educ Dent* 1999; 20: 751-62.
17. OHKUBO C, WATANABE I, HOSOI T, OKABE T. Shear bond strengths of polymethyl methacrylate to cast titanium and cobalt-chromium frameworks using five metal primers. *J Prosthet Dent* 2000; 83: 50-7.
18. BLIXT M, ADAMCZAK E, LINDEN L-A, ODEN A, ARVIDSON K. Bonding to densely sintered alumina surfaces: effect of sandblasting and silica coating on shear bond strength of luting cements. *Int J Prosthodont* 2000; 13: 221-6.
19. SAGARA M, OHNO H. Gold alloy for resin bonding including small amount base metals-structural changes of alloy surface by the high-temperature oxidation. *Dent Mater* 1999; 18: 366-84.
20. PADROS JL, PADROS E, KEOGH TP. New method for the in vitro evaluation of dental alloy bonding systems. *J Prosthet Dent* 2000; 84: 217-21.
21. EL-MOWAFY O, RUBO MHM. Retention of a posterior resin-bonded fixed partial denture with a modified design: an in vitro study. *Int J Prosthodont* 2000; 13: 424-31.
22. ATTA MO, BROWEN D, SMITH BGN. Bond strength of contemporary bridge cements to a sandblasted or electrolytically etched nickel-chromium alloy. *Dent Mater* 1988; 4: 201-7.
23. ATTA M, SMITH BGN, BROWN D. Bond strengths of three chemical adhesive cements adhered to a nickel-chromium alloy for direct bonded retainers. *J Prosthet Dent* 1990; 63: 137-43.
24. GARCIA-GODY F, KAISER DA, MALONE WFP, HUBBARD G. Shear bond strength of two resin adhesives for acid-etched metal prostheses. *J Prosthet Dent* 1991; 65: 787-9.
25. TAY WM. Resin-bonded bridges: methods and materials. *Dent Update* 1988; 15: 10-4.
26. HANSSON O, MOBERG L-E. Evaluation of three silicoating methods for resin-bonded prostheses. *Scand J Dent Res* 1993; 101: 243-51.
27. TJAN AHL, NEMETZ H, TJAN AH. Bond strength of composite to metal mediated by adhesive promoters. *J Prosthet Dent* 1987; 57: 550-4.
28. BEECH DR, JALALY T. Clinical and laboratory evaluating of some orthodontic direct bonding systems. *J Dent Res* 1981; 60: 927-78.
29. TANAKA T, HIRANO M, KAWAHARA M, MATSUMURA H, ATSUTA M. A new ion-coating surface treatment of alloys for dental adhesive resins. *J Dent Res* 1988; 67: 1376-80.
30. GIVAN DA, FITCHIE JG, ANDERSON L, ZARDIACKAS LD. Tensile fatigue of 4-META cement bonding three base metal alloys to enamel and comparison to other resin cements. *J Prosthet Dent* 1995; 73: 377-85.
31. TRIOLO PT, KELSEY WP, BARKAMEIER WW. Bond strength of an adhesive resin system with various dental substrates. *J Prosthet Dent* 1995; 74: 463-8.
32. CHANG JC, HURST TL, HART DA, ESTEY AW. 4-META use in dentistry: a literature review. *J Prosthet Dent* 2002; 87: 216-24.
33. MILLER BH, NAKAJIMA H, POWERS JM, NUNN ME. Bond strength between cements and metals used for endodontic posts. *Dent Mater* 1998; 14: 312-20.
34. CZREW RJ, WAKEFIELD CW, ROBBINS JW, FULKERSON MS. Shear bond strength of composite resin to micro-etched metal with five newer-generation bonding agents. *Oper Dent* 1995; 20: 58-62.
35. IRLEAND AJ, et al. The influence of alloy copper content on the polymerization of anaerobic adhesives. *J Dent* 1999; 27: 155-61.
36. WATANABE I, WATANABE E, YOSHIDA K, OKABE T. Effect of surface contamination on adhesive bonding of cast pure titanium and Ti-6Al-4V alloy. *J Prosthet Dent* 1999; 81: 270-6.
37. KULLMAN W. Comparative study on 20 different composite luting cements for adhesion-fixed partial dentures. *Dtsch Zahn Z* 1986; 41: 484-9.
38. WHITE SN. Adhesive cements and cementation. *J Calif Dent Assoc* 1993; 21: 30-7.
39. YOSHIDA K, SAWASE T, WATANABE I, ATSUTA M. Shear bond strengths of four resin cements to cobalt-chromium alloy. *Am J Dent* 1995; 8: 285-8.
40. KNOBLOCH LA, KERBY RE, SEGHI R, BERLIN JS, LEE JS. Fracture toughness of resin-based luting cements. *J Prosthet Dent* 2000; 83: 204-9.
41. LÜTHY H, MARINELLO CP, SCHNÄDER P. Factors influencing metal-resin tensile bond strength to filled composites. *Dent Mater* 1990; 6: 73-7.

42. BOWEN RL. United States Patent N0 4, 1980.
43. ATSUTA M, MATSUMURA H, TANAKA T. Bonding fixed prosthodontic composite resin and precious metal alloys with the use of a vinyl-thiol primer and an adhesive opaque resin. *J Prosthet Dent* 1992; 67: 296-300.
44. WATANABE I, MATSUMURA H, ATSUTA M. Effect of two metal primers on adhesive bonding with type IV gold alloys. *J Prosthet Dent* 1995; 73: 299-303.
45. MATSUMURA H, TAIRA Y, ATSUTA M. Adhesive bonding of noble metal alloys with a triazine dithiol derivate primer and an adhesive resin. *J Oral Rehabil* 1999; 26: 877-82.
46. YOSHIDA K, ATSUTA M. Effect of MMA-PMMA resin polymerization initiators on the bond strength of adhesive primers for noble metal. *Dent Mater* 1999; 15: 322-36.
47. YANAGIDA H, MATSUMURA H, ATSUTA M. Bonding of prosthetic composite material to Ti-6Al-7Nb alloy with eight metal conditioners and a surface modification technique. *Am J Dent* 2001; 14: 291-4.
48. MATSUMURA H, TANAKA T, ATSUTA M. Bonding of silver-palladium-copper-gold alloy with thiol derivate primers and tri-n-butylborane initiated luting agents. *J Oral Rehabil* 1997; 24: 291-6.
49. MATSUMURA H, LEINFELDER KF. Effect of an adhesive primer on the integrity of occlusal veneer-metal interface and wear of composite resin veneered restorations. *J Prosthet Dent* 1993; 70: 296-9.
50. TAIRA Y, IMAI Y. Primer for bonding resin to metal. *Dent Mater* 1995; 11: 2-6.
51. YOSHIDA K, KAMADA K, TANAGAVA M, ATSUTA M. Shear bond strengths of three resin cements used with three adhesive primers for metal. *J Prosthet Dent* 1996; 75: 254-61.
52. RICHARDS ND, EICHMILLER F, DICKENS SV, SIMONI FV. The effect of two initiator-stabilizer concentrations in a metal primer on bond strengths of a composite to a base metal alloy. *Dent Mater* 1993; 9: 91-4.
53. O'KNEEFE KL, MILLER BH, POWERS JM. In vitro tensile bond strength of adhesive cements to new post materials. *Int J Prosthodont* 2000; 13: 47-51.
54. TANAKA T, KAMADA K, MATSUMURA H, ATSUTA M. A Comparison of water temperatures for thermocycling of metal-bonded resin specimens. *J Prosthet Dent* 1995; 74: 345-9.