

RADIVOJE D.  
RADOSAVLJEVIĆ<sup>1</sup>  
SAŠA D. STANKOVIĆ<sup>2</sup>  
ZORICA R. AJDUKOVIĆ<sup>2</sup>  
DANIMIR P. JEVREMOVIĆ<sup>3</sup>  
JELENA T. TODIĆ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Medicinski fakultet u Prištini sa  
sedištem u K. Mitrovici, Odsek za  
stomatologiju, Klinika za  
stomatološku protetiku,  
Kosovska Mitrovica  
<sup>2</sup>Medicinski fakultet, Klinika za  
stomatologiju, Odeljenje za  
stomatološku protetiku, Niš  
<sup>3</sup>Stomatološki fakultet, Klinika za  
stomatološku protetiku, Beograd

NAUČNI RAD

UDK 669.1:622.785:621.78:66.04

DOI: 10.2298/HEMIND0904281R

## SKENIRAJUĆA ELEKTRONSKO MIKROSKOP- SKA ANALIZA DENTALNIH CEMENATA\*

*Cilj ovog rada je da se uporede karakteristike različitih dentalnih cemenata (cink-fosfat cement, glas-jonomer cement, kompozitni cement) koristeći skenirajuću elektronsku mikroskopsku analizu (SEM) i mikropropustljivost u proceni kvaliteta materijala. Dentalnim cementima, mešanim prema uputstvu proizvođača, fiksirani su kočići u kanalima korena ekstrahiranih zuba. Kvalitet cementa kroz promer šupljina i pukotina je ispitivan SEM-om na poprečnim presecima korena sa fiksiranim kočićima. Mikropropustljivost je određivana na uzorcima koji su čuvani u Loflerovom reagensu. Srednje vrednosti maksimalnih promera šupljina i pukotina, kao i mikropropustljivosti kod konvencionalnih cemenata višestruko je veća u poređenju sa kompozitnim cementima. Na osnovu rezultata ove studije, kvalitet i efikasnost kompozitnih cemenata u poređenju sa konvencionalnim cementima je veći u zaštiti unutrašnjosti zuba od prodora oralnih tečnosti, bakterija i bakterijskih toksina do nezaštićenog dentina.*

Trajno vezivanje fiksnih protetskih nadoknada podrazumeva očuvanje integriteta cementnog sloja u toku dugog niza godina uprkos svim silama koje na njega deluju zbog napona u nadoknadi i u zubu kao rezultat napanja tokom oralnih funkcija, kao i ataka oralnih tečnosti [1].

Postoji veliki izbor materijala na tržištu za cementiranje fiksnih protetskih radova. Svi ovi materijali se razlikuju po hemijskom sastavu, imaju različite fizičke, mehaničke i biološke osobine. Idealan cement za trajno vezivanje fiksnih nadoknada trebalo bi da ima dovoljno dugo radno vreme, da se lepi za površinu zuba i nadoknade, da nije toksičan za pulpu, da ima zadovoljavajuću mehaničku otpornost, da se višak može istisnuti kako bi se formirao što je moguće tanji sloj, da ima mali viskozitet, da je nerastvorljiv i da ima optimalno vreme vezivanja. Pored toga, višak vezanog cementa trebalo bi da se lako uklanja.

U većini slučajeva, prah čine ili cink oksid ili aluminosilikatno staklo, dok je tečnost fosforna kiselina, poliakrilna kiselina ili eugenol [2–6]. Veličina kristala praha u zamešanom cementu uglavnom ima dimenzije koje su izražene u mikrometrima, dok se kod nekih vrsta cemenata kao što je kompozitni cement mere nanometrima.

Najčešća vrsta cementa korišćena u kliničkoj praksi su cink-fosfat, glas-jonomer i kompozitni cement. Svaki od ovih materijala se razlikuju po svojim osobi-

nama i mogu se rangirati od najboljeg do najslabijeg, tako prema kompresionoj snazi primat zauzimaju kompozitni cementi ili smolom ojačani cementi, zatim glas-jonomer cementi i na kraju cink fosfat cement, prema rastvorljivosti redosled je isti ali ima obrnuti smer [7–12]. Dugotrajnost cementa se ogleda u zaštiti unutrašnjosti zuba od prodora oralnih tečnosti, bakterija i bakterijskih toksina do nezaštićenog dentina.

U nekim istraživanjima SEM analiza je korišćena u proceni regeneracije spongiozne alveolarne kosti [13], dok je u ovom istraživanju SEM-om anallizirana veličina šupljina i pukotina, dok je mikropropustljivost određivana uz pomoć Lofler-ovog reagensa. Cilj ovog istraživanja je da se uporede karakteristike različitih dentalnih cemenata *in vitro* koristeći SEM analizu i mikropropustljivost.

### MATERIJAL I METODE

Materijal je činilo 30 centralnih inciziva gornje vilice ekstrahiranih iz parodontoloških razloga sa pravim korenskim kanalima, sličnim anatomskim izgledom i završenim rastom korena.

Uzorci centralnih inciziva gornje vilice su podeljeni u 2 grupe:

– prva grupa uzoraka je korišćena za SEM analizu kvaliteta cementa, i podeljena je u tri podgrupe od po 5 centralnih inciziva u svakoj podgrupi;

– druga grupa uzoraka korišćena je za ispitivanje mikropropustljivosti i podeljena je u tri podgrupe od po 5 centralnih inciziva u svakoj podgrupi.

Podgrupe u prvoj i drugoj grupi uzoraka su identične.

\*Rad saopšten na skupu „Sedmi seminar mladih istraživača“, Beograd, 22–24. decembar 2008.

Autor za prepisku: R. Radosavljević, Medicinski fakultet u Prištini sa sedištem u K. Mitrovici, Stomatološki odsek, Klinika za stomatološku protetiku, 28000 Kosovska Mitrovica, Srbija.

E-pošta: rascha016@yahoo.com

Rad primljen: 22. decembar 2008.

Rad prihvaćen: 25. februar 2009.

## Endodontski tetman zuba, priprema za fiksiranje i fiksiranje kočica

Ekstrahirani zubi su očišćeni od mekih tkiva i kalkulusa i čuvani u fiziološkom rastvoru do eksperimenta. Svaki centralni inciziv sečen je perpendikularno u odnosu na uzdužnu osu zuba, u predelu cementno-gledne granice, dijamantskom šajbom pri malom broju obrtaja uz neprestano vodeno hlađenje. Da bi se standardizovale dužine kanala korena za eksperiment, uzorci su sečeni uniformno dužine 15 mm. Posle uklanjanja gutaperke i punjenja, prethodno endodontski tretiranih zuba, mašinskim proširivačima tipa proširivača Peeso; Dentsply-Maillefer, sve tri grupe uzoraka preparisane su istim proširivačem tipa FRC Postec Plus Reamer, Ivoclar Vivadent, Schaan, Lihtenštajn, kako bi volumen preparisanih kanala u sve tri grupe uzoraka bio isti, dužina 11 mm, prečnik u cervikalnom delu korena 2,0mm i u apikalnom 1,0 mm.

Posle ispiranja preparisanih kanala korena 5,25% rastvorom natrijum-hipohlorita (NaOCl) od detritusa i sušenja, pristupilo se izradi livenih kočica za prve dve grupe uzoraka u laboratoriji. Postupak izrade livenih kočica je standardizovan, pri čemu smo dobili 30 odlika istih dimenzija koji su posle fizičko-hemiske obrade bili spremni za fiksiranje.

Za prvu podgrupu uzoraka (identična i za prvu i za drugu grupu uzoraka) korišćeni su liveni kočici i cink-fosfat cement tipa Cegal N, ICN Galenika, Beograd, Srbija. Posle ispiranja preparisanih kanala korena 5,25% NaOCl i sušenja komprimovanim vazduhom iz pustera, lentulom tipa Dentsply-Maillefer unosen je zamešan cink-fosfat cement, a predhodno pripremljen liveni kočic, držan je u alkoholu i zatim sušen pre fiksiranja u kanal korena. Punjenja su rađena u jednoj seansi po tri uzorka kako bi konzistencija zamešanog cink-fosfat cementa bila što sličnija.

Za drugu podgrupu uzoraka korišćeni su liveni kočici i glas-jonomer cement tipa Vivaglass CEM PL, Ivoclar Vivadent, Schaan, Lihtenštajn. Postupak cementiranja kočica ponovljen je kao u predhodnoj grupi uzoraka.

Za treću podgrupu uzoraka korišćeni su kompozitni kočici ojačani staklenim vlaknima tipa FRC Postec Plus, Ivoclar Vivadent, Schaan, Lihtenštajn, veličine 3 (#3) i kompozitni cement istog proizvođača tipa Multilink Automix, Ivoclar Vivadent, Schaan, Lihtenštajn. Postupak fiksiranja ovih kočica rađen je prema uputstvima proizvođača.

### Skenirajuća elektronsko mikroskopska analiza (SEM)

Ovaj deo istraživanja obuhvata skenirajuće elektronsko mikroskopsko (SEM) ispitivanje poprečnih preseka korena sa fiksiranim kočicima. Ispitivani uzorci su sečeni šajbom impregniranom dijamantskim prahom pri malom broju obrtaja uz neprestano vodeno hlađenje u cervikalnom i apikalnom delu. Preseci su ispirani des-

tilovanom vodom, sušeni komprimovanim vazduhom, fiksirani u specijalni nosač i unošeni u aparat za vakuumsko napanje zlata. Opservacija i fotografisanje svih preseka vršena je na skenirajućem elektronskom mikroskopu tipa JSM 5300 JEOL Japan.

Fotografije za ispitivanje promera šupljina rađene su pod uveličanjem od 5000 puta, a zatim obrađene u programu Adobe Photoshop, verzija 8.0, i analizirane u matematičkom programu Mathcad Professional 2001. Slike su obrađivane u BMP formatu tako što su razložene na piksele u matricama ovog programa. Svaka obrađena slika ima preko 140000 piksela (tačaka). Svaka od ovih tačaka ima vrednosti u zavisnosti od toga da li označava kristale cementa ili prazan prostor i izražavaju se brojačano.

Fotografije za ispitivanje promera pukotina između cementa i dentina kanala korena i kočica rađene su pod različitim uveličanjima. Kao parametar promera koristile su nam duži različitih veličina, koje se nalaze u donjem desnom uglu na slikama, u zavisnosti od uveličanja pod kojim je SEM fotografija rađena. Fotografije su obrađivane u programu Adobe Photoshop, verzija 8.0.

Ispitivan je kvalitet vezivanja na osnovu prisustva šupljina unutar cementa, kao i na osnovu prisustva praznih prostora (pukotina) između cementa i dentina kanala korena, odnosno cementa i kočica.

Promer šupljina unutar cementa je klasifikovan: manje od 1  $\mu\text{m}$ , od 1 do 3  $\mu\text{m}$ , od 3 do 5  $\mu\text{m}$  i preko 5  $\mu\text{m}$ , dok su pukotine između cementa i dentina/kočica klasifikovane do 5  $\mu\text{m}$ , 5–10  $\mu\text{m}$  i preko 10  $\mu\text{m}$ .

### Određivanje mikropropustljivosti

Pripremljeni uzorci su potopljeni u rastvor metilen plavog (Lofler-ov reagens, Alfapanon, Novi Sad, Srbija) u mračnoj komori, u trajanju od sedam dana. Nakon detaljnog ispiranja vodom, svaki uzorak je zatim sečen dijamantskom šajbom pri maloj brzini uz neprestano hlađenje vodom u mezio-distalnom pravcu, kako bi površine bile dostupne za opservaciju. Prodor rastvora metilen plavog na uzorcima je fotografisan na utvrđenoj daljini pod određenim optičkim uveličanjem, a metričke vrednosti određene pomoću mikrometra koji se koristi u zubnoj laboratoriji u izradi fiksnih nadoknada.

### Statistička obrada dobijenih podataka

Statistička analiza je urađena korišćenjem standardnih programa za obradu podataka MS EXCEL i programskog paketa SPSS, verzija 10.0.

Deskriptivnom statističkom analizom prikazani su sledeći statistički parametri: aritmetička sredina, standardna devijacija, koeficijent varijacije, medijana i interval varijacije (min-max).

Analitičkom statističkom metodologijom izmerena je statistička značajnost međusobnih razlika retencionih vrednosti svih vrsta kočica i vezivnih materijala za njihovo fiksiranje. Poređenje srednjih vrednosti obeležja iz-

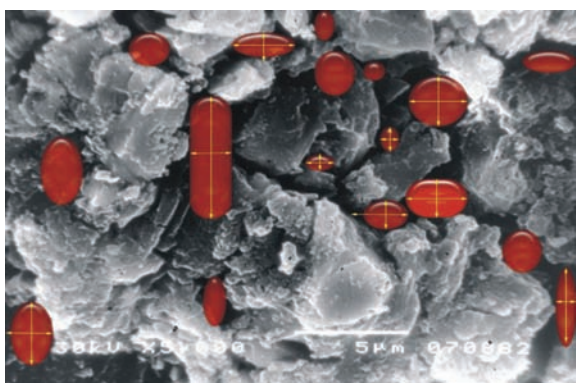
među grupa vršeno je analizom varijanse (ANOVA) i sledbenim *post hoc*. Danetovim testom za jednake i nejednake varijanse. Rezultati statističke analize prikazani su tabelarno i grafički.

## REZULTATI

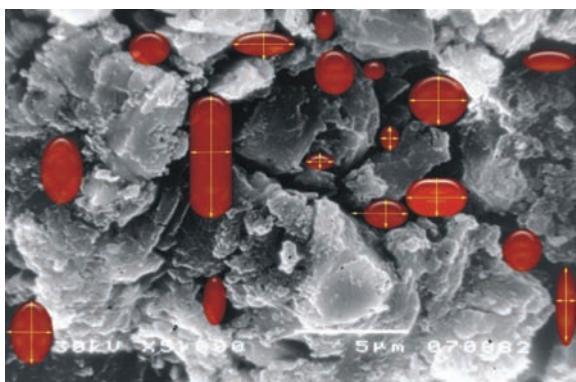
### Analiza kvaliteta vezivanja livenih kočica cementirani cink fosfatom/glas jonomer i FRC kočica cementirani kompozitnim cementom

Kvalitet vezivanja bazirali smo na osnovu postojanja – merenja šupljina, odnosno praznog prostora unutar cementa.

Na slikama 1–3 uočavaju se šupljine u cink-fosfatnom cementu (slika 1), glas-jonomer cementu (slika 2) i kompozitnom cementu (slika 3). Promer šupljina je istaknut crvenom bojom.



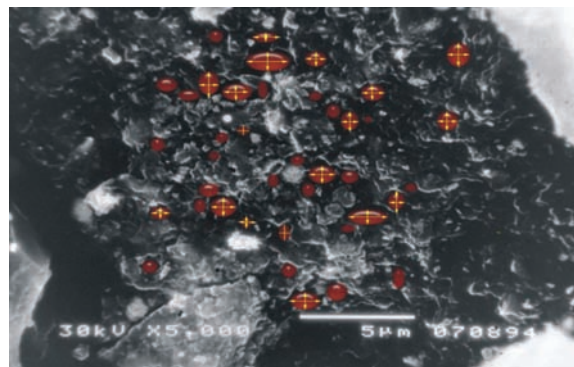
Slika 1. Cink-fosfatni cement – šupljine u cementu.  
Figure 1. Zn phosphate cement – cement pores.



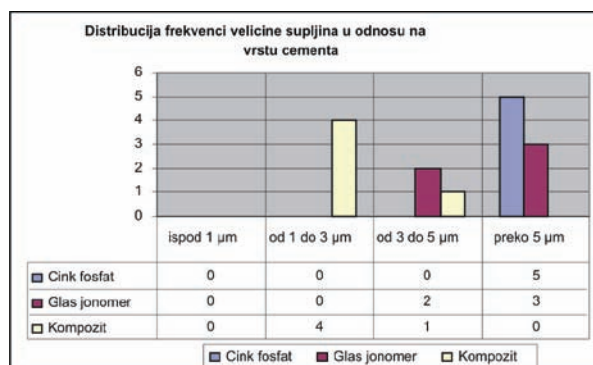
Slika 2. Glas jonomer cement – šupljine u cementu.  
Figure 2. Glass-ionomer cement – cement pores.

Distribucija frekvenci veličine šupljina unutar cementa u odnosu na vrstu cementa prikazana je na slici 4.

Srednja vrednost maksimalnih promera izmerenih šupljina kod cink fosfatnog cementa je iznosila 5,66  $\mu\text{m}$ , 5,46  $\mu\text{m}$  za glas jonomer cement i 2,75  $\mu\text{m}$  za kompozitni cement. Ove vrednosti su prikazane u tabeli 1 i slici 5.



Slika 3. Kompozitni cement – šupljine u cementu.  
Figure 3. Composite cement – cement pores.



Slika 4. Distribucija frekvenci šupljina u odnosu na vrstu cementa kod 15 uzoraka (zuba), po 5 za svaku vrstu cementa.  
Figure 4. Pore size distribution of different types of luting cements for 15 samples (teeth), 5 for each group of cement.

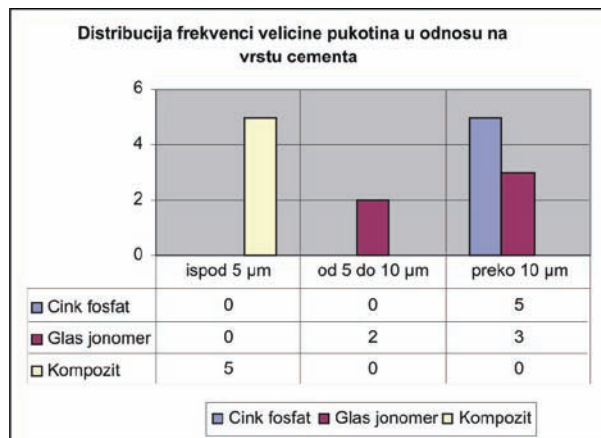
Tabela 1. Vrednosti maksimalnih promera šupljina različitih materijala za cementiranje izražena u mikronima  
Table 1. Maximal diameter of pores of different luting materials ( $\mu\text{m}$ )

Parametar	$\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$	Glas jonomer	Komp. cem.
Max. dim. šupljina	5,86	6,12	3,1
Min. dim. šupljina	5,44	4,54	2,32
Sred. vr. šupljina	5,66	5,46	2,75

Testiranje prosečnih vrednosti šupljina unutar materijala za cementiranje urađeno je testom analize varijanse. Dobijena je visoko statistički značajna vrednost ( $F = 99,149$   $p < 0.0001$ ) testiranih prosečnih vrednosti, odnosno postoji visoko statistički značajna razlika prosečne vrednosti šupljina u zavisnosti od vrste veziva. Srednja vrednost maksimalnih šupljina kod cink-fosfatnog cementa je dvostruko veća nego što je kod kompozitnih cementa, a skoro identična (razlika 0,2  $\mu\text{m}$ ).

Ova analiza je potvrđena i post hoc testom gde je, takođe, utvrđeno da se prva i druga grupa, odnosno cink-fosfat cementi i glas-jonomer cementi, značajno razlikuju od treće grupe u kojoj su predstavljeni kompozitni cementi i da se prva i druga grupa međusobno zna-

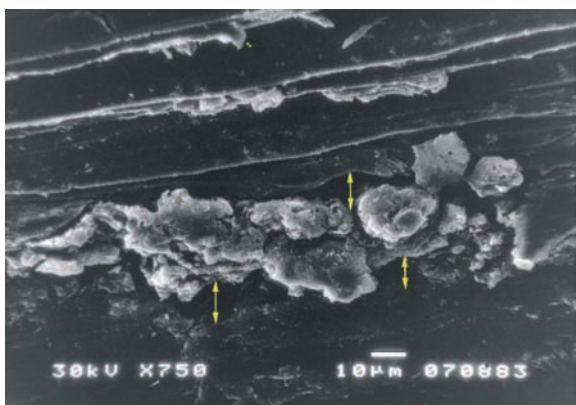
čajno ne razlikuju, odnosno kompozitni cement ima značajno manji promer šupljina.



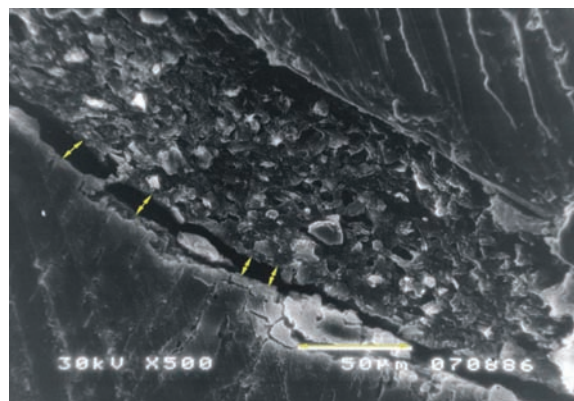
Slika 5. Vrednosti maksimalnih promera šupljina različitih materijala za cementiranje izražena u mikronima.

Graph 2. The max. pore size distribution of different types of luting cements (μm).

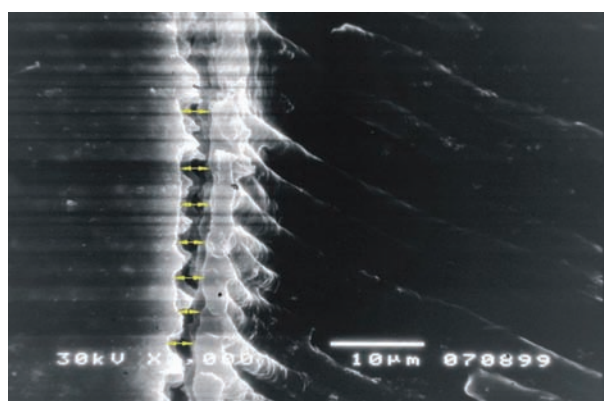
Osim postojanja šupljina unutar cementa, kvalitet vezivanja smo ispitivali i na osnovu postojanja pukotina između materijala za fiksiranje (cementa) i dentina kanala korena, tj. kočića. Na slikama 6–8 uočavaju se pukotine između dentina kanala korena, cink-fosfatnog cementa i livenog kočića (slika 6), dentina kanala korena, glas-jonomer cementa i livenog kočića (slika 7) i dentina kanala korena, kompozitnog cementa i FRC Postec Plus kočića (slika 8). Promer pukotina je označen žutim dužima. Distribucija frekvenci velicine pukotina između cementa i dentina kanala korena u odnosu na vrstu cementa prikazana je na slici 9. Srednja vrednost maksimalnih promera izmerenih pukotina kod cink-fosfatnog cementa je iznosila 11 μm, 10 μm za glas jonomer cement i 2,7 μm za kompozitni cement. Ove vrednosti su prikazane u tabeli 2 i slici 10.



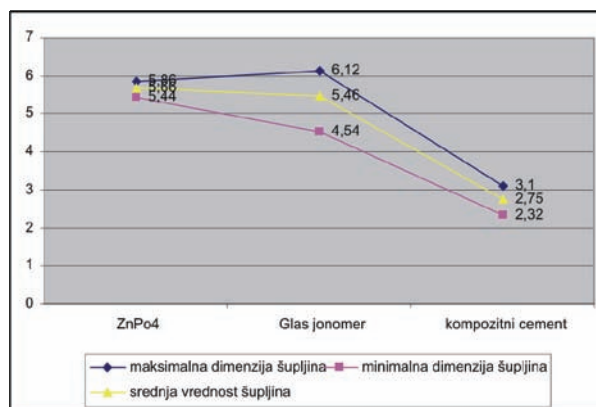
Slika 6. Cink-fosfatna-pukotina cement-dentin/kočić.  
Figure 6. Zn phosphate-gap cement-dentin/post.



Slika 7. Glas jonomer-pukotina cement-dentin/kočić.  
Figure 5. Glass-ionomer-gap cement-dentin/post.



Slika 8. Kompozitni cement-pukotina cement-dentin.  
Figure 8. Composite cement-gap cement-dentin/post.



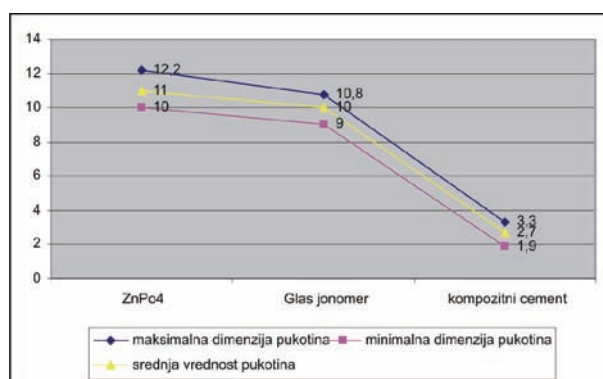
Slika 9. Distribucija frekvenci pukotina u odnosu na vrstu cementa kod 15 uzoraka (zuba), po 5 za svaku vrstu cementa.  
Figure 9. Gap size distribution of different types of luting cements for 15 samples (teeth), 5 for each group of cement.

Testiranje prosečnih vrednosti pukotina urađeno je testom analize varijanse. Dobijena  $F$  vrednost ( $F = 306,104$   $p < 0,0001$ ) jeste visoko statistički značajna, pa zaključujemo da postoji visoko statistički značajna razlika prosečne vrednosti pukotina zavisno od vrste veziva. Post hok testom je utvrđeno da se sve grupe međusobno značajno razlikuju, odnosno sve vrste cementa imaju

značajno različiti promer pukotina. Srednja vrednost maksimalnih dimenzija pukotina kod cink-fosfatnog i glas-jonomer cementa je četiri puta veća nego li kod kompozitnih cementa.

Tabela 2. Vrednosti maksimalnih promera pukotina različitih materijala za cementiranje izražena u mikronima  
Table 2. Maximal diameter of gaps of different luting materials ( $\mu\text{m}$ )

Parametar	Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	Glas jonomer	Komp. cement
Max. dim. pukotina	12,2	10,8	3,3
Min. dim. pukotina	10	9	1,9
Sred. vr. pukotina	11	10	2,7



Slika 10. Vrednosti maksimalnih promera pukotina različitih materijala za cementiranje izražena u mikronima.  
Figure 10. The max. gap size distribution of different types of luting cements ( $\mu\text{m}$ ).

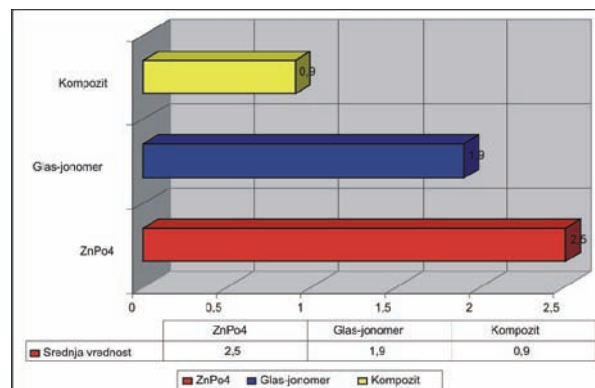
### Analiza mikropropustljivosti kod livenih i kompozitnih kočica cementiranih različitim vrstama cementa

Testiranje prosečnih vrednosti mikropropustljivosti urađeno je testom analize varijanse. Dobijena  $F$  vrednost ( $F = 130,667$   $p < 0,0001$ ) jeste visoko statistički značajna, pa zaključujemo da postoji visoko statistički značajna razlika prosečne vrednosti mikropropustljivosti zavisno od vrste veziva (tabela 3). Post hoc testom je utvrđeno da se sve grupe međusobno značajno razlikuju, odnosno sve vrste cementa imaju značajno različitu mikropropustljivost. Mikropropustljivost kod livenih kočica

Tabela 3. Prikaz vrednosti mikropropustljivosti kod livenih i kompozitnih kočica cementiranih različitim vrstama cemenata izražene u milimetrima  
Table 3. Microleakage of cast and composite posts cemented with different luting materials (mm)

Redni broj zuba	Cink-fosfat	Glas jonomer	Kompozit
1	2,4	1,8	1,1
2	2,7	1,9	0,8
3	2,3	2,1	0,7
4	2,6	2	1
5	2,5	1,7	0,9

ća cementiranih cink-fosfatnim cementom je 1,3 puta veća nego li kod livenih kočica koji su cementirani glas-jonomer cementom a 2,7 puta veća nego kod kompozitnih kočica cementirani kompozitom. Srednje vrednosti su date na slici 11.



Slika 11. Srednje vrednosti mikropropustljivosti kod različitih vrsta cementa.  
Figure 11. The average microleakage values of different types of luting cements.

### DISKUSIJA

Za klinički uspeh fiksnih zubnih proteza, pored funkcionalnih i estetskih vrednosti, od podjednake je važnosti i dugotrajnost veze sa nosećim strukturama zuba. Inače, najbolje rezultate u ovoj studiji pokazao je kompozitni cement, Multilink Automix. Moguće objašnjenje za dobijene rezultate treba tražiti i u mehanizmu formiranja veze sa dentinom [14].

Adhezija smolastih kompozitnih cemenata za dentin je mnogo kompleksnija, uključujući penetraciju hidrofilnih monomera kroz sloj kolagena obuhvatajući demineralizovane apatite najetkanog dentina. Dentin adhezija predstavlja infiltraciju smole u najetkani dentin stvarajući mikromehaničku vezu sa parcijalno demineralizovanim dentinom koji čini osnovu (leži ispod) hibridnog sloja ili smolaste interdifuzione zone. Adhezija za dentin zahteva više koraka, počevši od aplikacije kiseline ili dentinskih kondicionera za uklanjanje razmaznog sloja, tj. džepova debrisa, otvaranje i proširavanje dentinskih tubula i demineralizacije početnog dela dentina. Kiseline rastvara i uklanja minerale apatita koji inače prekrivaju kolagena vlakna matriksa dentina otvarajući na taj način 20–30 nm kanale u njihovoj okolini [15]. Stvara se mogućnost prodiranja hidrofilnih adhezivnih monomera u njihovu unutrašnjost i postizanje mehaničke retencije.

Optimalna zona demineralizacije je opisana aplikacijom kondicionera u trajanju od 15 s. Prolongiranje ovog vremena dovodi do produblivanja demineralizovane zone koja odoleva (pruža otpor) infiltraciji smole. Posle demineralizacije nanosi se prajmer – reagens koji stvara vlažne uslove, HEMA. Sredstvo ima dvostruku

funkciju, omogućava vezivanje za dentin i adheziv. Prajmer se nanosi u više slojeva na vlažnu dentinsku površinu [16]. Višeslojevito nanošenje prajmera omogućava premeštanje vode u vlažan dentin sa monomerima smole koji sa sobom nose adheziv u dentinske tubule. Prajmer se lagano suši kako ne bi poremetio mrežu kolagena, a omogućio uklanjanje preostalih organskih rastvarača ili vode koji ometaju i onemogućuju kontakt adheziva smole sa prajmerom. Adhezivna smola se zatim nanosi na pripremljenu površinu kako bi stabilizovala demineralizovani dentin infiltriran prajmerom i kako bi prodrila u tubule dentina. Adhezija se ostvaruje penetracijom i impregnacijom monomera u delimično demineralizovanom površinskom sloju intertubulusnog dentina nakon čega dolazi do njegove polimerizacije. Na taj način formira se dentinsko polimerna struktura, tzv. Hibridni sloj. Upravo se hibridni sloj smatra ključem jake i dugotrajne veze. Upotreba sredstava za vezivanje za dentin je na neki način kompenzovala polimerizaciono skupljanje materijala koje je evidentno kod upotrebe samo kompozitnog cementa.

Sposobnost lepljenja za više supstrata, velika snaga, nerastvorljivost u oralnoj sredini i dostupnost ovog materijala u više nijansi boja čini ga materijalom izbora za fiksiranje estetskih restauracija uključujući smolom ojačane kompozitne inleje i onleje, keramičke inleje i onleje, fasete, krune, kao i staklenim vlaknima ojačane kompozitne fiksne nadoknade koje smo koristili u ovom istraživanju.

Hemijska polimerizacija ovog cementa omogućava fiksiranje metalnih i metalokeramičkih fiksnih nadoknada ali zahteva dobro ispreparisane površine i prisno naleganje kontaktnih površina.

Glas jonomer cementi su vrlo podložni dehidraciji tako da je vlažnost vrlo bitan faktor u fizičko-mehaničkim osobinama ovog cementa. Glas jonomer cementi pokazuju jaču kompresionu snagu (90 to 230 MPa) u odnosu na cink-fosfat cement [17]. Međutim, modul elasticiteta je manji u poređenju sa cink fosfatnim cementom tako da je mogućnost elastične deformacije u predelima najvećeg mastikatornog opterećenja mnogo izvesnija [18]. Predhodne studije su ukazale da glas jonomer cementi imaju manju debljinu cementnog filma i održavaju relativno konstantnu viskoznost neposredno posle mešanja [19]. Ovi rezultati potvrđuju bolje naleganje livenih nadoknada u poređenju sa cink fosfatnim cementom [20].

Glas jonomer cementi su vrlo podložni dehidraciji koja dovodi do skupljanja materijala i pojave mikropukotina. Mikropukotine su primećene u *in vitro* studiji posle cementiranja u slučajevima kada zubi nisu čuvani u vlažnoj sredini. Predpostavlja se da je uzrok pojave pukotina stres posle dehidracije cementa [21]. Do sličnih rezultata došli su i drugi autori [22] koji su ukazali na vrlo važnu ulogu vlažnosti u strukturalnom inte-

gritetu glas jonomer cementa. U uslovima smanjene vlažnosti kod glas jonomer cementa dolazi do pojave mikropukotina između kristala i matriksa u njegovom graničnom delu. Na ovu pojavu ukazali su mnogi autori [21,22]. Odnos praha i tečnosti kod pripreme konvencionalnih cementa je relativan i zavisi od načina pripreme u svakodnevnoj kliničkoj praksi. Različiti odnos praha i tečnosti kod pripreme cink fosfatnog cementa ima veliki uticaj na njegov kvalitet i dugotrajnost u cementiranju fiksnih nadoknada. Slično prezentovanim istraživanjima, i drugi autori [23,24] ukazali su na ovaj bitan faktor ističući da cement pokazuje različite osobine u odnosima praha i tečnosti koji variraju u rasponu od 1,7 to 3,2 g/ml.

Ručno mešani cementi često sadrže više šupljina većih promera koji mogu doprineti smanjenju mehaničkih osobina cementa [25], što je prikazano u ovim i sličnim istraživanjima. U navedenom istraživanju mikroskopski nalaz neizreagovanog praha kod ručno mešanog cink-fosfatnog cementa ukazao je na postojanje šupljina promera oko 8  $\mu$ m. Povećanje količine praha u mešanju sa konstantnom zapreminom tečnosti doveo je do povećanja količine neizreagovanog praha što je uslovalo i povećanje veličine (između 6 i 14  $\mu$ m) i broja šupljina [27]. Višestruko uvećanje dimenzija šupljina uočeno je kod odnosa prah/tečnost (2,6, 2,8 i 3,2 g/ml tečnosti).

Istraživanja pojedinih autora [26] u kojima su upoređivana veličina šupljina i poroznost različitih vrsta cemenata – cink fosfat, polikarboksilatni cement, glas jonomer cement, kompozitni cement su pokazala slične rezultate. Veličina šupljina i poroznost kod kompozitnih cemenata su višestruko manje u poređenju sa cink-fosfatnim i glas jonomer cementom. Poroznost cink-fosfatnog cementa je nešto viša u odnosu na glas jonomer cement, a veličina šupljina glas jonomer cementa nešto veća u odnosu na cink fosfatni cement.

## ZAKLJUČCI

Na osnovu dobijenih rezultata, a u skladu sa postavljenim ciljevima mogu se doneti sledeći zaključci.

– Nema statistički značajne razlike u promeru šupljina unutar cink-fosfatnog cementa i glas jonomera.

– Kompozitni cementi imaju značajno manji promer šupljina unutar cementa u odnosu na cink-fosfatne i glas-jonomer cemente.

– Srednje vrednosti maksimalnih dimenzija pukotina kod cink-fosfatnog cementa i glas jonomera su četiri puta veće od srednjih vrednosti kod kompozitnih cemenata.

– Mikropropustljivost kod livenih kočića cementiranih cink-fosfatnim cementom je 1,3 puta veća nego kod livenih kočića koji su cementirani glas-jonomer cementom, a 2,7 puta veća nego kod kompozitnih kočića cementiranih kompozitnim cementom.

– Utvrđene su visoko-značajne vrednosti koeficijenta korelacije između šupljina i pukotina ( $p < 0,001$ ), šupljina i mikropropustljivosti ( $p < 0,01$ ) i pukotina i mikropropustljivosti ( $p < 0,001$ ).

– Visoko značajne vrednost koeficijenta negativne korelacije utvrđene su i između šupljina, pukotina i mikropropustljivosti u odnosu na grupe cementa: šupljine ( $p < 0,05$ ), pukotine ( $p < 0,001$ ) i mikropropustljivost ( $p < 0,001$ ) što ukazuje da vrednosti šupljine u cementu i vrednosti pukotina koreliraju, odnosno tamo gde se nalazio veći promer šupljina postojao je i veći promer pukotina.

Kontinuirani razvoj kompozitnih cementa kao i dentalnih adheziva preuzimaju primat u izboru materijala za cementiranje fiksnih nadoknada nad tradicionalnim (konvencionalnim) materijalima. Iako tehnički osetljivi, napor u prevazilaženju razlika između njihovih performansi pod idealnim i uslovima svakodnevne kliničke prakse su sve uspešnji.

## LITERATURA

- [1] S.F. Rosenstiel, M.F. Land, B.J. Crispin, Dental luting agents: A review of the current literature, *J. Prosthet. Dent.* **80** (1998) 280–301.
- [2] N. Krnić, K. Ristić, Z. Ajduković, S. Stanković, Ispitivanje uticaja hrapavosti brušenih zuba na vezivanje livenih krunica cink fosfatnim cementom, *Acta Stomatologica Naissi* **21** (51) (2005) 471–477.
- [3] R. Radosavljević, S. Stanković, Lj. Aleksov, Nemetalni fiber-glass kočići u stomatološkoj protetici, *Acta Stomatologica Naissi* **23** (55) (2007) 701–712.
- [4] M.J. Tyas, M.F. Burrow, Adhesive restorative materials: a review. *Aust. Dent. J.* **49** (2004) 112–121.
- [5] F.J.T. Burke, G.J.P. Fleming, D. Nathanson, P.M. Marquis, Are adhesive technologies needed to support ceramics? An assessment of the current evidence, *J. Adhes. Dent.* **1** (2002) 7–22.
- [6] N. Attar, L. Tam, D. McComb, Mechanical and physical properties of contemporary dental luting agents, *J. Prosthet. Dent.* **89** (2003) 127–134.
- [7] D.C. Smith, Medical and dental applications of cements, *J. Biomed. Mater. Res.* **5** (2004) 189–205.
- [8] D. McComb, Adhesive luting cements—classes, criteria, and usage, *Compend. Contin. Educ. Dent.* **17** (1996) 759–763.
- [9] D. Ana, V. Marcos, H. Debra, Current status of luting agents for fixed prosthodontics, *J. Prosthet. Dent.* **81** (1999) 135–141.
- [10] R.G. Craig, *Restorative Dental Materials*, 10<sup>th</sup> ed., CV Mosby, St. Louis, 1997, str. 17–84, 201.
- [11] K.J. Anusavice, *Phillips' Science of Dental Materials*, W.B. Saunders, Philadelphia, 1996, str. 555–581.
- [12] M. Rosina, Ch. Splietha, M. Wilkensb, G. Meyera, Effect of cement type on retention of a tapered post with a self-cutting double thread, *J. Dent.* **28** (2000) 577–582.
- [13] Z. Ajduković, S. Najman, V. Savić, Skening elektronsko-mikroskopska analiza alveolarne kosti izmenjene osteoporozom indukovanom kortikosteroidnim tretmanom, *Acta Stomatologica Naissi* **23** (56) (2007) 713–718.
- [14] R. Radosavljević, Komparativna analiza retencionih vrednosti livenih i kompozitnih kočića ojačanih staklenim vlaknima, Magistarska teza, Medicinski fakultet, Univerzitet u Prištini, 2008.
- [15] M.A. Vargas, D.S. Cobb, S.R. Armstrong, Resin-dentin shear bond strength and interfacial ultrastructure with and without a hybrid layer, *Oper. Dent.* **22** (1997) 159–166.
- [16] F.R. Tay, J.A. Gwinnett, S.H. Wei, Micromorphological spectrum from overdrying to overwetting acid-conditioned dentin in water-free, acetonebased single-bottle primer/adhesives, *Dent. Mater.* **12** (1996) 236–244.
- [17] D. Xiea, W.A. Brantleyb, B.M. Culbertsonb, G. Wang, Mechanical properties and microstructures of glass-ionomer cements, *Dental Mater.* **16** (2000) 129–138.
- [18] D. Veronique, M. Fernand, P. Jacques, B. Michel, Depth microhardness of glass ionomer cements, *Biomaterials* **17** (1996) 71–74.
- [19] J.M. Strutz, S.N. White, Z. Yu, C.L. Kane, Luting cement-metal surface physicochemical interactions on film thickness, *J. Prosthet. Dent.* **72** (1994) 128–132.
- [20] G. Philippe, S. Marc, D. Bruno, *In vitro* fatigue resistance of glass ionomer cements used in post-and-core applications, *J. Prosthet. Dent.* **86** (2001) 149–155.
- [21] C.A. Mitchell, J.F. Orr, J.G. Kennedy, Factors influencing the failure of dental glass ionomer luting agent due to contraction, *Biomaterials* **16** (1995) 11–16.
- [22] R.J.G. De Moor, R.M.H. Verbeeck, Changes in surface hardness of conventional restorative glass ionomer cements, *Biomaterials* **19** (1998) 2269–2275.
- [23] G.J.P. Fleming, P.M. Marquis, A.C.C. Shortall, The influence of clinically induced variability on the distribution of compressive fracture strengths of a handmixed zinc phosphate dental cement, *Dent. Mater.* **15** (1999) 87–97.
- [24] R.M. Fleming, G. Shelton, P.M. Landini, Marquis The influence of mixing ratio on the toughening mechanisms of a hand-mixed zinc phosphate dental cement, *Dental Mater.* **17** (2001) 14–20.
- [25] C.A. Mitchell, W.H. Douglas, Comparison of the porosity of hand-mixed and capsulated glass-ionomer luting cements, *Biomaterials* **18** (1997) 1127–1131.
- [26] A. Milutinović-Nikolić, V. Medić, Z. Vuković, Porosity of different dental luting cements, *Dent. Mater.* **23** (2007) 674–678.

**SUMMARY****SCANNING ELECTRON MICROSCOPY ANALYSIS OF DENTAL CEMENTS**

Radivoje D. Radosavljević<sup>1</sup>, Saša D. Stanković<sup>2</sup>, Zorica R. Ajduković<sup>2</sup>, Danimir P. Jevremović<sup>3</sup>, Jelena T. Todić<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Medicine in Priština with its main office in Kosovska Mitrovica, Department of Dentistry, Clinic for Prosthetic Dentistry, Kosovska Mitrovica

<sup>2</sup>Faculty of Medicine, Clinic of Dentistry, Department of Prosthetic dDentistry; Niš

<sup>3</sup>Faculty of Stomatology, Clinic for Prosthetic Dentistry, Belgrade

(Scientific paper)

The aim of this study was to compare *in vitro* the characteristics of different types of luting cements (zinc phosphate, glass-ionomer and resin based composite cement) using scanning electron microscopy (SEM) analysis and microleakage for the quality range of materials. Dental cements were mixed in accordance with the manufacturer's instructions and formed with posts in dental root canals of extracted teeth. The quality of cement was determined by SEM observation on horizontal sectioned roots with fixed posts according to specific pore and marginal gap diameter. The microleakage was measured on specimens immersed in Lofler (methylene blue) solution. The mean values of the maximal diameter of pores, marginal gaps and microleakage of conventional cements are remarkably larger in comparison with composite luting agents. In conclusion, the quality and efficiency of composite luting agents in comparison with conventional cements are more successful in protecting the interior of tooth from penetration of oral fluids, bacteria and bacterial toxins into unprotected dentine.

Ključne reči: Dentalni cementi • SEM  
• Mikropropustljivost  
Key words: Dental cements • SEM •  
Microleakage