

Ispitivanje utjecaja laseskih protokola dezinfekcije na snagu svezivanja biokeramičkih punila u korijenskom kanalu

Sandrić, Ana

Master's thesis / Diplomski rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, School of Dental Medicine / Sveučilište u Zagrebu, Stomatološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:127:713634>

Rights / Prava: [Attribution-NonCommercial 3.0 Unported](#) / [Imenovanje-Nekomercijalno 3.0](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-02**



Repository / Repozitorij:

[University of Zagreb School of Dental Medicine
Repository](#)





SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
STOMATOLOŠKI FAKULTET

Ana Sandrić

**ISPITIVANJE UTJECAJA LASERSKIH
PROTOKOLA DEZINFEKCIJE NA SNAGU
SVEZIVANJA BIOKERAMIČKOG PUNILA U
KORIJENSKOM KANALU**

Diplomski rad

Zagreb, 2018.

Rad je ostvaren na Zavodu za endodonciju i restaurativnu stomatologiju Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu u suradnji s Klinikom za bolesti zuba Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Beogradu.

Mentor rada: doc. dr. sc. Ivona Bago, Zavod za endodonciju i restaurativnu stomatologiju Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Lektor hrvatskog jezika: Filip Zoričić, prof. hrvatskog jezika i književnosti-povijesti.

Lektor engleskog jezika: Ivan Butković, prof. engleskog jezika i pedagogije.

Sastav Povjerenstva za obranu diplomskog rada:

1. _____

2. _____

3. _____

Datum obrane rada: _____

Rad sadrži: 34 stranice

4 tablice

11 slika

CD

Osim ako nije drukčije navedeno, sve ilustracije (tablice, slike i dr.) u radu su izvorni doprinos autora diplomskog rada. Autor je odgovoran za pribavljanje dopuštenja za korištenje ilustracija koje nisu njegov izvorni doprinos, kao i za sve eventualne posljedice koje mogu nastati zbog nedopuštenog preuzimanja ilustracija, odnosno propusta u navođenju njihovog podrijetla.

Zahvala

Zahvaljujem mentorici, doc. dr. sc. Ivoni Bago, na uloženom vremenu, prijateljskom odnosu, razumijevanju i savjetima prilikom izrade ovog diplomskog rada.

Zahvaljujem doc. dr. sc. Katarini Beljić Ivanović i dr.sc. Bojanu Dželetoviću s Klinike za bolesti zuba Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Beogradu na prenesenom znanju u području mjerenja i mikroskopiranja, kao i kolegi Luki Tovaroviću na nesebičnoj pomoći pri mjerenju.

Zahvaljujem prijateljima i članovima obitelji na podršci i strpljenju.

Najveća hvala mojim roditeljima na vjeri u mene i požrtvornosti tijekom cijelog studija.

Ispitivanje utjecaja laserskih protokola dezinfekcije na snagu svezivanja biokeramičkog punila u korijenskom kanalu

Sažetak

Svrha ovog in vitro istraživanja bila je ispitati utjecaj različitih protokola dezinfekcije korijenskog kanala (konvencionalno ispiranje kanala, laserski aktivirano ispiranje, diodni laser, fotodinamska terapija) na snagu svezivanja biokeramičkog punila u korijenskom kanalu zuba. U istraživanju je korišten 51 izvađeni humani trajni, ravni, jednokorijenski zub. Nakon instrumentacije ProTaper Next tehnikom instrumentacije (Dentsply Sirona Endodontics, Ballaigues, Švicarska) korijeni su nasumično raspoređeni u pet eksperimentalnih skupina (n=9) ovisno o završnom protokolu dezinfekcije te kontrolnu skupinu (n=6): Skupina 1 - natrij hipoklorit (NaOCl)+etilendiaminotetraoctena kiselina (EDTA)+NaOCl aktivirane Er:YAG laserom (protokol foton inicirajuće fotoakustičko strujanje (engl. Photon Initiated Photoacoustic Streaming, PIPS)); Skupina 2 - Diodni laser (Epic Biolase, San Clemente, SAD); Skupina 3 - Fotodinamska terapija (PDT) (Helbo, Bredent, Senden, Njemačka); Skupina 4 - Konvencionalno ispiranje špricom i iglom NaOCl+EDTA+NaOCl; Skupina 5 - Konvencionalno ispiranje špricom i iglom NaOCl+EDTA+klorheksidin. Korijenski kanali punjeni su biokeramičkim punilom (BioRoot RCS, Septodont, Saint-Maur-des-Fosses, Francuska) tehnikom jednog gutaperka štapića. Nakon 14 dana, napunjeni kanali uloženi su u kemijsko polimerizirajuću metakrilatnu smolu te transversalno rezani Isomet pilom (Isomet 1000, Buehler, IL, SAD) kako bi se dobili 1 mm debeli uzorci koronarne, srednje i apikalne trećine korijena. Push-out test proveden je mjesec dana od punjenja korijenskih kanala na univerzalnom uređaju za push-out test. Rezultati su pokazali da nema značajne razlike u snazi svezivanja biokeramičkog punila u koronarnoj trećini među ispitivanim skupinama ($p>0,05$), osim u skupini PIPS gdje je značajno slabija snaga svezivanja ($p<0,05$). U srednjoj i apikalnoj trećini korijenskog kanala, snaga svezivanja biokeramičkog punila bila je značajno veća u skupini diodnog lasera ($p<0,05$). Nema razlike u snazi svezivanja između PDT-a i konvencionalnog ispiranja. Završna dezinfekcija korijenskog kanala diodnim laserom značajno poboljšava snagu svezivanja biokeramičkog punila u korijenskom kanalu. Nije dokazan negativni učinak PDT-a na snagu svezivanja BioRoot RCS punila.

Ključne riječi: biokeramičko punilo, završni protokoli dezinfekcije, push out test, laser

Evaluation of the influence of different laser assisted disinfection protocols on the bond strength of bioceramic root canal sealer

Summary

The aim of this in vitro study was to evaluate the influence of different final irrigation protocols (conventional irrigation, laser assisted disinfection, diode laser irradiation, photodynamic therapy) on the bond strength of bioceramic root canal sealer. The study sample consisted of 51 human single straight round teeth. After instrumentation with ProTaper Next (Dentsply Sirona Endodontics, Ballaigues, Switzerland) the samples were randomly divided into five experimental groups (n=9) and negative control group (n=6). Group 1 - Sodium hypochlorite (NaOCl)+ethylenediamine tetraacetic acid (EDTA)+NaOCl, Er:YAG laser activated (Photon Induced Photoacoustic Streaming (PIPS)); Group 2 - Diode laser irradiation (Epic Biolase, San Clemente, USA); Group 3 - Photodynamic therapy (PDT) (Helbo, Bredent, Senden, Germany); Group 4 - Conventional syringe and needle irrigation (NaOCl+EDTA+NaOCl); Group 5 - Conventional syringe and needle irrigation NaOCl+EDTA+Chlorhexidine. The root canals were filled with bioceramic root canal sealer (BioRoot RCS, Septodont, Saint-Maur-des-Fosses, France) using single cone technique. The specimens were stored for 2 weeks at 37°C and 100 % humidity. The specimens were fixed in methacrylate resin and transversely sectioned with the precision saw (Isomet 1000, Buehler, IL, USA) to produce 1 mm thick discs of coronal, middle and apical canal third. The push out test was performed one month after filling procedure. The results showed no statistical difference for coronal third among all group tested ($p>0,05$) except for PIPS group which showed lowest bond strength values ($p<0,05$). In the middle and apical thirds bond strength was highest in diode laser radiation group ($p<0,05$). There was no difference on bond strength between PDT and conventional irrigation. The final irradiation with diode laser showed improvement in bonding of bioceramic sealer within the dentin surface. Photodynamic therapy does not adversely affect the bond strength of BioRoot RCS to root canal dentin.

Key words: bioceramic sealer, final irrigation protocol, push out test, lasers

SADRŽAJ

1. Uvod.....	1
2. Materijali i metode.....	4
2.1. Priprema uzoraka za istraživanje.....	5
2.2. Završni protokoli dezinfekcije korijenskih kanala.....	7
2.3. Punjenje korijenskih kanala.....	13
2.4. Testiranje snage svezivanja biokeramičkog punila push-out testom.....	15
2.5. Statistička obrada podataka.....	16
3. Rezultati.....	17
4. Rasprava.....	22
5. Zaključak.....	25
6. Literatura.....	27
7. Životopis.....	33

Popis skraćenica

CHX – klorheksidin

EDTA - etilediaminotetraoctena kiselina

Er:YAG – erbij: itrij-aluminij-garnet (engl. Erbium Yttrium Aluminium Garnet)

NaOCl - natrijev hipoklorit

PDT – fotodinamska terapija (eng. Photodynamic Therapy)

PIPS - foton inicirajuće fotoakustičko strujanje (eng. Photon Initiated Photoacoustic Streaming)

1. UVOD

Svrha punjenja korijenskih kanala je koronarno, lateralno i apikalno brtvljenje instrumentiranog i očišćenog endodontskog prostora zuba kako bi se spriječila ponovna bakterijska kolonizacija (1). Punjenjem kanala sprječava se ulazak tkivne ili oralne tekućine u korijenski kanal, koja može održati vitalnost zaostalih bakterija u kanalu i, posljedično, omogućiti njihov prodor u periapikalno tkivo (2). Kvaliteta punjenja korijenskih kanala ovisi o sposobnosti brtvljenja punila unutar kanala (3, 4). Nova generacija kalcij silikatnih punila imaju u svom sastavu kalcij silikat, kalcij fosfat, kalcij hidroksid i cirkonijev oksid te se nazivaju biokeramička punila. Prednosti biokeramičkih punila su: biokompatibilnost, bioaktivnost, dimenzijska stabilnost, neosjetljivost na vlagu, hidrofilnost i blaga ekspanzija tijekom stvrdnjavanja (5). Biokeramička punila koriste vodu iz dentinskih tubulusa, tijekom stvrdnjavanja, pri čemu dolazi do oslobađanja kalcij hidroksida, a u kontaktu s tkivnim fosfatima nastaju precipitati hidroksiapatita na stijenama korijenskog kanala (5-7).

Dosadašnja istraživanja snage svezivanja biokeramičkih punila unutar korijenskog kanala u usporedbi s epoksi punilima pokazuju različite rezultate (8-11). U radu Shokouhinejad i sur. (9), nije dokazana razlika u snazi svezivanja između biokeramičkog i epoksi punila, neovisno o prisutnosti zaostatnog sloja (9), dok su Ozkocak i sur. (12) dokazali utjecaj sredstava za ispiranje (fiziološka otopina, kalcij hidroksida, natrij hipoklorit (NaOCl), etilendiaminotetraoctena kiselina (EDTA), Er:YAG lasersko aktivacijsko ispiranje) na snagu svezivanja biokeramičkog, epoksi i kompozitnog punila s dentinom. Međutim, zbog različite metodologije u navedenim istraživanjima (tehnika instrumentacije, irigansi, tehnika punjenja, prisutnost zaostatnog sloja) nije moguće donijeti jasan zaključak o utjecaju dezinfekcijskih protokola na snagu svezivanja biokeramičkog punila (8-12).

Dezinfekcija endodontskog prostora postiže se kombinacijom mehaničke instrumentacije i ispiranja različitim antimikrobnim sredstvima. Osim antimikrobnog djelovanja, svrha ispiranja korijenskog kanala je uklanjanje zaostatnog sloja, odnosno ostataka dentinskog i pulpnog tkiva, koji nastaju na stijenama kanala tijekom instrumentacije (13). Zaostatni sloj uklanja se na kraju kemo-mehaničke obrade kanala ispiranjem kanala s NaOCl-om i 15 ili 17 % otopinom EDTA (14). Uklanjanjem zaostatnog sloja postiže se bolje brtvljenje korijenskog kanala materijalom za punjenje (15, 16). U radu Turkel i sur. (17), nije dokazana razlika u brtvljenju endodontskog punila nakon završnog ispiranja foton

inicirajućim fotoakustičnim strujanjem (engl. Photon initiated photoacoustic streaming, PIPS), pasivnim ultrazvučnim ispiranjem ili ispiranjem iglom i špricom (17). Zaključeno je da, nakon aktivacijskog ispiranja Er:YAG laserom, u apikalnom dijelu korijenskog kanala zaostaje zaostatni sloj koji interferira s punilom što uzrokuje slabiju svezu između punila i dentina (18-20).

Svrha ovog *in vitro* istraživanja bila je ispitati utjecaj različitih protokola dezinfekcije korijenskog kanala (konvencionalno ispiranje kanala, laserski aktivirano ispiranje, diodni laser, fotodinamska terapija) na snagu svezivanja biokeramičkog punila u korijenskom kanalu zuba.

2. MATERIJALI I METODE

2.1. Priprema uzoraka za istraživanje

Etičko povjerenstvo Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu odobrilo je provođenje istraživanja pod rednim brojem 05-PA-15-12/2017.

U istraživanju je korišten 51 izvađeni humani trajni, ravni, jednokorijenski zub. Zubi s prethodnim endodontskim liječenjima, intrakanalnim kalcifikacijama, karijesom korijena, eksternom ili internom resorpcijom nisu uključeni u istraživanje. Zubi su, nakon vađenja, pohranjeni u 0,5 % otopinu kloramina do početka istraživanja.

Zubi su pripremljeni prema protokolu opisanom u radu Suk i sur. (21). Trepanacijski otvor napravljen je dijamantnim fisurnim svrdlom br. 016 (Komet, Rock Hill, SC, SAD), montiranim na turbinu, uz vodeno hlađenje. Kruna zuba odrezana je kako bi se standardizirala radna dužina na 15 mm. Prohodnost kanala provjerena je ISO ručnim proširivačem veličine 10 (Dentsply Sirona Endodontics, Ballaigues, Švicarska) prije i poslije instrumentacije korijenskog kanala. Zubi s apikalnim otvorom manjim od ISO 15 i većim od ISO 20 nisu uključeni u istraživanje. Korijenski kanali instrumentirani su strojnom ProTaper Next tehnikom instrumentacije (Dentsply Sirona Endodontics, Ballaigues, Švicarska) do instrumenta X3 (veličina 0.30, konicitet .07), uz brzinu rotacije od 300 okretaja u minuti (Slika 1). Tijekom instrumentacije, korijenski kanali su ispirani s 10 ml 2,5% NaOCl-a (pripremljeno na Zavodu za restaurativnu stomatologiju i endodonciju Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Republika Hrvatska) s 30G iglom (BD, Microlance, Becton Dickinson, Madrid, Španjolska) i špricom od 10 ml.



Slika 1. Instrumentacija korijenskog kanala ProTaper Next tehnikom instrumentacije

2.2. Završni protokoli dezinfekcije korijenskih kanala

Pripremljeni uzorci nasumično su raspoređeni u pet skupina ovisno o završnom protokolu dezinfekcije (n=9) te negativnu kontrolnu skupinu (n=6).

Skupina I. Foton inicirajuće fotoakustičko strujanje (eng. Photon initiated photoacoustic streaming – PIPS)

Korijenski kanali isprani su s 3 ml 2,5 % otopine NaOCl-a, koja je kontinuirano aktivirana Er:YAG laserom (2940 nm, LightWalker, Fotona, Ljubljana, Slovenija) po PIPS protokolu. NaOCl je u kanal injiciran pomoću 30G igle (Becton Dickinson, Madrid, Španjolska) i aktiviran kroz 60 s s endodontskim fiber optičkim nastavkom (promjer: 600 μm), koji je postavljen u trepanacijski otvor (Slika 2). Parametri lasera bili su: energija pulsa 20 mJ, frekvencija 15 Hz, trajanje pulsa 50 μs , gustoća energije 2,06 J/cm². Isti protokol ispiranja i aktivacije Er:YAG laserom proveden je s 2 ml EDTA te ponovno s 2 ml NaOCl-a.



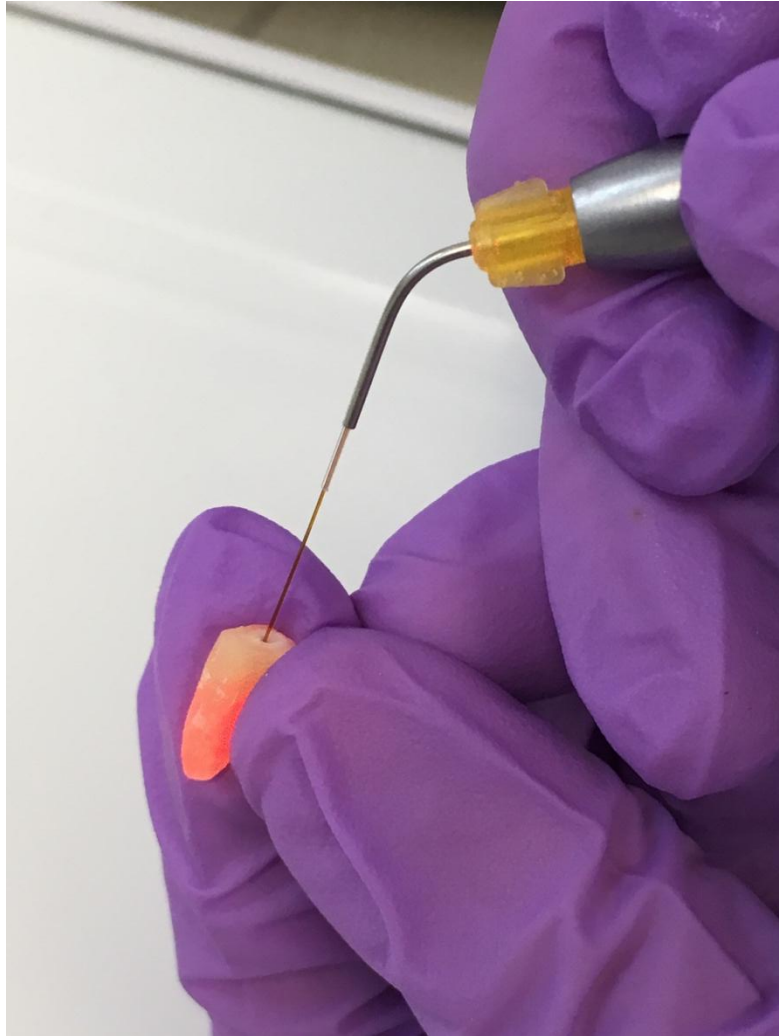
Slika 2. Fiberoptički nastavak Er:YAG lasera

Skupina II. Diodni laser

Korijenski kanali isprani su s 3 ml 2,5 % NaOCl-a pomoću 30G igle i šprice, a zatim i 2 ml 15 % otopine etilendiaminotetraoctene kiseline (EDTA, Calsinase, Lege artis, Dettenhausen, Njemačka), koja je ostavljena u kanalu 1 minutu te potom isprana s fiziološkom otopinom. Korijenski kanali dezinficirani su diodnim laserom (Epic Biolase, San Clemente, SAD) tri puta po 20 s, s intervalima između od 10 s. Fizički parametri lasera bili su: valna duljina: 975 nm, snaga = 2 W, pulsni mod rada: 5 ms/25 ms (Slika 3). Fiberoptički nastavak promjera 320 μm postavljen je 1 mm kraće od radne dužine te je pomican kružno u apiko-koronarnom smjeru po smjernicama Gutknecht i sur. (22) (Slika 4).



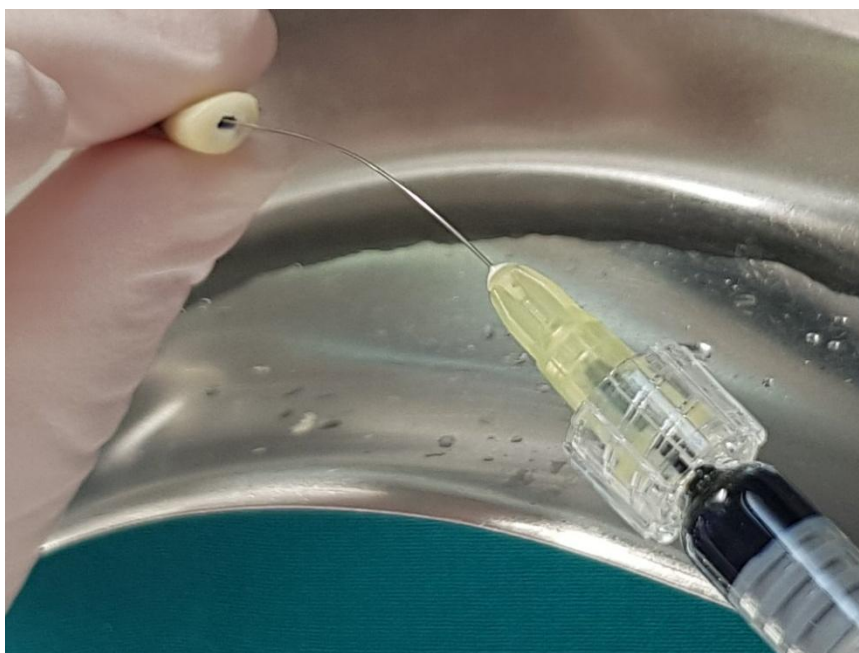
Slika 3. Diodni laser (Epic Biolase, San Clemente, SAD)



Slika 4. Zračenje korijenskog kanala diodnim laserom

Skupina III. Fotodinamska terapija

Korijenski kanali isprani su s 3 ml 2,5 % NaOCl-a pomoću 30G igle i šprice, a zatim s 2 ml 15 % otopine etilendiaminotetraoctene kiseline (EDTA, Calsinase, Lege artis, Dettenhausen, Njemačka), koja je ostavljena u kanalu jednu minutu te potom isprana s fiziološkom otopinom. Prema uputama proizvođača, korijenski kanali napunjeni su s otopinom fenotiazin-klorida (10 mgml⁻¹) (Helbo Endo Blue, Grieskirchen, Austrija)(Slika 5), koje je raspoređeno duž korijenskog kanala K-proširivačem veličine 15. Nakon 1 minute, sredstvo je isprano s 2 mL fiziološke otopine. Kanali su zračeni 3D fiberoptičkim nastavkom diodnog lasera (Helbo, Bredent, Senden, Njemačka) ($\lambda = 660$ nm, power=100mW) tijekom 60 sekunde.



Slika 5. Aplikacija fenotiazin-klorida fotosenzitivnog sredstva u korijenski kanal zuba (Helbo Endo Blue, Grieskirchen, Austrija)

Skupina IV – Konvencionalno ispiranje NaOCl+EDTA+NaOCl

Korijenski kanali isprani su s 3 ml 2,5 % NaOCl-a 30G iglom i špricom od 10 ml. Zaostatni sloj iz korijenskih kanala uklonjen je ispiranjem kanala s 2 mL 15%-tne otopine etilendiaminotetraoctene kiseline (EDTA, Calsinase, Lege artis, Dettenhausen, Njemačka), koja je ostavljena u kanalu 1 min. Završno, kanal je ispran s 2 mL 2,5 % NaOCl kroz 30 s (Slika 6).



Slika 6. Ispiranje korijenskog kanala EDTA-om špricom i iglom

Skupina V – Konvencionalno ispiranje NaOCl-EDTA-Klorheksidin

Korijenski kanali ispirani su s 3 ml 2,5 % NaOCl-a 30G iglom i špricom od 10 ml. Zaostatni sloj iz korijenskih kanala uklonjen je ispiranjem kanala s 2 mL 15%-tne otopine etilendiaminotetraoctene kiseline (EDTA, Calsinase, Lege artis, Dettenhausen, Njemačka), koja je ostavljena u kanalu 1 min. Završno, kanal je ispiran s 3 ml klorheksidina (GLUCO-CHeX 2%, CerKamed, Stalowa Wola, Poljska) (Slika 7) kroz 60 s.

U kanalima negativne kontrolne skupine kanali nisu tretirani.



Slika 7. 2% otopina klorheksidina

2.3. Punjenje korijenskih kanala

Korijenski kanali punjeni su biokeramičkim punilom (BioRoot RCS, Septodont, Saint-Maur-des-Fosses, Francuska) (Slika 8) tehnikom jednog gutaperka štapića. Gutaperka veličine X3 (ProTaper Next, Dentsply Sirona Endodontics, Ballaigues, Švicarska) umočena je u biokeramičko punilo, koje je prethodno zamiješano prema uputama proizvođača, i unešena u korijenski kanal do pune radne duljine.



Slika 8. Biokeramičko punilo BioRoot RCS (Septodont, Saint-Maur-des-Fosses, Francuska)

Napunjeni kanali uloženi su u kemijsko polimerizirajuću metakrilatnu smolu (Meliodent, Heraeus Kulzer, Wehrheim, Njemačka). Uloženi uzorci transverzalno su rezani dijamanтном pločom montiranom na Isomet pili (Isomet 1000, Buehler, IL, SAD) kako bi se dobili 1 mm debeli uzorci iz apikalne, srednje i koronarne trećine korijena uz vodeno hlađenje (Slika 9).



Slika 9. Rezanje uzoraka korijena zuba na Isomet pili

2.4. Testiranje snage svezivanja biokeraamičkog punila push-out testom

Push out test proveden je mjesec dana nakon punjenja korijenskih kanala.

Uzorci su testirani na univerzalnom uređaju za push out test (PCE-FM 200, PCE Instruments, Southampton, UK) s centralno pozicioniranom push out iglom ($\varnothing 0,9$, 0,7, 0. 4 mm), brzine 0.5 mm/min (Slika 10). Opterećenje je aplicirano na apikalnu stranu uzorka. Snaga svezivanja (MPa) izračunata je dijeljenjem sile (N), potrebne za dislokaciju punjenja, s površinom (A) diska ($A=2\Pi rh$, gdje je $\Pi = 3.14$, r =radijus diska, h =visina diska).



Slika 10. Univerzalni uređaj za push out test

2.5. Statistička obrada podataka

Međusobne usporedbe snage svazivanja između svake skupine analizirane su Mann-Whitney U testom i posthoc analizom. Sve P vrijednosti manje od 0,05 su smatrane značajnima. Zbog malog broja uzoraka i neparametrijske raspodjele rezultata, u međugrupnoj analizi korištene su vrijednosti medijana. U statističkoj analizi koristila se programska podrška IBM SPSS Statistics verzija 23.0 (www.spss.com).

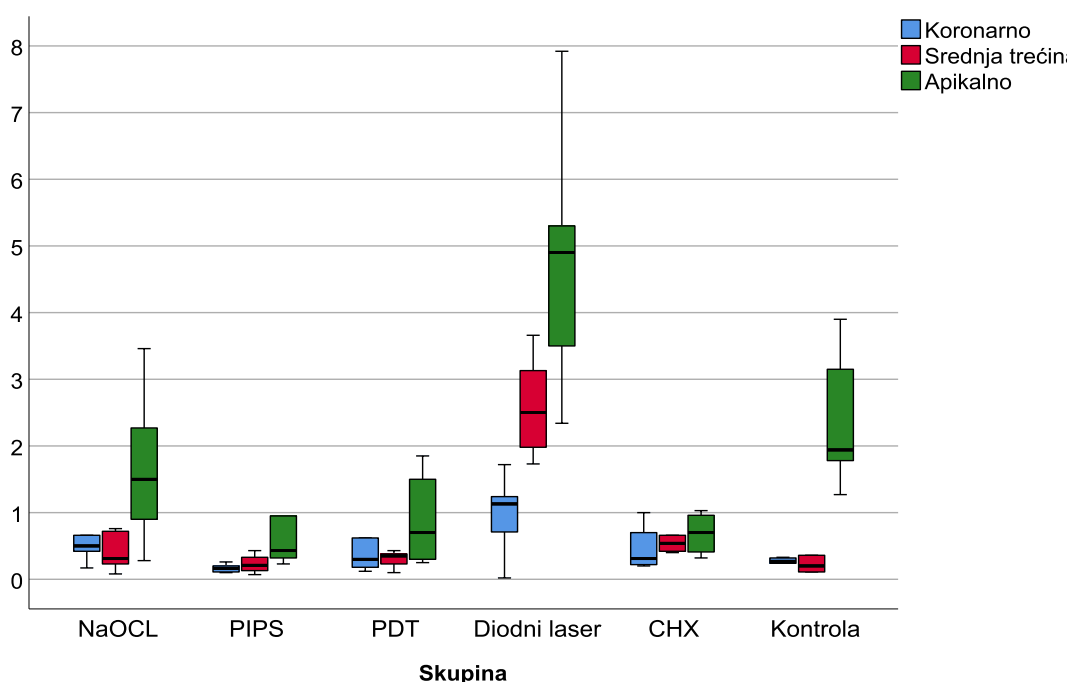
3. RESULTATI

Vrijednosti snage svezivanja za koronarnu, srednju i apikalnu trećinu kanala prikazane su na Slici 11. i Tablici 1. Postojala je statistički značajna razlika između skupina ($p < 0,001$) u koronarnoj, srednjoj i apikalnoj trećini kanala.

Usporedbe između pojedinih skupina (s p vrijednostima) za svaku trećinu korijenskog kanala prikazane su u Tablici 2., Tablici 3. i Tablici 4.

U koronarnoj trećini korijenskog kanala, nije bilo značajne razlike u snazi svezivanja biokeramičkog punila između skupine završnog ispiranja NaOCl-om, klorheksidinom, PDT-a i diodnog lasera ($p > 0,05$). Značajno slabija snaga svezivanja zabilježena je u skupini PIPS ($p < 0,05$).

U srednjoj i apikalnoj trećini korijenskog kanala, snaga svezivanja biokeramičkog punila bila je značajno veća u skupini diodenog lasera u usporedbi s ostalim ispitivanim protokolima ($p < 0,05$).



Slika 11. Grafički prikaz snage svezivanja u koronarnoj, srednjoj i apikalnoj trećini kanala za svaku skupinu

Tablica 1. Minimalne, maksimalne i srednje vrijednosti snage svezivanja biokeramičkog punila u koronarnoj, srednjoj i apikalnoj trećini kanala za svaku skupinu

Skupina		Mean	SD	Minimum	Maximum	Percentiles			P Kruskal- Wallisov test
						25th	50th (Median)	75th	
Koronarno	NaOCL	0,64	0,39	0,17	1,31	0,40	0,50	0,95	0,010
	PIPS	0,17	0,06	0,10	0,26	0,11	0,16	0,21	
	PDT	0,62	0,74	0,12	2,21	0,15	0,30	1,06	
	Diodni laser	0,94	0,58	0,02	1,72	0,40	1,13	1,32	
	CHX	0,46	0,30	0,20	1,00	0,22	0,31	0,76	
	Kontrola	0,28	0,04	0,24	0,33	0,24	0,27	0,33	
Srednja trećina	NaOCL	0,66	0,80	0,08	2,69	0,19	0,31	0,74	<0,001
	PIPS	0,27	0,21	0,07	0,71	0,11	0,21	0,38	
	PDT	0,35	0,20	0,10	0,81	0,22	0,35	0,41	
	Diodni laser	2,60	0,73	1,73	3,66	1,95	2,50	3,38	
	CHX	0,66	0,35	0,40	1,41	0,41	0,54	0,87	
	Kontrola	0,23	0,13	0,11	0,36	0,11	0,20	0,36	
Apikalno	NaOCL	1,57	1,06	0,28	3,46	0,63	1,50	2,46	<0,001
	PIPS	1,06	1,17	0,23	3,61	0,32	0,43	1,69	
	PDT	1,25	1,36	0,25	4,53	0,30	0,70	1,68	
	Diodni laser	5,08	2,38	2,34	9,60	3,02	4,90	6,61	
	CHX	0,78	0,46	0,32	1,79	0,40	0,70	1,00	
	Kontrola	2,41	1,08	1,27	3,90	1,53	1,94	3,53	

Tablica 2. Usporedba snage svezivanja biokeramičkog punila između skupina u koronarnoj trećini kanala

P vrijednosti	NaOCL	PIPS	PDT	Diodni laser	CHX	Kontrola
NaOCL		<0,001	0,233	0,233	0,353	0,019
PIPS	<0,001		0,057	0,047	0,003	0,006
PDT	0,233	0,057		0,401	0,536	1,000
Diodni laser	0,233	0,047	0,401		0,085	0,095
CHX	0,353	0,003	0,536	0,085		0,739
Kontrola	0,019	0,006	1,000	0,095	0,739	

Tablica 3. Usporedba snage svezivanja biokeramičkog punila između skupina u srednjoj trećini kanala

P vrijednosti	NaOCL	PIPS	PDT	Diodni laser	CHX	Kontrola
NaOCL		0,157	0,724	0,002	0,353	0,256
PIPS	0,157		0,232	<0,001	0,007	0,947
PDT	0,724	0,232		<0,001	0,007	0,204
Diodni laser	0,002	<0,001	<0,001		<0,001	0,003
CHX	0,353	0,007	0,007	<0,001		0,003
Kontrola	0,256	0,947	0,204	0,003	0,003	

Tablica 4. Usporedba snage svezivanja biokeramičkog punila između skupina u apikalnoj trećini kanala

P vrijednosti	NaOCL	PIPS	PDT	Diodni laser	CHX	Kontrola
NaOCL		0,258	0,331	0,001	0,122	0,162
PIPS	0,258		0,825	<0,001	0,659	0,039
PDT	0,331	0,825		0,001	0,860	0,072
Diodni laser	0,001	<0,001	0,001		<0,001	0,020
CHX	0,122	0,659	0,860	<0,001		0,006
Kontrola	0,162	0,039	0,072	0,020	0,006	

4. RASPRAVA

Za uspješno endodontsko liječenje, potrebno je provesti kvalitetnu dezinfekciju korijenskih kanala zuba. Sredstvo za ispiranje zbog svoje velike površinske napetosti teško dospjeva u sve dijelove endodontskog prostora zuba (lateralni kanali, istmusi, apikalna delta, dentinski tubulusi) (14, 23). Zbog toga postoje konstantni napori znanstvenika u potrazi za učinkovitijim sredstvom i tehnikom ispiranja korijenskog kanala. Danas se preporučuje aktivacija sredstva za ispiranje u korijenskom kanalu zvučnom energijom, ultrazvučnom ili laserskom energijom (24). Već je dokazan učinak laserski aktiviranog ispiranja Er:YAG laserom u uklanjanju dentinskog debrisa (25) i zaostatnog sloja (26). Dentalni laseri (diodni laseri malih energija) mogu se koristiti i za aktivaciju fotosenzitivnog sredstva u protokolu fotodinamske terapije (27). Cilj ovog istraživanja bio je ispitati utjecaj različitih otopina i tehnika dezinfekcije korijenskog kanala na snagu svezivanja biokeramičkog punila u korijenskom kanalu zuba. Rezultati ovog istraživanja pokazali su da dezinfekcija korijenskog kanala diodnim laserom poboljšava snagu svezivanja biokeramičkog punila unutar kanala. Baktericidno djelovanje diodnog lasera posljedica je termičkog učinka, a nakon uklanjanja zaostatnog sloja, dezinfekcijsko djelovanje seže i do 800 mikrometara u dubinu dentinskih tubulusa (22, 28). U ovom istraživanju, rabljeno je biokeramičko punilo BioRoot Root Canal Sealer (Septodont), koje je na tržištu od 2015. godine. Sastoji se od praha (trikalcij silikat, cirkonij oksid, polimeri) i tekućine (voda, kalcij klorid, polimeri za redukciju vode). U kontaktu s tkivnom tekućinom, potiče stvaranje hidroksipatitu sličnog precipitata na stijenka dentina ostvarujući fizikalno-mehaničku svezu za dentin i trodimenzionalno punjenje kanala (29). Prema mojim saznanjima, još nema istraživanja koje je ispitivalo snagu svezivanja ovog biokeramičkog punila nakon završnog protokola dezinfekcije laserima. White i sur. (30) otkrili su negativan utjecaj zaostatnog sloja na snagu svezivanja silikonskog punila s dentinom što objašnjavaju nemogućnošću kvalitetne adhezije punila na stijenke dentina prekrivene zaostatnim slojem. U radu Alfredo i sur. (31), korijenski kanali zračeni diodnim laserom (980 nm) pokazali su jaču snagu svezivanja AH Plus punila u odnosu na kontrolnu skupinu i skupinu punjenu Epiphany punilom. U radu Saghiri i sur. (32), ispitivano je djelovanje diodnog lasera (810nm, snage 2W, u pulsnom modu rada: 20ms/40ms) i MTAD ispirućeg sredstva (Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK) na snagu svezivanja bijelog ProRoot MTA-a (Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK).

U skupinama zračenim diodnim laserom i skupinama ispiranim MTAD-om dobivene su manje vrijednosti snage svezivanja, što može biti rezultat manje valne duljine korištenog lasera (810 nm), nego što je slučaj u ovom istraživanju (975 nm) i drugačijih parametara lasera. Superiorni rezultati dobiveni nakon zračenja diodnim laserom u ovom istraživanju može se objasniti topografskim promjenama i nepravilnom morfologijom koje nastaju na stijenci dentina nakon iradijacije diodnim laserom (33). Rezultati ovog istraživanja nisu pokazala negativan učinak PDT-e na snagu svezivanja biokeramičkog punila u usporedbi s konvencionalnim ispiranjem NaOCl-om. Slične rezultate dobili su i Ok i sur. (34), koji su ispitivali utjecaj PDT-e na snagu svezivanja AH Plus punila i nisu otkrili negativan utjecaj PDT-e na snagu svezivanja punila. S druge strane, u istraživanju Menezes i sur. (35), dokazan je negativan učinak PDT-e na snagu svezivanja AH Plus-a i MTA Fillapex punila. Autori su rabili metilensko modriko, koje je ostavljeno u kanalu 2 minute nakon čega je obasjano diodnim laserom (Twin laser, MMOptics, Sao Carlos, SP, Brazil) (valna duljina = 660nm, snaga 100mW). Rezultate objašnjavaju negativnim utjecajem ostataka fotosenzitivnog sredstva u korijenskom kanalu s punilom, što oslabljuje svezu punila s dentinom. Slični rezultati dobiveni su i u radu Ok i sur. (34), u kojem je dokazan negativan utjecaj PDT-a na snagu svezivanja MTA Fillapex-a. Autori navode kako je to posljedica stvaranja mineraliziranih vrpčama sličnih struktura duž kolagenih vlakana zbog apatita koji nastaje iz MTA-a (36).

Prethodna istraživanja dokazuju učinkovito korištenje Er:YAG lasera u uklanjanju dentinskog debrisa (25) i zaostatnog sloja (37,38). U radu DiVito i sur. (26), dokazano je učinkovitije uklanjanje zaostatnog sloja iz apikalne trećine korijenskog kanala PIPS protokolom u kombinaciji s EDTA-om od konvencionalnog ispiranja iglom i špricom. U ovom istraživanju PIPS protokol je pokazao sličan utjecaj na snagu svezivanja biokeramičkog punila kao i konvencionalno ispiranje iglom i špricom (NaOCl+EDTA+NaOCl). Smještaj fiberoptičkog nastavka u trepanacijski otvor može biti suviše daleko za učinkovitu aktivaciju irigacijskog sredstva u apikalnoj trećini, smanjujući time njegovu učinkovitost, a posljedično i snagu svezivanja (39,40). Jednako tako, Nasher i sur. (18) navode razlike u duljini korijenskog kanala i viskoznost sredstva kao razloge slabije učinkovitosti PIPS protokola pri jednakim parametrima lasera.

5. ZAKLJUČAK

U okvirima ovog istraživanja, završna dezinfekcija korijenskog kanala diodnim laserom značajno poboljšava snagu svezivanja biokeramičkog punila u korijenskom kanalu. Rezultati ovog istraživanja nisu pokazali negativni učinak PDT-a na snagu svezivanja biokeramičkog punila u usporedbi s konvencionalnim protokolom ispiranja.

6. LITERATURA

1. Sundqvist G, Figdor D. Endodontic treatment of apical periodontitis. U: Ostravik D, Pitt Ford (eds). Essential endodontology. Oxford: Blackwell Science Ltd, 1998:242-77.
2. Wu MK, De Gee AJ, Wesselink PR. Leakage of four root canal sealers at different thickness. *Int Endod J.* 1994;27:304-8.
3. Georgopoulou MK, Wu MK, Nikolaou A, Wesselink PR. Effect of thickness on the sealing ability of some root canal sealers. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1995;80:338-44.
4. Hovland EJ, Dumsha TJ. Leakage evaluation in vitro of the root canal sealer Sealapex. *Int Endod J.* 1985;18:179-82.
5. Al-Haddad A, Che Ab Aziz ZA. Bioceramic-Based Root Canal Sealers: A Review. *Int J Biomater.* 2016;2016:9753210
6. Pawar AM, Pawar S, Kfir A, Pawar M, Kokate S. Push-out bond strength of root fillings made with C-Point and BC sealer versus gutta-percha and AH Plus after the instrumentation of oval canals with the Self-Adjusting File versus WaveOne. *Int Endod J.* 2016;49(4):374–81.
7. Güven EP, Taşlı PN, Yalvac ME, Sofiev N, Kayahan MB, Sahin F. In vitro comparison of induction capacity and biomineralization ability of mineral trioxide aggregate and a bioceramic root canal sealer. *Int Endod J.* 2013;46:1173-82.
8. DeLong C, He J, Woodmansey KF. The effect of obturation technique on the push-out bond strength of calcium silicate sealers. *J Endod.* 2015;41(3):385–8.
9. Shokouhinejad N, Gorjestani H, Nasseh AA, Hoseini A, Mohammadi M, Shamshiri AR. Push-out bond strength of gutta-percha with a new bioceramic sealer in the presence or absence of smear layer. *Aust Endod J.* 2013;39(3):102–6.
10. Shokouhinejad N, Hoseini A, Gorjestani H, Raof M, Assadian H, Shamshiri AR. Effect of phosphate-buffered saline on push-out bond strength of a new bioceramic sealer to root canal dentin. *Dent Res J (Isfahan)* 2012;9(5):595–9.

11. Gade VJ, Belsare LD, Patil S, Bhede R, Gade JR. Evaluation of push-out bond strength of endosequence BC sealer with lateral condensation and thermoplasticized technique: An in vitro study. *J Conserv Dent*. 2015;18(2):124–7.
12. Ozkocak I, Sonat B. Evaluation of Effects on the Adhesion of Various Root Canal Sealers after Er:YAG Laser and Irrigants Are Used on the Dentin Surface. *J Endod*. 2015;41(8):1331–6.
13. Sen BH, Wesselink PR, Türkün M. The smear layer: a phenomenon in root canal therapy. *Int Endod J*. 1995 May;28(3):141-8.
14. Zehnder M. Root canal irrigants. *J Endod*. 2006 May;32(5):389-98.
15. Kennedy WA, Walker WA 3rd, Gough RW. Smear layer removal effects on apical leakage. *J Endod*. 1986 Jan;12(1):21-7.
16. Froes JA, Horta HG, da Silveira AB. Smear layer influence on the apical seal of four different obturation techniques. *J Endod*. 2000 Jun;26(6):351-4.
17. Turkel E, Onay EO, Ungor M. Comparison of Three Final Irrigation Activation Techniques: Effects on Canal Cleanness, Smear Layer Removal, and Dentinal Tubule Penetration of Two Root Canal Sealers. *Photomed Laser Surg*. 2017;35(12):672-81.
18. Nasher R, Franzen R, Gutknecht N. The effectiveness of the Erbium:Yttrium aluminum garnet PIPS technique in comparison to different chemical solutions in removing the endodontic smear layer-an in vitro profilometric study. *Lasers Med Sci*. 2016 Dec;31(9):1871-82.
19. Onay EO, Gogos C, Ungor M, Economides N, Lyssaris V, Ogus E, Lambrianidis T. Effect of Er,Cr:YSGG laser irradiation on apical sealing ability of calcium silicate-containing endodontic materials in root-end cavities. *Dent Mater J*. 2014;33(4):570-5.
20. Akcay M, Arslan H, Durmus N, Mese M, Capar ID. Dentinal tubule penetration of AH Plus, iRoot SP, MTA fillapex, and guttaflow bioseal root canal sealers after different final irrigation procedures: A confocal microscopic study. *Lasers Surg Med*. 2016;48(1):70-6.

21. Suk M, Bago I, Katić M, Šnjarić D, Munitić MŠ, Anić I. The efficacy of photon-initiated photoacoustic streaming in the removal of calcium silicate-based filling remnants from the root canal after rotary retreatment. *Lasers Med Sci.* 2017 Dec;32(9):2055-62.
22. Gutknecht N, Franzen R, Schippers M, Lampert F. Bactericidal effect of a 980-nm diode laser in the root canal wall dentin of bovine teeth. *J Clin Laser Med Surg.* 2004;22(1):9-13.
23. Paqué F, Laib A, Gautschi H, Zehnder M. Hard-tissue debris accumulation analysis by high-resolution computed tomography scans. *J Endod.* 2009 Jul;35(7):1044-7.
24. Gu LS, Kim JR, Ling J, Choi KK, Pashley DH, Tay FR. Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *J Endod* 2009;35:791–804.
25. de Groot SD, Verhaagen B, Versluis M, Wu MK, Wesselink PR, van der Sluis LW. Laser-activated irrigation within root canals: cleaning efficacy and flow visualization. *Int Endod J* 2009;42:1077–83.
26. DiVito E, Peters OA, Olivi G. Effectiveness of the erbium:YAG laser and new design radial and stripped tips in removing the smear layer after root canal instrumentation. *Lasers Med Sci.* 2012;27(2):273-80.
27. Bonsor SJ, Nichol R, Reid TM, Pearson GJ. An alternative regimen for root canal disinfection. *Br Dent J* 2006;201:101-5.
28. Gutknecht N, van Gogswaardt D, Conrads G, Apel C, Schubert C, Lampert F. Diode laser radiation and its bactericidal effect in root canal wall dentin. *J Clin Laser Med Surg.* 2000 Apr;18(2):57-60.
29. Prati C, Gandolfi MG. Calcium silicate bioactive cements: Biological perspectives and clinical applications. *Dent Mater.* 2015;31:351-70.
30. White RR, Goldman M, Lin PS. The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by plastic filling materials. *J Endod.* 1984 Dec;10(12):558-62.

31. Alfredo E, Silva SR, Ozório JE, Sousa-Neto MD, Brugnera-Júnior A, Silva-Sousa YT. Bond strength of AH Plus and Epiphany sealers on root dentine irradiated with 980 nm diode laser. *Int Endod J.* 2008 Sep;41(9):733-40.
32. Saghiri MA, Garcia-Godoy F, Lotfi M, Ahmadi H, Asatourian A. Effects of diode laser and MTAD on the push-out bond strength of mineral trioxide aggregate-dentin interface. *Photomed Laser Surg.* 2012 Oct;30(10):587-91.
33. Wang X, Sun Y, Kimura Y, Kinoshita J, Ishizaki NT, Matsumoto K. Effects of diode laser irradiation on smear layer removal from root canal walls and apical leakage after obturation. *Photomed Laser Surg.* 2005 Dec;23(6):575-81.
34. Ok E, Ertas H, Saygili G, Gok T. Effect of photoactivated disinfection on bond strength of root canal filling. *J Endod.* 2013 Nov;39(11):1428-30.
35. Menezes M, Prado M, Gomes B, Gusman H, Simão R. Effect of photodynamic therapy and non-thermal plasma on root canal filling: analysis of adhesion and sealer penetration. *J Appl Oral Sci.* 2017;25(4):396-403.
36. Sagsen B, Ustün Y, Demirbuga S, Pala K. Push-out bond strength of two new calcium silicate-based endodontic sealers to root canal dentine. *Int Endod J.* 2011;44(12):1088-91.
37. Olivi G, DiVito E (2012) Review: photoacoustic endodontics using pips™: experimental background and clinical protocol. *J Laser Health Acad* 2012(1):22–5.
38. Sathe S, Hegde V, Jain P, Ghunawat D (2014) Effectiveness of Er:YAG (PIPS) and Nd:YAG activation on final irrigants for smear layer removal—SEM observation. *J Dent Lasers* 8(1):8–13.
39. Zhu X, Yin X, Chang JWW, Wang Y, Cheung GS, Zhang C. Comparison of the antibacterial effect and smear layer removal using photon-initiated photoacoustic streaming aided irrigation versus a conventional irrigation in singlerooted canals: an in vitro study. *Photomed Laser Surg* 2013;31:371–7.

40. Arslan D, Guneser MB, Dincer AN, Kustarci A, Er K, Siso SH. Comparison of smear layer removal ability of Qmix with different action techniques. J Endod 2016;42:1279–85.

7. ŽIVOTOPIS

Ana Sandrić rođena je 13. listopada 1993. godine u Puli, gdje završava osnovnu i srednju školu. Po završetku Gimnazije, 2012. godine upisuje Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Kroz dvije godine obavlja dužnost demonstratora na Pretkliničkoj restaurativnoj stomatologiji. Tijekom studija pohađa StEPP edukaciju „ABC hitnih stanja“, iTOP radionicu, sudjeluje u Geronto projektu, aktivno sudjeluje na studentskom kongresu te volontira na Zavodu za dječju dentalnu medicinu. Rektorovu nagradu za individualni znanstveni rad naslova „Usporedba učinkovitosti LED polimerizacijskih uređaja druge i treće generacije u polimerizaciji bulk fill kompozitnih materijala“ osvaja u akademskoj godini 2016/17.