



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
STOMATOLOŠKI FAKULTET

Krešimir Vukojević

DEZINFEKCIJA KORIJENSKIH KANALA

Diplomski rad

Zagreb, 2017.

Rad je ostvaren u: Zavod za endodonciju i restaurativnu stomatologiju, Stomatološki fakultet,
Sveučilište u Zagrebu

Mentor: izv. prof. dr. sc. Bernard Janković, Zavod za endodonciju i restaurativnu
stomatologiju, Stomatološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu

Lektor hrvatskog jezika: Vanja Nekich, prof. hrvatskog jezika i književnosti

Lektor engleskog jezika: Maja Blažun Vuković, prof. engleskog i talijanskog jezika i
književnosti

Sastav Povjerenstva za obranu diplomskog rada:

1. _____

2. _____

3. _____

Rad sadrži: 32 stranice

12 slika

1 CD

Osim ako nije drugačije 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 se mentoru, izv. prof. dr. sc. Bernardu Jankoviću na pomoći prilikom izrade rada i na znanju prenesenom tijekom studija.

Zahvaljujem se prof. dr. sc. Silvani Jukić Krmek na ustupljenim fotografijama za potrebe ovog rada.

Zahvaljujem se prijateljima i kolegama na međusobnoj potpori tijekom studija.

Zahvaljujem se obitelji na podršci tijekom cijelog školovanja.

Dezinfekcija korijenskih kanala

Sažetak

Svrha endodontskog liječenja je prevencija razvoja periapikalnih lezija i stvaranje uvjeta za cijeljenje postojećih lezija. Mikroorganizmi su glavni uzročnik razvoja periapikalnih lezija. Eliminacija bakterija iz korijenskog kanala i sprječavanje ponovne kontaminacije je osnovna svrha endodontskog zahvata. Dezinfekcija korijenskog kanala podrazumijeva upotrebu različitih kemijskih sredstava i uređaja za njihovu aktivaciju. Neka sredstva korištena u svrhu dezinfekcije korijenskog kanala danas imaju povijesno značenje dok se primjerice natrijev hipoklorit i dalje smatra zlatnim standardom u endodontskom liječenju. Napredak znanja i tehnologije je doveo do primjene brojnih tehnika aktivacije sredstava za ispiranje korijenskog kanala što je značajno utjecalo na uspješnost dezinfekcije korijenskih kanala, ali i drugih sredstava kao što je ozon, laser i fotodinamska terapija.

Ključne riječi: endodontsko liječenje; sredstva za ispiranje; dezinfekcija korijenskog kanala

Disinfection of root canals

Summary

The aim of endodontic treatment is to prevent the development of periapical lesions and to create conditions for the treatment of existing lesions. Microorganisms are the main cause of periapical lesions. The main purpose of endodontic therapy is the elimination of bacteria from the root canal and the prevention of recontamination. Disinfection of the root canal requires the use of various chemical agents and devices for their activation. Today, some irrigants used for root canal disinfection are historically significant, while sodium hypochlorite, for example, is still considered a “gold standard irrigant” in endodontic treatment. Greater knowledge and improved technology have led to the application not only of a wide range of root canal irrigant activation techniques, which has had a significant impact on root canal disinfection, but of other agents such as ozone, laser and photodynamic therapy as well.

Key words: endodontic treatment; irrigants; root canal disinfection

SADRŽAJ

1. Uvod.....	1
2. Endodontske infekcije.....	3
2.1. Mikrobiologija endodontskih infekcija.....	4
3. Sredstva i tehnike dezinfekcije korijenskog kanala.....	5
3.1. Irigansi.....	5
3.1.1. Natrijev hipoklorit.....	5
3.1.2. Klorheksidin	7
3.2. Kelatori.....	8
3.3. Kombinirani preparati.....	9
3.4. Lubrikansi.....	10
3.5. Intrakanalni ulošci.....	11
3.5.1. Kalcij hidroksid.....	12
3.5.2. Triantibiotska pasta.....	12
3.5.3. Ostali intrakanalni ulošci	12
3.6. Ručne tehnike ispiranja korijenskih kanala.....	13
3.6.1. Ultrazvučno aktivirano ispiranje.....	14
3.6.2. Zvučno aktivirano ispiranje.....	15
3.6.3. Uređaji za aktivaciju s izmjeničnim i apikalnim negativnim tlakom.....	16
3.6.4. Kontinuirano ispiranje s instrumentacijom.....	16
3.6.5. Terapija ozonom.....	17
3.6.6. Instrument za završnu obradu.....	18
3.6.7. Laseri.....	19
3.6.8. Fotodinamska terapija.....	19
4. Rasprava.....	21
5. Zaključak.....	23
6. Literatura.....	25
7. Životopis.....	31

Popis skraćenica

Ca(OH)₂ - kalcij hidroksid

EDTA - etilendiamintetraoctena kiselina

Er,Cr:YSGG - erbij, kromij: itrij-skandij-galij-garnet

Er:YAG - erbij: itrij-aluminij-garnet

HeNe – helij neon

HEPB-1-hidroksietiliden-1, 1- bisfosfonat

LAI - laserski aktivirano ispiranje (engl. laser-activated irrigation)

LASER- pojačanje svjetlosti s pomoću stimulirane emisije zračenja (engl. Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)

LAT – svjetlom aktivirana terapija (engl. light-activated therapy)

LED- svijetleća dioda (engl. light emitting diode)

NaOCl - natrijev hipoklorit

Nd:YAG - neodimij:itrij-aluminij-garnet

NiTi- nikal titan

O₃ – ozon

PAD – fotoaktivirana dezinfekcija (engl. photoactivated disinfection)

PCA - parakloranilin

PDT - fotodinamska terapija (engl. photodynamic therapy)

PIPS – fotonsko inicirajuće fotoakustično strujanje (engl. photon induced photoacoustic streaming)

SAF – Self-adjusting file

1. UVOD

Osnovni principi endodontskog liječenja su oblikovanje korijenskog kanala, dezinfekcija i punjenje. Oblikovanje korijenskog kanala provodi se ručnim ili strojnim instrumentima, pri čemu se nastoji dobiti konični oblik korijenskog kanala s maksimalnim očuvanjem tvrdog zubnog tkiva. Sama instrumentacija korijenskog kanala nije dovoljna za odstranjenje inficiranog sadržaja iz korijenskog kanala s obzirom da nakon instrumentacije više od 35% kanala ostane netaknuto (1). Eliminacija bakterija iz korijenskog kanala postiže se upotrebom različitih sredstava za ispiranje korijenskog kanala. Mehanička instrumentacija i kemijska obrada korijenskog kanala se zajedno nazivaju kemomehaničkom obradom, jer su međusobno neodvojivi entiteti. Još uvijek nije razvijen idealni dezinficijens korijenskog kanala, ali je napredak struke doveo do razvoja različitih sustava aktivacije sredstva za ispiranje što je riješilo neke od prethodnih problema prilikom ispiranja kanala. Klasično pasivno ispiranje kanala iglom i špicom je dugo vremena bio standard u endodontskom liječenju, ali se ono smatra nedostatnim u prvom redu zbog činjenice da pri takvom načinu ispiranja irigans dospijeva tek 1 - 1,5 mm apikalno od vrha igle (2). Navedena činjenica dovodi u pitanje učinkovitost dezinfekcije posebice u uskim i zavijenim korijenskim kanalima. Ispiranje korijenskog kanala ima svrhu podmazivanja instrumenata prilikom instrumentacije, otapanja zaostatnog sloja i uklanjanje nakupljanog debris (3). Suvremeni pristup endodontskom tretmanu podrazumijeva upotrebu nekoliko irigansa pri čemu je izuzetno važno poznavati njihovu pravilnu primjenu, moguće interakcije i nuspojave koje se mogu javiti prilikom njihove primjene.

2. ENDODONTSKE INFEKCIJE

Krajem 19. stoljeća dr. W. D. Miller je dokazao uzročno-posljedičnu vezu bakterija u korijenskom kanalu i apikalnog parodontitisa (4). Kakehashi i sur. (5) su potvrdili Millerova otkrića studijom na dvije skupine štakora, jednoj s konvencionalnim i jednoj sa štakorima u sterilnim uvjetima. Kod konvencionalnih štakora nakon eksponiranja pulpe došlo je do nekroze s razvojem apikalnog parodontitisa, dok je kod štakora u sterilnim uvjetima pulpa ostala vitalna s formiranjem tkiva sličnog dentinu. Studija je nedvojbeno dokazala vezu bakterija i razvoja periapikalnih lezija, ali i mogućnost regeneracije pulpodentinskog kompleksa u povoljnim uvjetima. Osim utjecaja bakterija smatralo se da i drugi čimbenici, kao primjerice fizikalni, mogu dovesti do nekroze pulpe s razvojem apikalnog parodontitisa. Studija koju su proveli Möller i sur. (6), na majmunima je pokazala da je do razvoja apikalnog parodontitisa dovela nekroza pulpe s infekcijom, dok nekroza pulpe bez infekcije nije rezultirala razvojem periapikalnih promjena.

Endodontske infekcije se dijele na intraradikularne i ekstraradikularne infekcije.

Intraradikularne infekcije se dijele u tri tipa prema vremenu naseljavanja mikroorganizama:

1. primarna intraradikularna infekcija - naseljavanje mikroorganizama u prethodno sterilni prostor korijenskog kanala
2. sekundarna intraradikularna infekcija - naseljavanje mikroorganizama kojih nije bilo u primarnoj infekciji, a vrijeme naseljavanja može biti za vrijeme, između posjeta ili nakon završenog tretmana
3. perzistentna intraradikularna infekcija - mikroorganizmi primarne ili sekundarne infekcije koji zaostaju u kanalu i nakon tretmana.

Ekstraradikularne infekcije se dijele na ovisne i neovisne o intraradikularnoj infekciji. Primjer ekstraradikularne infekcije ovisne o intraradikularnoj je akutni apikalni apsces, a najčešći oblik infekcije neovisne o intraradikularnoj je aktinomikoza. Važnost razlučivanja ovih entiteta je bitna zbog terapijskog pristupa, infekcija ovisna o intraradikularnoj se može tretirati nekirurškim endodontskim postupkom, dok infekcija neovisna o intraradikularnoj zahtijeva kirurški terapijski pristup (7).

2.1. Mikrobiologija endodontskih infekcija

Endodontski prostor je u fiziološkom stanju sterilan i svaki mikroorganizam koji dospije unutar toga prostora ima potencijal izazvati patološke promjene. Glavni uzročnici upale pulpe i periapikalnih tkiva su bakterije. Broj vrsta bakterija se razlikuje ovisno o tipu infekcije. U primarnoj infekciji se nalazi 10 - 20 vrsta bakterija (7). Najveći dio bakterija pripada Gram-negativnim anaerobnim bakterijama iz koljena Firmicutes i Bacteroidetes (8). Uzrok perzistentnih infekcija su uglavnom Gram-pozitivne fakultativne i anaerobne bakterije kao što je primjerice *Enterococcus faecalis*.

Bakterije u endodontski prostor najčešće ulaze iz karijesne lezije, jatrogenim otvaranjem pulpne komorice ili za vrijeme ili nakon endodontskog postupka.

Iako eksponirani dentin predstavlja put za bakterije, dok je pulpa vitalna tijekom dentinske tekućine i obrambene sposobnosti pulpodentinskog kompleksa onemogućuju prodor bakterija prema pulpi osim u slučajevima kada je propusnost dentina povećana ili je debljina dentina smanjena. Anahoreza je jedan od predloženih mehanizama infekcije pulpnog tkiva, ali za to ne postoje dokazi (9).

Gljivice se navode u literaturi kao uzročnici endodontskih infekcija, od kojih je najčešća *Candida albicans*. Iako su izolirane iz primarnih infekcija, češće su prisutne u perzistentnim infekcijama. *C. albicans* pokazuje mogućnost invazije dentina, kao i otpornost prema nekim intrakanalnim ulošcima kao što je kalcijev hidroksid (10).

Virusi su mikroorganizmi koji za razmnožavanje trebaju živu stanicu i kao takvi se ne smatraju primarnim uzročnicima endodontskih infekcija, iako su izolirani iz korijenskih kanala s vitalnom pulpom (9).

Apikalni parodontitis se svrstava u bolesti povezane s biofilmom. Ricucci i Siqueria su u svojoj studiji pronašli biofilm u apikalnom segmentu korijenskog kanala 77% zubi koje su pregledali. Iako nisu pronašli korelaciju biofilma i kliničkih simptoma, on je češće prisutan s većim periapikalnim lezijama i cistama (11).

3. SREDSTVA I TEHNIKE DEZINFEKCIJE KORIJENSKOG KANALA

3.1. Irigansi

Irigansi su sredstva za ispiranje korijenskog kanala.

Idealno sredstvo za ispiranje korijenskog kanala bi trebalo imati sljedeća svojstva:

- djelovati antimikrobno
- djelovati lubrikacijski
- biti netoksično
- otapati organska i anorganska tkiva (12)
- imati produženi učinak
- ne interferirati s cijeljenjem periapikalnih tkiva
- ne bojiti zubnu strukturu
- ne utjecati štetno na mogućnost brtvljenja materijala za punjenje
- biti jednostavno za upotrebu
- biti jeftino (3).

Do danas nije razvijeno sredstvo koje zadovoljava kriterije idealnog sredstva za ispiranje, zato je potrebno koristiti više irigansa koji imaju različitu svrhu u endodontskom postupku.

3.1.1. Natrijev hipoklorit

Vodena otopina natrijevog hipoklorita (NaOCl) je najčešće korišteno sredstvo za ispiranje korijenskih kanala (13). Koristi se u koncentraciji 0,5 - 6%. Dobra svojstva NaOCl-a su dobar antimikrobni učinak i sposobnost otapanja vitalnog i nekrotičnog tkiva.

Mehanizam djelovanja NaOCl-a uključuje sljedeće reakcije:

1. reakcija saponifikacije - stvaranje soli masnih kiselina i glicerola
2. reakcija neutralizacije - neutralizacija aminokiselina stvaranjem njihovih soli i vode, pri čemu dolazi do pada pH
3. stvaranje hipoklorne kiseline - reakcijom otopljenog klora i organske tvari nastaje slaba hipoklorna kiselina koja djeluje kao oksidans
4. stvaranje kloramina - klor s amino skupinom aminokiselina stvara kloramine koji interferiraju sa staničnim metabolizmom bakterija

5. visoki pH – otopina NaOCl-a ima pH >11 što dovodi do narušavanja integriteta stanične membrane (14).

Na učinkovitost NaOCl-a mogu utjecati temperatura i koncentracija. Povećanjem temperature povećava se i učinkovitost otopine NaOCl-a. Otopina se može zagrijati u grijaču šprica ili aktivacijom otopine unutar korijenskog kanala. Povećanje koncentracije također povećava učinkovitost otopine, ali i toksičnost. Ukoliko se koriste otopine nižih koncentracija preporučuje se povećanje volumena otopine, odnosno obilnije ispiranje kanala (3).

Tijekom ispiranja kanala otopinom NaOCl-a može doći do nezgoda koje mogu biti teške i za pacijenta i za terapeuta, a uključuju oštećenje pacijentove odjeće, ozljede oka, iritacije kože i sluznice, prolaz otopine u periapikalno tkivo i slučajna injekcija otopine NaOCl-a umjesto otopine anestetika.

U najteže komplikacije spadaju prolaz otopine u periapikalno tkivo i slučajno injiciranje otopine NaOCl-a umjesto anestetika. Kod prolaska otopine u periapeks dolazi do pojave intenzivne boli, edema i krvarenja u okolno tkivo, iritacije sinusa, moguće ozljede živaca s ispadom funkcije i razvoj infekcije.

Terapijski postupak ovisi o težini kliničke slike. Prvi korak je informirati pacijenta. Standardni postupak podrazumijeva osiguranje analgezije, hladni oblozi prvi dan, topli oblozi nakon prvog dana, antibiotici u slučaju manifestne infekcije i redovita kontrola pacijenta. Za teže slučajeve potrebna je hospitalizacija. Nastavak endodontskog postupka se može provesti korištenjem drugih otopina za ispiranje kanala (15).

Sve navedene nezgode mogu se prevenirati. Pacijenta je potrebno zaštititi pregačom i naočalama. Izolacijom zuba gumenom plahticom sprječava se istjecanje otopine u usnu šupljinu i grlo. Prilikom ispiranja kanala igla ne smije biti zaglavljena, a poželjno je koristiti igle s postraničnim otvorom bez jakog pritiska na klip šprice i s vertikalnim pokretima u korijenskom kanalu. Šprice s otopinama za ispiranje moraju biti jasno označene.

Alergijske reakcije na NaOCl su izrazito rijetke jer se on ne smatra alergenom s obzirom da su produkti njegovih reakcija fiziološki spojevi, ali pojedini od njih mogu dovesti do lokalnog oštećenja tkiva (3).

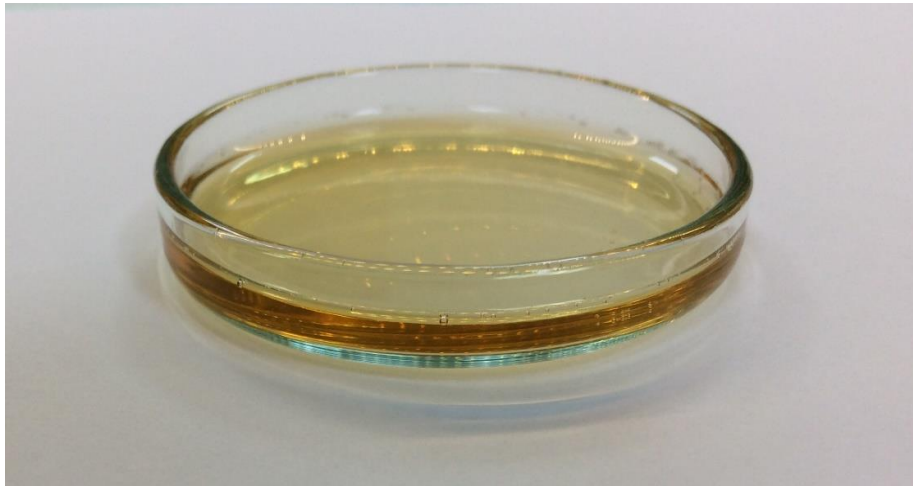
3.1.2. Klorheksidin

Klorheksidin je antiseptik iz skupine bigvanida koji se u obliku 2% otopine klorheksidin glukonata koristi u endodonciji (Slika 1.). Djeluje baktericidno i bakteriostatski ovisno o koncentraciji. Pri nižim koncentracijama djeluje bakteriostatski ometajući osmotsku ravnotežu, dok pri višim koncentracijama djeluje baktericidno oštećujući staničnu membranu (3). Za razliku od NaOCl-a ne otapa tkivo. Dobro svojstvo je substantivnost koja je posljedica vezanja za tvrda tkiva, što znači da se njegov učinak ostvaruje i nakon same primjene. Ne uzrokuje eroziju dentina i stoga se preporučuje koristiti ga na kraju kemomehaničke obrade kanala (16). Klorheksidin pokazuje dobru učinkovitost protiv *E. faecalis*, ali je nešto manje učinkovit protiv Gram-negativnih anaerobnih bakterija koje dominiraju u primarnim intraradikularnim infekcijama (17).

Reakcijom NaOCl-a i klorheksidina nastaje smeđi precipitat (Slika 2.) parakloranilin (PCA) (18). Stoga je potrebno kanal isprati fiziološkom otopinom između primjene ova dva irigansa.



Slika 1. Klorheksidin za primjenu u endodonciji. Preuzeto s dopuštenjem: Bisernica dental.



Slika 2. Reakcija NaOCl-a i klorheksidina

3.2. Kelatori

Zaostatni sloj je sloj na površini dentina koji se sastoji od malih čestica dentinske prašine nastale prilikom njegove mehaničke obrade. Razlika zaostatnog sloja u kavitetu i korijenskom kanalu je u tome što u kanalu zaostaje i meko tkivo. U literaturi se mogu pronaći dvojbe o potrebi uklanjanja zaostatnog sloja zbog toga što on može poslužiti kao sredstvo koje brtvi dentinske tubuluse, a s druge strane bakterije čine zaostatni sloj koji osim toga može ometati brtvljenje punjenja korijenskog kanala. Za uklanjanje zaostatnog sloja se koriste kelatori, odnosno sredstva koja imaju demineralizacijski učinak (19).

Najčešće korišteno sredstvo za uklanjanje zaostatnog sloja je etilendiamintetraoctena kiselina (EDTA) u koncentraciji 15 - 17%. Svoj učinak ostvaruje vezanjem kalcijevih iona. Osim za uklanjanje zaostatnog sloja koristi se i prilikom instrumentacije uskih i neprohodnih korijenskih kanala.

1-hidroksietiliden-1, 1-bisfosfonat (HEPB) ili etidronična kiselina je bisfosfonatni lijek koji pokazuje kelatorsko djelovanje u korijenskom kanalu (3).

Limunska kiselina se koristi za uklanjanje zaostatnog sloja u koncentraciji 5 - 50% (12).

Limunska kiselina i EDTA u reakciji s NaOCl-om dovode do smanjenja njegovog učinka zbog gubitka iona klora u otopini (20).

3.3. Kombinirani preparati

S obzirom da niti jedan irigans ne zadovoljava svojstva onog idealnog, kombiniranjem preparata nastojalo se postići što učinkovitije sredstvo. Kelatori imaju slabi antimikrobni učinak koji se nastoji poboljšati dodavanjem antiseptika ili antibiotika. Dodatkom kvaternog amonijevog bromida (cetrimid) razvijen je EDTAC koji pokazuje sličan učinak kao EDTA, uz veću kaustičnost (18).

Torabinejad i Johnson su predstavili kombinirani preparat 3% doksiciklina, 4,25% limunske kiseline i 0,5% deterdženta polysorbate 80 (Tween) (21). Preparat dolazi u obliku praha i tekućine pod nazivom BioPure MTAD (Dentsply, Tulsa, OK) (Slika 3.). Preparat sličnog sastava je i Tetraclean (Ogna Laboratori Farmaceutici, Muggio, Italy).



Slika 3. BioPure MTAD (Dentsply, Tulsa, OK). Preuzeto s dopuštenjem: (22).

QMIX® (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Johnson City, TN, USA) (Slika 4.) je kombinirani preparat koji sadrži klorheksidin, EDTA i deterdžent. Namijenjen je završnom ispiranju korijenskog kanala (23).

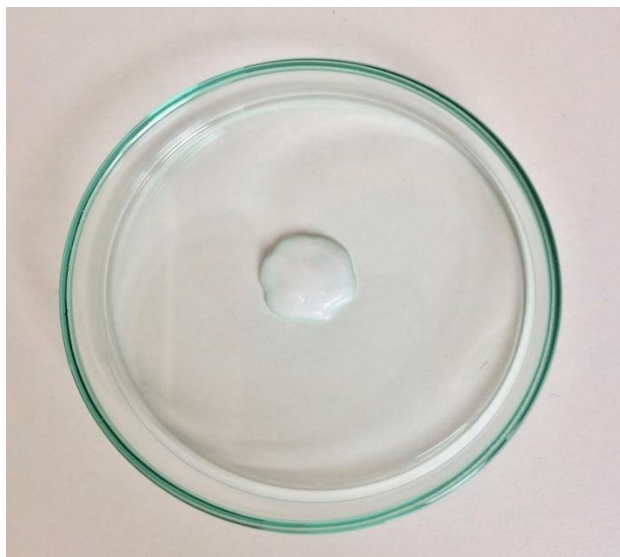


Slika 4. QMiX 2in1 (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Johnson City, TN, USA). Preuzeto s dopuštenjem: (24)

3.4. Lubrikansi

Lubrikansi su sredstva u obliku gela koja su najčešće bazirana na vosku, ili glikolu. U sastavu imaju EDTA u koncentraciji 15 - 17% i urea peroksid. Svrha njihove upotrebe je podmazivanje i olakšavanje prolaza endodontskih instrumenata u korijenskom kanalu i suspenzija debris nastalog prilikom instrumentacije (3). Osim navedenog učinka pokazuju i antimikrobna svojstva (25).

Navedeni tipovi lubricirajućih otopina u reakciji s NaOCl-om smanjuju njegov učinak (26). Prilikom miješanja NaOCl-a i lubrikansa koji sadržavaju urea peoksid u korijenskom kanalu dolazi do pjenušanja (Slike 5 i 6.).



Slika 5. Lubrikans



Slika 6. Reakcija lubrikansa s NaOCl-om

3.5. Intrakanalni ulošci

Endodontsko liječenje se može provesti u jednoj ili više posjeta. Prilikom višeposjetne endodoncije u korijenski kanal potrebno je aplicirati antiseptički intrakanalni uložak koji u prvom redu ima svrhu sprječavanja razmnožavanja zaostalih bakterija između posjeta. U tu svrhu su se kroz povijest koristili brojni preparati, dok je danas najčešće primjenjivani preparat kalcijev hidroksid ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) (27).

3.5.1. Kalcij hidroksid

Kalcij hidroksid je jaka baza s pH 12.5-12.8. Točan mehanizam djelovanja nije poznat, iako se smatra da je glavnim dijelom posljedica visokog pH i disocijacije na Ca^{2+} i OH^- ione (28). Osim kao intrakanalni uložak, kalcijev hidroksid se koristi u terapiji vitalne pulpe, apeksifikaciji i kao zamjena za triantibiotsku pastu.

Da bi ostvario svoj učinak, kalcijev hidroksid mora biti u direktnom kontaktu s tkivom i u korijenski kanal bi se trebao unijeti do pune radne dužine, što može biti klinički zahtjevno, kao i njegovo potpuno uklanjanje što može utjecati na brtvljenje punjenja (3).

Učinkovitost $\text{Ca}(\text{OH})_2$ je još uvijek kontroverzna u literaturi s obzirom da nalazi nekih studija pokazuju njegov ograničeni antibakterijski učinak (29).

3.5.2. Triantibiotska pasta

Triantibiotska pasta se sastoji od ciprofloksacina, metronidazola i minociklina. Indicirana je u postupcima revaskularizacije kod mladih trajnih zuba s nezavršenim rastom korijena i avitalnom pulpom. Moguće nuspojave korištenja paste su diskoloracija zuba koju uzrokuje minociklin i alergijska reakcija na neki od antibiotika (30).

Osim navedenih nuspojava, upotreba antibiotika može dovesti do bakterijske rezistencije. S obzirom na navedeno predloženi su i drugi protokoli dezinfekcije kanala kod postupka revaskularizacije, a uključuju primjenu antibiotske paste bez minociklina ili $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (3).

3.5.3. Ostali intrakanalni ulošci

Klorheksidin se može koristiti kao intrakanalni uložak (31). Za tu svrhu dostupan je u obliku gela, ili gutaperka štapića s 5% klorheksidin-diacetata (Activ Point/Roeko, Langenau, Germany).

Preparati temeljeni na fenolu i paraformaldehidu se ne preporučuju kao intrakanalni ulošci s obzirom da njihova toksičnost nadvladava korisnost njihove primjene (3). Prema istraživanju Matijević i sur. (32), u Hrvatskoj otopinu Chlumsky, kao intrakanalni uložak, još uvijek koristi 26,8% stomatologa.

3.6. Ručne tehnike ispiranja korijenskih kanala

Osnovni način ispiranja korijenskih kanala je špricom i iglom. Pravilno ispiranje ovom tehnikom izvodi se umjerenim pritiskom na klip šprice uz vertikalne pokrete iglom u kanalu, pri čemu igla nikad ne smije biti zaglavljena (12). Glavni nedostatak navedene tehnike je nedovoljno prodiranje sredstva za ispiranje u apikalne dijelove korijenskog kanala. Dokazano je da otopina dopijeva 1-1,5 mm apikalno od završetka igle (2). To znači da je uspješnost ispiranja uvjetovana mogućnošću prodiranja igle u korijenski kanal, što može biti problem kod uskih i zavijenih korijenskih kanala.

Korijenski kanal se ponaša kao sustav zatvorenog kanala s obzirom da se oko apikalnog otvora nalazi parodontni ligament i kost. U apikalnom dijelu korijenskog kanala može zaostati zrak, odnosno razvija se "vapor lock" učinak. Zarobljeni zrak onemogućava dolazak otopine za ispiranje u apikalni dio kanala i pri tome izostaje dezinfekcija tog dijela kanala (33).

Za poboljšanje učinka ispiranja razvijene su ručne tehnike i uređaji za aktivaciju. Jedna od osnovnih tehnika aktivacije ispiranja je upotreba dobro prilagođenog gutaperka štapića kojim se rade vertikalni pokreti 2 - 3 mm. Tehnika je učinkovita i jeftina, ali pravilno izvođenje podrazumijeva frekvenciju od 100 pokreta u sekundi (34).

Četkice za intrakanalnu primjenu kao što su NaviTip FX (Ultradent Products Inc, USA) (Slika 7.) i Endobrush (C&S Microinstruments Ltd, Markham, Ontario, Canada) namjenjene su za ručnu primjenu u aktivaciji sredstva za ispiranje. Upitna je njihova učinkovitost u srednjoj i apikalnoj trećini koju teško mogu dosegnuti. Prilikom korištenja može doći do otpadanja vlakana koja mogu zaostati u korijenskom kanalu (34).

Canal Brush (Roeko Canal Brush™, Coltène/Whaledent, Langenau, Germany) je četkica koja se može koristiti ručno i strojno na kolječniku. U studiji koja je ispitala učinkovitost uklanjanja Ca(OH)_2 pokazalo se da upotreba ove četkice dovodi do proguravanja ostataka Ca(OH)_2 kroz apikalni otvor (36).



Slika 7. NaviTip FX 17mm, Ultradent Products, Inc. USA. Preuzeto s dopuštanjem: (35).

3.6.1. Ultrazvučno aktivirano ispiranje

Ultrazvučni valovi su zvučni valovi frekvencije iznad 20000 Hz. U tekućini ultrazvuk uzrokuje cikličke kompresije i ekspanzije. Prilikom kompresije uslijed pozitivnog tlaka dolazi do zbijanja molekula, dok kod ekspanzije dolazi do negativnog tlaka i njihova razdvajanja. Negativan tlak dovodi do lokalnog isparavanja i stvaranja mjehurića. Mjehurići mogu nastaviti oscilirati i mijenjati svoju veličinu za iznose kompresije i ekspanzije što se naziva stabilnom kavitacijom, ili mogu rasti dok ne postanu nestabilni nakon čega kolabiraju u slučaju tranzijentne kavitacije. Kolaps mjehurića naziva se implozija i prilikom nje dolazi do oslobađanja energije u obliku udarnog vala. Mikrostrujanje je jedan od fizikalnih učinaka ultrazvuka u fluidu koji je posljedica širenja ultrazvučnih valova, pri čemu elementi fluida osciliraju (37).

U literaturi se ultrazvučno aktivirano ispiranje opisuje kao pasivno ultrazvučno ispiranje (engl. passive ultrasonic irrigation, (PUI)) čime se razlikuje od ultrazvučne instrumentacije (engl. ultrasonic instrumentation (UI)). Postoje dva glavna načina ultrazvučnog ispiranja. Jedan s kontinuiranim dotokom tekućine za ispiranje, dok se kod drugog tekućina zamjenjuje između ciklusa aktivacije.

PUI doprinosi učinkovitijem uklanjanju zaostatnog sloja u odnosu na klasično ispiranje kao i bolji antimikrobni učinak zbog negativnog kavitacijskog učinka na staničnu membranu bakterija i zbog razaranja biofilma (34). Primjer nastavka za ultrazvučnu aktivaciju sredstva za ispiranje je Satelec Sonofile K-file Ultrasonic tips (Tulsa Dental Products) (Slika 8.).



Slika 8. Satelec Sonofile K-file Ultrasonic tip (Tulsa Dental Products). Preuzeto s dopuštenjem: (38).

3.6.2. Zvučno aktivirano ispiranje

Zvučno aktivirano ispiranje se odvija pri frekvencijama 1 - 6 kHz. Većina sustava dostupnih na tržištu koristi plastični nastavak koji se aplicira u korijenski kanal (39).

Jedan od sustava za zvučno aktivirano ispiranje je i EndoActivator (Dentsply Tulsa Dental Specialities, Tulsa, OK) (Slika 9.) koji se sastoji od uređaja kojeg pokreće baterija i na kojem se može birati između tri brzine: 2000, 6000 ili 10000 ciklusa u minuti. Nastavci su građeni od polimera, dužine su 22 mm i dostupni su u tri veličine: 20/02, 25/04 i 30/06. Kriterij za odabir nastavka je da pasivno doseže 2 mm kraće od radne dužine, što osigurava dovoljno mjesta za pokrete. Ukoliko nastavak ne doseže navedenu dužinu pasivno, učinak aktivacije bit će smanjen (40).



Slika 9. EndoActivator (Dentsply Tulsa Dental Specialities, Tulsa, OK). Preuzeto s dopuštenjem: (41).

3.6.3. Uređaji za aktivaciju s izmjeničnim i apikalnim negativnim tlakom

RinsEndo sustav (Dürr Dental, Bittigheim-Bissingen, Germany) je uređaj koji se temelji na izmjeničnom tlaku. Uređaj izbacuje 65 µl tekućine u kanal s titranjem pri frekvenciji od 1,6 kHz, nakon toga se tekućina i zrak iz kanala usisavaju i osvježavaju se s novom tekućinom. Ciklus se ponavlja 100 puta u minuti. U jednoj minuti se ostvari protok od 6,2 ml (34).

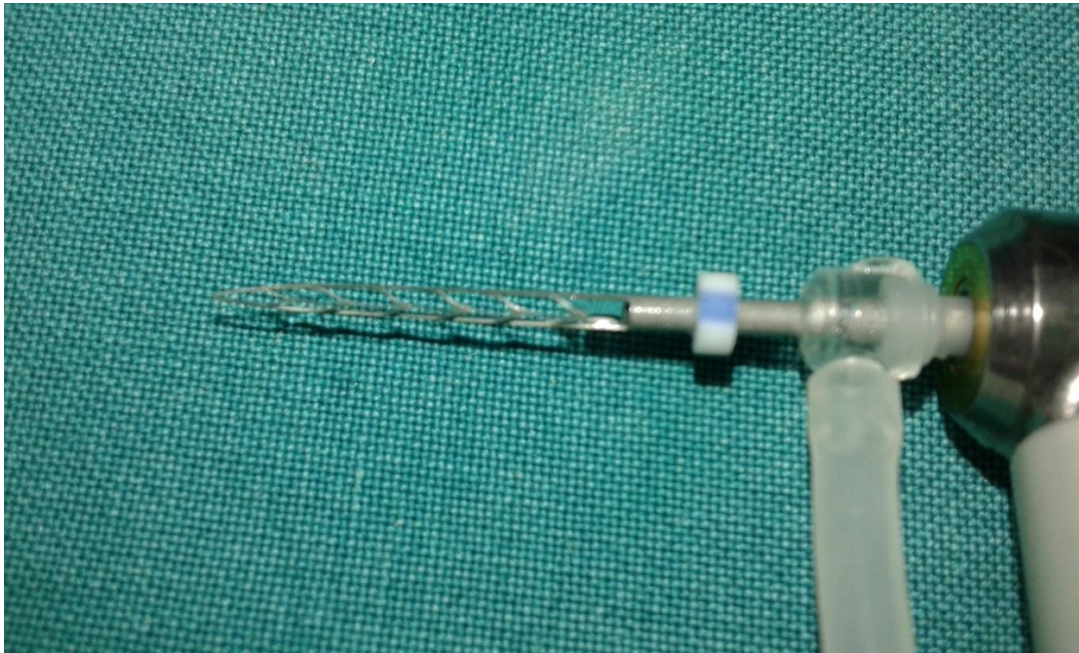
EndoVac system (Discus Dental, Culver City, CA) je sustav s negativnim apikalnim tlakom. Sustav izbacuje irigans u pulpnu komoricu, a mikrokanulom se irigans usisava prvo u koronarnoj i srednjoj trećini, a zatim u apikalnoj trećini. Jedna mikrokanula je veličine 55/02, a druga 32/02. Negativni apikalni tlak čini sustav izrazito sigurnim od protiskivanja tekućine periapikalno (3).

3.6.4. Kontinuirano ispiranje s instrumentacijom

Na tržištu su dostupni uređaji koji omogućuju istovremeno ispiranje korijenskog kanala tijekom instrumentacije.

Sustav Quantec-E irrigation system (SybronEndo, Orange, CA) kombinira rotirajuću instrumentaciju s istovremenim ispiranjem korijenskog kanala. Studije pokazuju dobru učinkovitost u koronarnoj trećini korijenskog kanala, dok je učinkovitost u srednjoj i apikalnoj trećini gotovo jednaka klasičnom ispiranju (34).

Self-adjusting file (SAF; ReDent-Nova, Ra'anana, Israel) (Slika 10.) je sustav koji kombinira instrumentaciju i ispiranje korijenskog kanala. Sustav se sastoji od kolječnika s dovodom tekućine za ispiranje i instrumenta koji je građen od cilindrične nikal titanske (NiTi) rešetke. Instrument u kanalu ostvaruje vertikalne pokrete od 0,4 mm frekvencijom 3000 - 5000 u minuti uz kontinuirano ispiranje 5ml/min. S obzirom na elastičnost instrumenta, on se adaptira stijenkama korijenskog kanala i oštri bridovi pri tome režu dentin (42).



Slika 10. Self-adjusting file.

Preuzeto s dopuštenjem autora: prof. dr. sc. Silvana Jukić Krmek.

3.6.5. Terapija ozonom

Ozon (O_3) je plin koji u prirodi nastaje pod utjecajem ultraljubičastog zračenja i električnog pražnjenja, a čine ga tri atoma kisika. Zbog svog oksidativnog potencijala ima dobar antimikrobni učinak, ali uz to pokazuje i stimulirajući učinak na cirkulaciju (43). Primjenjuje se u medicini i u stomatologiji, gotovo u svim njezinim granama. Može se aplicirati u plinovitom stanju, kao ozonirana voda ili ulje (44).

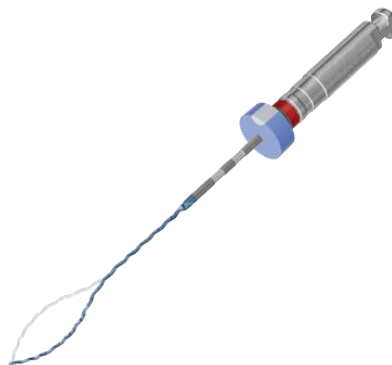
Za kliničku primjenu postoje otvoreni i zatvoreni sustav generatora ozona. Kod otvorenih sustava ozon na mjestu primjene dolazi u kontakt s okolinom, dok kod zatvorenih sustava kao što je HealOzone (KaVo, Biberach, Deutschland) (Slika 11.) ozon se vraća u sustav i ne dolazi u okolinu. Otvoreni sustavi mogu stvarati ozon metodom hladne plazme kojom se ozon stvara od molekula kisika iz zraka uz pomoć staklenih sondi ispunjenih plemenitim plinom spojenim na uređaj koji je izvor električnog napona. Drugi sustav otvorenog generatora stvoreni ozon ispuhuje na mjesto primjene (45).



Slika 11. HealOzone – sustav zatvorenog generatora ozona

3.6.6. Instrument za završnu obradu

XP-3D Finisher™ file (Brasseler USA®, Savannah, Georgia; FKG Dentaire, La Chaux de Fonds, Switzerland) (Slika 12.) je instrument dostupan na tržištu za završnu obradu korijenskog kanala sa svrhom razbijanja biofilma i povećanja učinka sredstva za ispiranje. Instrument je veličine ISO 25, ali bez koniciteta. Specifičnost instrumenta je transformacija iz martenzitne strukture u kojoj ima ravni oblik u austenitnu strukturu u kojoj se apikalnih 10 mm instrumenta savija i pri tome dobiva radijus od 3 mm. Transformacija se događa na temperaturi iznad 35 °C (46).



Slika 12. XP-3D Finisher™ FKG Dentaire, La Chaux de Fonds, Switzerland. Preuzeto s dopuštenjem: Bisernica dental.

3.6.7. Laseri

Pojačanje svjetlosti s pomoću stimulirane emisije zračenja (engl. Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (LASER)) je izvor svjetlosti koja nastaje stimuliranom emisijom. Lasersko zračenje je monokromatsko, koherentno i usmjereno. Monokromatsko zračenje je zračenje uskog spektra, koherentno znači da svi svjetlosni valovi titraju u istoj fazi, a usmjerenost podrazumijeva da se zraka rasprostire u uskom prostornom kutu. Laserski medij može biti plin, kristal ili poluvodič. Lasersko zračenje može biti pulsno ili kontinuirano (47).

Za dezinfekciju korijenskog kanala laser se može koristiti za direktnu iradijaciju, aktivaciju sredstva za ispiranje i u sklopu fotodinamske terapije.

Direktna iradijacija laserom može se provesti: erbij, kromij: itrij-skandij-galij-garnet (Er,Cr:YSGG), erbij: itrij-aluminij-garnet (Er:YAG), neodimij:itrij-aluminij-garnet (Nd:YAG), argon, diodnim i CO₂ laserima. Prilikom aplikacije laserskog zračenja u korijenski kanal nastaje problem dosezanja svih dijelova korijenskog kanala, kao i mogućnost pregrijavanja periapikalnih tkiva. Za bolji učinak razvijen je nastavak za postraničnu emisiju zraka tzv. 'side firing' nastavak (48).

Laserski aktivirano ispiranje (LAI) se provodi erbij laserima (Er,Cr:YSGG i Er:YAG). Mehanizam aktivacije temelji se na stvaranju kavitacija i na zvučnom strujanju tekućine. Fototermički učinak lasera ostvaruje se apsorpcijom energije pri čemu dolazi do isparavanja vode i stvaranja mjehurića koji implodiraju što dovodi do sekundarnog kavitacijskog učinka.

Er:YAG se može koristiti pri manjim energijama i u pulsnom načinu što se naziva fotonima inducirano fotoakustično strujanje (engl. photon induced photoacoustic streaming- PIPS). Razlika LAI i PIPS-a prilikom primjene je i u poziciji nastavka koji se kod LAI-a postavlja 5 mm od apikalnog otvora, dok se kod PIPS-a postavlja na ulaz u korijenski kanal (49).

3.6.8. Fotodinamska terapija

Fotodinamska terapija (engl. Photodynamic therapy, PDT), fotoaktivirana dezinfekcija (engl. Photoactivated Disinfection, PAD) ili svijetlom aktivirana terapija (engl. light-activated

therapy, LAT) (3) su sinonimi za dezinfekciju korijenskih kanala koja se provodi uvođenjem fotosenzitivnog sredstva u korijenski kanal i njegovim osvjetljenjem izvorom svjetlosti.

Mehanizam djelovanja se temelji na aktivaciji fotosenzitivnog sredstva apsorpcijom fotona iz izvora svjetlosti, pri čemu elektroni u sredstvu prelaze u pobuđeno stanje. Fotosenzitivno sredstvo se nakon toga vraća u normalno stanje, a energija se prenosi na kisik u okolini od kojeg nastaju slobodni radikali koji oštećuju biološki važne molekule mikroorganizama.

Kao fotosenzitivno sredstvo najčešće se koriste spojevi iz skupine fenotiazina: metilensko i toluidinsko modrilo. Izvori svjetla mogu biti niskoenergetski laseri (helij-neon (He-Ne) i diodni) i LED (engl. light-emitting diode) lampe (50).

4. RASPRAVA

Dezinfekcija korijenskih kanala glavni je zadatak kemomehaničke obrade korijenskog kanala i predstavlja uzročno-specifičnu terapiju bolesti pulpe i periapikalnih tkiva. Klasično ispiranje korijenskih kanala je neučinkovito u apikalnim dijelovima korijenskog kanala, kao i u svim nepravilnostima endodontskog prostora zbog ograničenja prodora igle (2).

U endodontsku upotrebu uvedena su nova sredstva za ispiranje koja pokazuju dobra svojstva, ali natrijev hipoklorit ostaje glavno sredstvo bez kojeg bi uspješno ispiranje korijenskog kanala i dalje bilo nezamislivo (16). U RH se još uvijek koriste sredstva temeljena na fenolu čija štetnost nadilazi korisnost njihove primjene (32).

Poboljšanje učinka ispiranja može se postići jednom od tehnika aktivacije. Ručne tehnike aktivacije su prilično jednostavne i sigurne za primjenu, ne iziskuju skupu opremu i dodatnu edukaciju stomatologa. Ručno aktivirano ispiranje pokazuje učinkovitost koja je usporediva s drugim tehnikama i svakako veću od klasičnog ispiranja (51).

Na tržištu je prisutno mnogo uređaja za aktivaciju ispiranja korijenskog kanala koji se temelje na različitim tehnologijama što predstavlja problem za stomatologe praktičare. Studije koje ispituju učinkovitost pojedinih tehnika i uređaja za aktivaciju uglavnom su provedene *in vitro* i ne govore o definitivnom utjecaju pojedine tehnike ispiranja na ishod endodontskog postupka.

U svakom slučaju studije dokazuju njihovu učinkovitost i nedvojbeno im daju prednost pred konvencionalnom tehnikom ispiranja korijenskog kanala (51, 52).

U studiji koju su proveli Bago i sur. (53), LAI, PUI i RinsEndo su bili učinkovitiji u odnosu na klasično ispiranje. Pri tome nije bilo značajne razlike između tri sustava.

Halbauer i sur.(54), u svojoj studiji dokazuju učinkovitost ozona u redukciji broja mikroorganizama u korijenskom kanalu.

Prema zaključcima navedenih studija ne može se izdvojiti ni jedan uređaj koji ima apsolutnu prednost pred drugima. Osim učinkovitosti kao najvažnijeg kriterija, cijena, potrebna razina edukacije, jednostavnost i sigurnost primjene, mogućnost primjene uređaja za više indikacija kao što je slučaj s ozonom i laserima, faktori su koji utječu na ukupnu ocjenu nekog uređaja za aktivirano ispiranje korijenskih kanala.

U ovom radu prikazane su metode dezinfekcije korijenskog kanala. Shvaćanje bolesti pulpe i periapiksa kao bakterijama uvjetovanih bolesti dovelo je do razvoja različitih sredstava i tehnika dezinfekcije korijenskog kanala. Iako studije ne pokazuju definitivnu prednost jedne metode naspram neke druge, svakako je bitno u svakodnevnu praksu uvesti neku od metoda aktivnog ispiranja korijenskog kanala s obzirom da su sve tehnike definitivno učinkovitije od konvencionalnog ispiranja špricom i iglom.

6. LITERATURA

1. Peters OA, Schonenberger K, Laib A. Effects of four Ni-Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro CT. *Int Endod J.* 2001;34:221–30.
2. Boutsoukias C, Lambrianidis T, Kastrinakis E. Irrigant flow within a prepared root canal using various flow rates: a Computational Fluid Dynamics study. *Int Endod J.* 2009;42(2):144-55.
3. Peters OA, Peters CI, Basrani B. Cleaning and Shaping the Root Canal System. In: Hargreaves KM, Berman LH, editors. *Cohen's Pathways of the Pulp.* 11th ed. St. Louis: Elsevier; 2016. p. 209-70.
4. Miller WD. An introduction to the study of the bacterio-pathology of the dental pulp. *Dent Cosmos.* 1894;36:505-28.
5. Kakehashi S, Stanley HR, Fitzgerald RJ. The effects of surgical exposures of dental pulps in germ free and conventional laboratory rats. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1965;20(3):340-49.
6. Möller, AJR, Fabricius, L, Dahlé, G, Ohman, AE, Heyden, G. Influence on periapical tissues of indigenous oral bacteria and necrotic pulp tissue in monkeys. *Scand J Dent Res.* 1981;89:475–84.
7. Siqueira JF Jr, Rocas IN. Endodontic Microbiology. In: Torabinejad M, Walton RE. *Endodontics: Principles and Practice.* 4th ed. St. Louis: Saunders-Elsevier; 2008. p. 38-48.
8. Nóbrega LM, Montagner F, Ribeiro AC, Mayer MA, Gomes BP. Bacterial diversity of symptomatic primary endodontic infections by clonal analysis. *Braz Oral Res [Internet].* 2016 Oct [cited 2017 Jun 24];30(1):e103: [about 9 p.]. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-83242016000100293&lng=en&nrm=iso
9. Siqueira JF Jr, Rocas IN. Microbiology of Endodontic Infections. In: Hargreaves KM, Berman LH, editors. *Cohen's Pathways of the Pulp.* 11th ed. St. Louis: Elsevier; 2016. p. 599-625.
10. Siqueira JF Jr, Sen BH. Fungi in endodontic infections. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2004;97(5):632-41.
11. Ricucci D, Siqueira JF Jr. Biofilms and apical periodontitis: study of prevalence and association with clinical and histopathologic findings. *J Endod.* 2010;36(8):1277-88.
12. Opačak I, Medvedec I, Prpić Mehičić G. Sredstva za ispiranje korijenskih kanala. Sonda: list studenata Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. 2009;19; 58-62.
13. Mohammadi Z. Sodium hypochlorite in endodontics: An update review. *Int Dent J.* 2008;58(6):329-41.

14. Estrela C, Estrela CR, Barbin EL, Spanó JC, Marchesan MA, Pécora JD. Mechanism of action of sodium hypochlorite. *Braz Dent J.* 2002;13(2):113-7.
15. Kishor N. Oral tissue complications during endodontic irrigation: literature review. *N Y State Dent J.* 2013;79(3):37-42.
16. Haapasalo M, Shen Y, Qian W, Gao Y. Irrigation in Endodontics. *Dent Clin North Am.* 2010;54(2):291-312.
17. Zehnder M. Root canal irrigants. *J Endod.* 2006;32(5):389-98.
18. Basrani BR, Manek S, Sodhi RN, Fillery E, Manzur A. Interaction between sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate. *J Endod.* 2007;33(8):966-9.
19. Violich DR, Chandler NP. The smear layer in endodontics – a review. *Int Endod J.* 2010;43(1):2-12.
20. Zehnder M1, Schmidlin P, Sener B, Waltimo T. Chelation in root canal therapy reconsidered. *J Endod.* 2005;31(11):817-20.
21. Torabinejad M, Johnson WB, inventors; Dentsply International (York, PA), assignee. Irrigation solution and methods for use. United States patent 20030235804. 2003 December 25.
22. Dentsply. [Internet]. [cited 2017 July 4]. Available from: https://www.dentsply.com/en-ca/endodontics/irrigation-activation.html/Endodontics/Irrigation-&-Activation/Irrigants/BioPure-MTAD-Root-Canal-Cleanser/p/TUL-BP156SYS.html#.WT_sxMbL2T8&tabs=Features%20and%20Benefits
23. Gründling GL, de Melo TAF, Montagner F, Scarparo RK, Vier-Pelisser FV. QMix® irrigant reduces lipopolysaccharide (LPS) levels in an in vitro model. *J Appl Oral Sci.* 2015;23(4):431-5.
24. Dentsply. [Internet]. [cited 2017 July 4]. Available from: <https://www.dentsply.com/en-ca/endodontics/irrigation-activation.html/Endodontics/Irrigation-%26-Activation/Irrigants/QMix-2in1/p/TUL-QMIX60ML/c/1000241.html>
25. Wong, S, Mundy L, Chandler N, Upritchard J, Purton D, Tompkins G. Antibacterial properties of root canal lubricants: A comparison with commonly used irrigants. *Aust Endod J.* 2014; 40: 111–5.
26. Girard S, Paqué F, Badertscher M, Sener B, Zehnder M. Assessment of a gel-type chelating preparation containing 1-hydroxyethylidene-1, 1-bisphosphonate. *Int Endod J.* 2005;38:810–6.

27. Popović N, Petričić G, Janković, B. Prednosti mane jednoposjetne i višeposjetne endodoncije. Sonda: list studenata Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. 2009;18; 52-7.
28. Fava LRG, Saunders WP. Calcium hydroxide pastes: classification and clinical indications (Review). *Int Endod J.* 1999; 32;257-82.
29. Sathorn C, Parashos P, Messer H. Anti- bacterial efficacy of calcium hydrokside intracanal dressing: A systematic review and meta-analysis. *Int Endod J.* 2007;40(1):2-10.
30. Pavelić B, Jurić H. Liječenje bolesti pulpe mladih trajnih zubi. In: Jurić H, editor. Dječja dentalna medicina. Zagreb: Naklada Slap; 2015. p. 253-9.
31. Mohammadi Z, Abbott PV. The properties and applications of chlorhexidine in endodontics. *Int Endod J.* 2009;42:288–302.
32. Matijević J, Jukić Krmek S, Simeon P, Prpić Mehičić G, Medvedec I. Root canal treatment protocols, materials and attitudes employed in endodontic treatment by dentists in Croatia. In: Dummer PMH, editor. Abstracts of the 15th Biennial Congress of European Society of Endodontology “Research posters and Wladimir Adlivankine Prize”. London: European Society of Endodontology; 2011; p. 46-46.
33. Tay FR, Gu LS, Schoeffel GJ, Wimmer C, Susin L, Zhang K, Arun SN, et al. Effect of vapor lock on root canal debridement by using a side-vented needle for positive-pressure irrigant delivery. *J Endod.* 2010;36(4):745-50.
34. Gu LS, Kim JR, Ling J, Choi KK, Pashley DH, Tay FR. Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *J Endod.* 2009; 35(6):791-804.
35. Ultradent [Internet]. [cited 2017 July 2]. Available from: https://www.ultradent.com/SiteCollectionImages/Products/Tips-Syringes/Navitip-FX-Tip/1452_Navitip-FX-Tip-17mm-white-single_TIPS.jpg
36. Gorduysus M, Yilmaz Z, Gorduysus O, Atila B, Karapinar SO. Effectiveness of a new canal brushing technique in removing calcium hydroxide from the root canal system: A scanning electron microscope study. *J Conserv Dent.* 2012;15(4):367-71.
37. Wu TY, Guo N, Teh CY, Hay JXW. *Advances in Ultrasound Technology for Environmental Remediation.* Dordrecht (Netherlands): Springer; 2013. p. 5-12.
38. Dentsply. [Internet]. [cited 2017 July 4]. Available from: <https://dentsplysirona.com/en-us/products/endodontics/irrigation-activation.html/Endodontics/Irrigation-%26-Activation/Ultrasonics/Satelec-Sonofile-K-File-Ultrasonic-Tips/p/TUL-SATF43710/c/1000346.html>

39. Plotino G, Cortese T, Grande NM, Leonardi DP, Di Giorgio G, Testarelli L, Gambarini G. New Technologies to Improve Root Canal Disinfection. *Braz Dent J.* 2016; 27(1): 3-8.
40. Ruddle CJ. Endodontic disinfection: tsunami irrigation. *Endod Topics.* 2008;11;7–15.
41. Dentsply Sirona [Internet]. [cited 2017 July 4]. Available from: <https://www.dentsplysirona.com/en-us/products/endodontics/irrigation-activation.html/Endodontics/Irrigation-&-Activation/Irrigants/EndoActivator/p/TUL-EAS100/c/1000241.html#.WUKTjsZ7GT8>
42. Pinturić V, Karlović Z. Noviteti u strojnoj instrumentaciji korijenskih kanala. Sonda: list studenata Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. 2012;13(23):74-8.
43. Nogales CG, Ferrari PH, Kantorovich EO, Lage-Marques JL. Ozone therapy in medicine and dentistry. *J Contemp Dent Pract.* 2008;9:75–84.
44. Saini R. Ozone therapy in dentistry: A strategic review. *J Nat Sci Biol Med.* 2011;2(2): 151–3.
45. Jurmanović D, Prebeg D, Pavelić B. Primjena-ozona-u-stomatologiji – II. dio. Sonda: list studenata Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. 2010;11:87-90.
46. Trope M, Debelian G. XP-3D Finisher™ file-the next step in restorative endodontics. *Endod Prac US.* 2015;8(5), p14-6.
47. Ban T. Laseri u znanosti i tehnologiji. Državni seminar za učitelje i nastavnike fizike u osnovnim i srednjim školama, Zadar 25.-28. ožujka 2008.
48. Stabholz A, Sahar-Helft S, Moshonov J. Lasers in endodontics. *Dent Clin North Am.* 2004 Oct;48(4):809-32.
49. Bago Jurič I, Anić I. Primjena lasera u dezinfekciji i čišćenju korijenskih kanala zuba: pregledni rad. *Acta Stomatol Croat.* 2014;48(1):6-15.
50. De Oliveira BP, Aguiar CM, Câmara AC. Photodynamic therapy in combating the causative microorganisms from endodontic infections. *Eur J Dent.* 2014;8(3):424-30.
51. Saber Sel-D, Hashem AA. Efficacy of different final irrigation activation techniques on smear layer removal. *J Endod.* 2011 Sep;37(9):1272-5.
52. Castagnola R, Lajolo C, Minciocchi I, Cretella G, Foti R, Marigo L, et al. Efficacy of three different irrigation techniques in the removal of smear layer and organic debris from root canal wall: A scanning electron microscope study. *G Ital Endod.* 2014 Nov;28(2):79-86.
53. Bago Jurič I, Plečko V, Anić I. Antimicrobial Efficacy of Er,Cr:YSGG Laser-Activated Irrigation Compared with Passive Ultrasonic Irrigation and RinsEndo® Against Intracanal *Enterococcus faecalis*. *Photomed Laser Surg.* 2014;32(11): 600-5.

54. Halbauer, K, Prskalo K, Janković B, Tarle Z, Pandurić V, Kalenić S. Efficacy of Ozone on Microorganisms in the Tooth Root Canal. Coll antropol. 2013;37(1):101-7.

Krešimir Vukojević rođen je 21. srpnja 1992. godine u Splitu. Nakon osnovne škole završava Opću gimnaziju u Ljubuškom. Usporedno pohađa i Srednju glazbenu školu Ivana pl. Zajca u Mostaru gdje 2011. godine maturira na odsjeku za glasovir. Iste godine upisuje Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Dobitnik je dvije Dekanove nagrade za najbolji uspjeh u akademskoj godini 2011./2012. i 2015./2016.

Dobitnik je stipendije Sveučilišta u Zagrebu u kategoriji za izvrsnost za akademsku 2013./2014., 2014./2015., 2015./2016. i 2016./2017. godinu.

2015. godine postaje članom uredništva studentskog lista Sonda gdje objavljuje i stručne članke.