



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
STOMATOLOŠKI FAKULTET

Mia Radić

**SUVREMENI ASPEKTI DEZINFEKCIJE  
KORIJENSKOG KANALA**

Diplomski rad

Zagreb, 2018

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

Mentor: doc.dr.sc. Jurica Matijević, Zavod za endodonciju i restaurativnu stomatologiju,  
Stomatološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu

Lektor hrvatskog jezika: Matea Zlomislić, mag. edu. hrvatskog jezika i književnosti i  
mađarskog jezika

Lektor engleskog jezika: Neven Matas, mag. edu. engleskog jezika i informatike

Sastav Povjerenstva za obranu diplomskog rada:

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

Datum obrane rada: \_\_\_\_\_

Rad sadrži: 33 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, doc. dr. sc. Jurici Matijeviću na pomoći prilikom izrade rada i na znanju prenesenom tijekom studija.

Zahvaljujem se prijateljima i kolegama na međusobnoj potpori tijekom studija.

Veliko hvala mojoj obitelji na najvećoj podršci tijekom cijelog školovanja.

## **Suvremeni aspekti dezinfekcije korijenskog kanala**

### **Sažetak**

Endodontsko liječenje zuba podrazumijeva mehaničko proširivanje korijenskog kanala s instrumentima i korištenje dezinfekcijskih preparata kako bi očistili kanale od preostalog vitalnog i nekrotičnog tkiva, od zaostatnog sloja koji je nastao čišćenjem instrumentima i uklonili mikroorganizme koji su uzročnici infekcija. Svrha je samog zahvata spriječiti napredovanje periapikalnih upalnih procesa i onemogućiti ponovnu infekciju. Uz napredovanje različitih tehnologija, danas postoje mnogobrojne tehnike dezinfekcije korijenskog kanala kao što su npr. zvučna i ultrazvučna aktivacijska tehnika ili laserska aktivacija irigansa.

**Ključne riječi:** irigansi, dezinfekcija korijenskog kanala, endodontski zahvat

## **Modern aspects of root canal disinfection**

### **Summary**

An endodontic procedure entails a mechanical debridement of the root canal with instruments and using disinfectants to remove remaining healthy and necrotic tissue, the resulting smear layer, and microorganisms that cause infections. The purpose of the procedure is to prevent the progression of periapical disease and stop infections from reoccurring. As technology advanced, multiple modern root canal disinfection methods were found, including sonic and ultrasonic activation and laser-activated irrigation.

**Keywords:** irrigants, root canal disinfection, endodontic procedure

## SADRŽAJ

1. Uvod.....	1
2. Biofilm bakterija i zaostatni sloj.....	3
3. Endodontske infekcije.....	4
3.1. Primarne endodontske infekcije.....	4
3.2. Sekundarne endodontske infekcije.....	4
4. Podjela irigansa.....	5
4.1. Proteolitička sredstva.....	5
4.1.1. Natrijev hipoklorit.....	5
4.1.2. Fiziološka otopina.....	6
4.2. Antiseptička sredstva.....	7
4.3. Kelatori.....	9
4.4. Kombinirana sredstva.....	9
4.5. Intrakanalni ulošci.....	10
4.6. Dezinfekcija na osnovi nanočestica.....	10
4.7. Matriksne metaloproteinaze.....	10
4.8. Terapija hladnom plazmom.....	11
5. Tehnike dezinfekcije korijenskog kanala.....	11
5.1. Ručna tehnika ispiranja korijenskih kanala.....	11
5.2. Intrakanalne četkice.....	12
5.3. Mehanizmi za aktivaciju irigansa.....	13
5.3.1. Aktivacija irigansa s izmjeničnim i negativnim tlakom.....	13
5.3.2. Sustavi s kontinuiranim ispiranjem tijekom instrumentacije.....	15

5.3.3. Svjetlosna aktivacija.....	16
5.3.4. Fotodinamska terapija.....	17
5.3.5. Laserska aktivacijska metoda.....	17
5.3.6. Zvučno i ultrazvučno aktivirana irigacija.....	19
5.3.7. Terapija ozonom.....	21
6. Rasprava.....	22
7. Zaključak.....	24
8. Literatura.....	26
9. Životopis.....	32

## **Popis skraćenica**

ALX – aleksidin

Ca(OH)<sub>2</sub> – kalcijev hidroksid

CHX – klorheksidin

EDTA – etilendiamintetraoctena kiselina

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

Er:YAG - erbij: itrij-aluminij-garnet

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

LED - svijetleća dioda (engl. light emitting diode)

MDT – engl. master delivery tip

MMP – matriksne metaloproteinaze

NaCl – natrijev klorid

NaOCl – natrijev hipoklorit

NiTi – nikal titan

OCT - Octenisept

PIPS – fotonski izazvano fotoakustično strujanje (engl. photon induced photoacoustic streaming)

PUI - pasivna ultrazvučna irigacija (engl. passive ultrasonic irrigation)

QS – quorum sensing

SAF – engl. self-adjusting file

TIMP – tkivni inhibitori metaloproteinaza

UAI – ultrazvučno aktivirana irigacija (engl. ultrasonically activated irrigation)

UI - ultrazvučna irigacija (engl. ultrasonic irrigation)





Endodontski prostor smatra se sterilnim dok je unutar njega funkcionalno vitalno tkivo i zub je netaknut u svakom pogledu. No ako dođe do infekcije pulpe različitim mikroorganizmima, nastaje upala u tom zatvorenom prostoru koja posljedično može stvoriti značajan problem pacijentu. Kako bismo mu pomogli provodi se endodontsko liječenje. Danas se teži tome da se čišćenje i punjenje kanala završi u jednoj posjeti, ako je ikako moguće. Kod endodontskog liječenja potrebno je uz mehaničku obradu kanala instrumentima odabrati najbolji protokol ispiranja korijenskog kanala, koji će omogućiti učinkovitu dezinfekciju kanala i spriječiti reinfekciju nakon završenog liječenja. Ne postoji sredstvo za ispiranje koje uklanja i organsko i anorgansko tkivo iz kanala, podmazuje kanal tijekom instrumentacije, nije toksično i ima visoku antimikrobnu aktivnost i zato se u većini slučajeva kombiniraju natrijev hipoklorit i etilendiamintetraoctena kiselina. Osim vrste sredstva za ispiranja, važno je odabrati i prikladnu metodu ispiranja kanala. Najčešće se koristi konvencionalna tehnika ispiranja iglom i štrcaljkom, no ona ima par nedostataka kao npr. da apikalni dio u većini slučajeva ostane nedovoljno dobro dezinficiran, što je i bila motivacija za istraživanje novih tehnologija i metoda. Danas postoji dovoljno različitih tehnika dezinfekcije korijenskih kanala i kako bismo bili u korak s njihovim prednostima, potrebno je poznavati njihove principe rada, njihovu efikasnost i nedostatke koje mogu imati. Svrha rada je prikazati najnovije tehnike i sredstva za ispiranje korijenskog kanala i prikazati napredak u postizanju dezinfekcije unutar kanala u odnosu na konvencionalnu tehniku ispiranja špricom i iglom.

## 2. BIOFILM BAKTERIJA I ZAOSTATNI SLOJ

Uspješnost endodontskog zahvata zuba ovisi o uništavanju biofilma mikroorganizama unutar korijenskog kanala. Biofilm pruža mikroorganizmima zaštitu od obrambenih mehanizama domaćina, ali ih čini i otpornijima na razna dezinfekcijska sredstva korištena za liječenje infekcija. Kako bi proces dezinfekcije korijenskog kanala i eliminacije bakterija bio što uspješniji potrebno je razumjeti mehanizam nastanka biofilma.

Biofilm je visoko organizirana struktura koja se sastoji od bakterijskih stanica unutar ekstracelularnog polimernog matriksa vezanog na površinu. Formirani biofilm sastoji se u najvećem dijelu od tri osnovne komponente: bakterijskih stanica, čvrste površine i tekućeg medija (1).

U bakterijskoj mikroflori korijenskog kanala dominiraju aerobi i fakultativni anaerobi. Kako infekcija napreduje, tako nastaju uvjeti koji nisu povoljni za preživljavanje aerobnih mikroorganizama.

Formiranje biofilma odvija se u više faza:

1) Prva faza je stvaranje kondicioniranog sloja (što podrazumijeva adsorpciju anorganskih i organskih molekula na čvrstu površinu). Organske komponente većinom su ugljikohidrati, proteini i lipidi, dok anorgansku komponentu sačinjavaju kalcij, fosfor, magnezij i fluor.

2) Druga faza označava naseljavanje bakterijskih organizama unutar kondicioniranog sloja (1).

Bakterije su u biofilmu zaštićene od vanjskih faktora poput promjene pH okoliša u kojem se nalaze, osmotskih promjena, UV zračenja i sušenja. Naime, sve promjene koje bi potencijalno mogle štetiti bakterijama, moraju prvo proći kroz ekstracelularni matriks koji ublažava te utjecaje.

Ekstracelularni matriks zaštita je i od antimikrobnih lijekova i omogućava im veću otpornost na njih, a obzirom da bakterije imaju sposobnost međusobnog dijeljenja informacija dodatno se povećava rezistencija na antibiotike. Mehanizam međusobnog komuniciranja mikroba u biofilmu naziva se quorum sensing (QS) (2).

Biofilm se obično stvara na zidovima korijenskog kanala zuba, no bakterije su sposobne ući u dentinske tubule i to do 2/3 debljine dentina. Dentinskih tubula ima više u koronarnoj i

srednjoj trećini kanala, no apikalno se nalazi više akcesornih kanala u koje se bakterije naseljavaju.

Zaostatni sloj nastaje nakon mehaničkog dijela instrumentacije u endodontskom zahvatu, a građen je od organskih i anorganskih ostataka koji zaostaju na zidovima korijenskih kanala i debljine je 1 do 2  $\mu\text{m}$  (3). Predstavlja još jednu zapreku u učinkovitoj dezinfekciji kanala jer sprječava prodiranje irigansa i intrakanalnih lijekova te može smanjiti uspješnost brtvljenja punila nakon završenog endodontskog liječenja. Ukoliko mehanizam irigacije ne odstrani uspješno zaostatni sloj nastao u kanalu, on postaje plodno tlo za bakterije i potpomaže im razmnožavanje i kolonizaciju dentinskih tubula.

### **3. ENDODONTSKE INFEKCIJE**

Razlikujemo primarne i sekundarne endodontske infekcije. Obzirom na različite tipove infekcije postoji i različita mikroflora unutar korijenskog kanala ovisno o kojem tipu se radi.

#### **3.1. Primarne endodontske infekcije**

Kod primarne infekcije radi se o naseljavanju mikroba i njihovih produkata gdje zatim posljedično dolazi do upale pulpe i infekcije korijenskog kanala. S vremenom može doći i do upale potpornog tkiva. Specifični mikroorganizmi koji dominiraju u ovom tipu infekcije su roda *Bacteroides*, *Prophyromonas*, *Prevotella*, *Fusobacterium*, *Treponema*, *Peptostreptococcus*, *Eubacterium* i *Campylobacter* (4).

#### **3.2. Sekundarne endodontske infekcije**

Sekundarnom infekcijom smatra se ona kod koje se dogodi infekcija nakon endodontskog liječenja kojim se nisu uspjele odstraniti rezistentnije bakterije. Za ovaj tip infekcije specifični su rodovi bakterija *Enterococcus*, *Streptococcus*, *Lactobacillus*, *Actinomyces* i gljivice (kao *Candida*). Konkretno, visok udio *Enterococcus faecalis* primijećen je kod slučajeva perzistentnog apikalnog periodontitisa (5).

## 4. PODJELA IRIGANSA

Irigansi su sredstva koje koristimo u endodontskom liječenju za ispiranje i dezinfekciju korijenskih kanala.

Zadaća idealnog irigansa je:

- uklanjanje nekrotičnog i vitalnog organskog tkiva
- uklanjanje anorganskih komponenti unutar kanala
- imati širok antimikrobni spektar i neutralizacija bakterijskih endotoksina
- netoksičnost
- podmazivanje kanala
- mala površinska napetost
- ne interferirati s punjenjem kanala
- ne oslabljivati dentin (6).

Idealan irigans također bi bio jeftin i jednostavan za rukovanje. Kako još nije izumljeno idealno sredstvo za ispiranje koje obuhvaća sve navedene stavke, može se koristiti kombinacija par irigansa koji zadovoljavajuće pokrivaju većinu.

### 4.1. Proteolitička sredstva

#### 4.1.1. Natrijev hipoklorit (NaOCl)

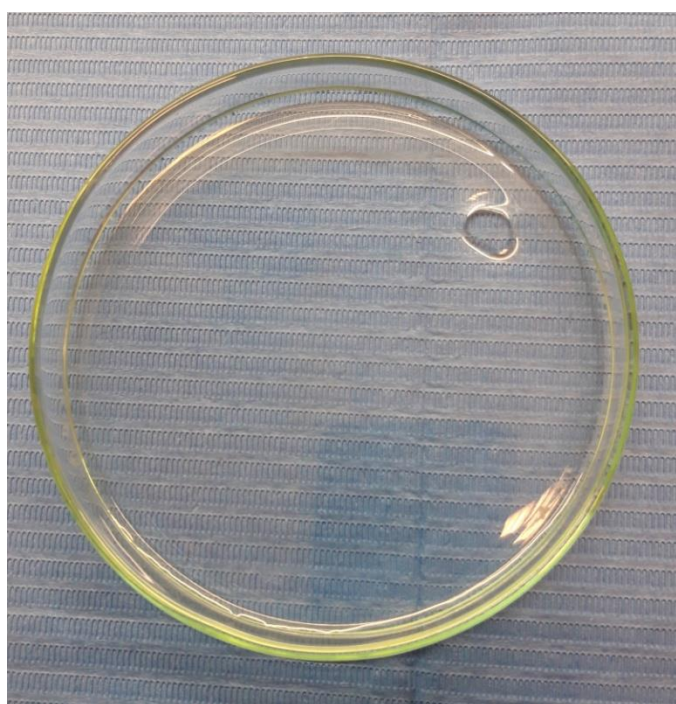
Natrijev hipoklorit najčešće se upotrebljava kao irigans za dezinfekciju zbog svog snažnog učinka na uklanjanje vitalnog i nekrotičnog tkiva iz korijenskog kanala uz jako antimikrobno djelovanje. Upotrebljava se u koncentraciji između 0,5% i 6%, no najčešće se koristi 2,5% koncentracija.

Reaktivnost NaOCl-a potječe od njegovog hidroksilnog iona koji napada lipidnu membranu i DNA bakterije, dok kloridni ioni rastavljaju proteine vezanjem na njihove peptidne veze, a kloramin i visoki pH koji nastaju u toj reakciji djeluju baktericidno.

Nedostaci natrijevog hipoklorita su toksičnost, kaustično djelovanje na tkiva, velika površinska napetost (slika 1.) koja mu onemogućava dublje prodiranje u nepravilne kanale i apikalne dijelove te neugodan okus (7). Zbog nedostatka uklanjanja anorganskog dijela iz kanala natrijev hipoklorit obično se naizmjenično kombinira sa 17% EDTA-om koja služi za

uklanjanje zaostatnog sloja nakon čišćenja kanala. Dodatni nedostatak natrijevog hipoklorita je njegovo izbjeljivanje odjeće što je neugodno iskustvo te pacijenta treba dobro zaštititi pri zahvatu i pripaziti kako baratamo otopinom za ispiranje. Preporuča se nositi zaštitne naočale pri radu s NaOCl i bilo bi dobro istima zaštititi pacijenta.

Natrijev hipoklorit treba se držati u tamnoj boci koja je nepropusna za zrak na hladnijem mjestu. Zagrijavanjem hipoklorita mogu se poboljšati njegova svojstva. 2,6% otopina NaOCl na 37 °C je pokazala djelotvornost u ubijanju bakterija i micanju organskog tkiva kao 5,2% otopina na 22 °C (8).



Slika 1. Površinska napetost natrijevog hipoklorita

#### **4.1.2. Fiziološka otopina**

Fiziološka otopina je otopina natrij klorida u vodi, točnije 0,90% otopina NaCl (308 mOsm/L) što znači da je izotonična i fiziološkog pH pa prema tome kada bi se koristila kao irigans u endodontskom zahvatu ima veliku prednost naspram natrijevog hipoklorita koji je toksičan i ima kaustično djelovanje na tkiva.

Postoje istraživanja u kojima se elektrolizirana fiziološka otopina, napravljena uz pomoć anoda/katoda uređaja, koristi kao irigans. Uređaj je građen od katode, anode i permeabilne

membrane za protone koja se nalazi između dviju komora s elektrodama i slobodno dopušta izmjenu iona. Posljedično se od fiziološke otopine elektrolizom stvara otopina koja može poslužiti za ispiranje korijenskih kanala.

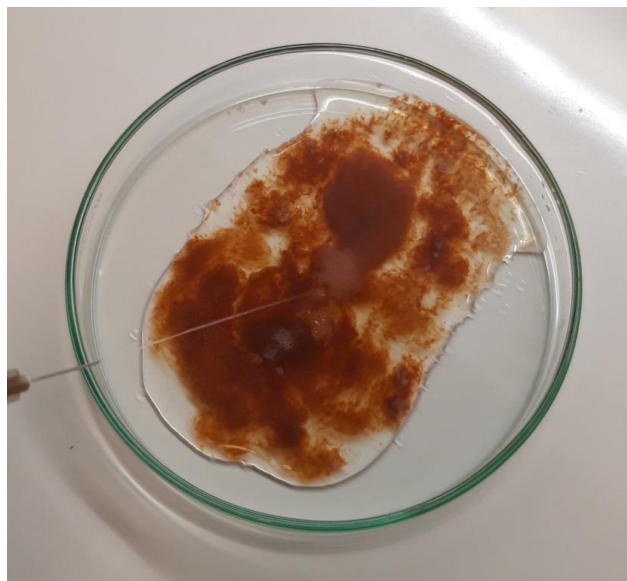
Dokazano je da elektrolizirana fiziološka otopina značajno čisti površine korijenskih kanala, otvara dentinske tubule i uklanja zaostatni sloj, a natrijev hipoklorit ne utječe nimalo na zaostatni sloj u kanalima (9).

#### **4.2. Antiseptička sredstva**

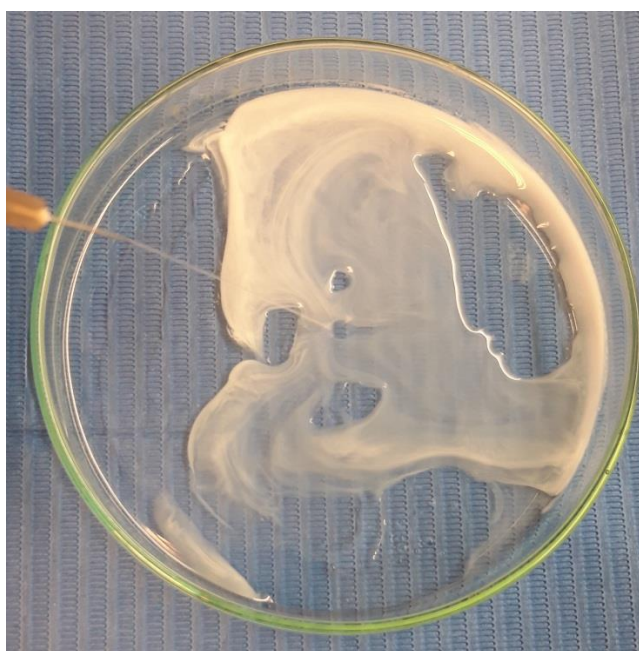
Klorheksidin (CHX) više se koristi u obliku vodica za ispiranje usta zbog uklanjanja infekata u usnoj šupljini, no može se koristiti i kao irigans u kanalu zuba. Za dezinfekciju korijenskog kanala koristi se koncentracija 2%. Njegove karakteristike širok su antimikrobni spektar i manje je toksičan u usporedbi s natrijevim hipokloritom.

Klorheksidin ne otapa nekrotična tkiva u kanalu niti uklanja zaostatni sloj zbog čega se uglavnom koristi naizmjenično s NaOCl-om, no mora se pripaziti da se između ispere s fiziološkom otopinom zbog njihovog međusobnog kemijskog reagiranja (slika 2.). U reakciji sa EDTA stvara se bijeli talog koji upućuje na reakciju stvaranje soli (slika 3.).

Aleksidin (ALX) također spada u skupinu bisbigvanida kao i klorheksidin i relativno je nedavno uveden u sredstva za dezinfekciju u endodonciji. Razlikuje se od CHX zbog prisutnosti 2 hidrofobne etilheksilne skupine, što omogućuje brzo antibakterijsko djelovanje i pokazalo se da u koncentraciji 1% ima istu učinkovitost kao i 2% klorheksidin (4).



Slika 2. Reakcija između klorheksidina i natrijevog hipoklorita



Slika 3. Reakcija između klorheksidina i EDTA-e

Octenisept (Schülke & Mayr GmbH, Norderstedt, Germany) (OCT) je antiseptičko sredstvo koje se koristi za zbrinjavanje traumatskih, kirurških rana ili opeklina te za dezinfekciju sluznica i kao vodica za ispiranje usta. Spada u novije iriganse za ispiranje korijenskih kanala koji bi se mogli upotrebljavati. Sastoji se od 0.1% oktenidin dihidroklorida i 2% fenoksietanola. Koristi se zbog svog širokog antimikrobnog spektra jer sprječava adheziju



bakterija i nemjerljive citotoksičnosti (10). Osim protiv bakterija dobar je i protiv gljiva, plijesni i nekih virusa (11). Ne mijenjaju mu se karakteristike u prisustvu krvi, mucina i albumina (12). Smatra se i da zadržava efikasnost u kontaktu s organskim materijalom u kanalu. U usporedbi s CHX po svojim karakteristikama je bolji (13). Nedostatak mu je što ne razgrađuje tkivo pulpe.

### 4.3. Kelatori

Etilendiaminotetraoctena kiselina (EDTA) služi kao demineralizacijsko sredstvo koje uklanja zaostatni sloj unutar korijenskog kanala. Koristi se u 15% - 17% koncentraciji. Kako EDTA ima približno nikakav antimikrobni učinak, smatra se da je najbolja kombinacija u uspješnoj dezinfekciji korijenskog kanala naizmjenična upotreba natrijevog hipoklorita i EDTA-e.

Limunska kiselina služi kao kelatorsko sredstvo u korijenskim kanalima i rabi se u koncentraciji 5 - 50% iako je najčešće upotrebljavana 10% otopina. U koncentraciji od 10% dokazano je bolja efektivnost od 17% EDTA-e (14). Uz to što je kelator, limunska kiselina pokazuje i antibakterijski učinak.

Maleična kiselina koja se pokazala učinkovitom u eliminaciji *E. faecalis* u koncentraciji 0.88%, no nije dokazano djelovanje u intraoralnim uvjetima (15).

Peroctena kiselina demineralizacijsko je sredstvo sa snažnim antimikrobnim učinkom i uspješnija je protiv biofilma *E. faecalis* unutar korijenskog kanala od klorheksidina (16).

### 4.4. Kombinirana sredstva

MTAD (BioPure MTAD) sredstvo je napravljeno kombinacijom 3% doksiciklina, 4,25% limunske kiseline i 0,5% Tween 80 (deterdžent polysorbate 80). Neka istraživanja navode kompletnu inhibiciju rasta bakterija uz korištenje MTAD-a na biofilmu starom 3 tjedna (17), dok druga istraživanja pokazuju minimalnu efektivnost MTAD-a na *E. faecalis* (18).

QmiX je smjesa deterdženta, klorheksidina i EDTA-e (19). Može se koristiti kao zadnji irigans u endodontskom zahvatu prije punjenja kanala jer uklanja zaostatni sloj i dodatno dezinficira kanal. Učinkovitost mu je ista kao i kod CHX u razgrađivanju organskog tkiva u kanalu, ali u usporedbi s NaOCl su lošiji (20).

#### **4.5. Intrakanalni ulošci**

Intrakanalni ulošci koriste se ponajviše u višeposjetnoj endodonciji kada se između posjeta stavljaju u korijenski kanal u svrhu sprječavanja razmnožavanja bakterija. Iako današnji principi moderne stomatologije teže jednoposjetnoj endodonciji, nekada to nije moguće. Najviše primjenjivan je kalcijev hidroksid ( $\text{Ca(OH)}_2$ ), no postoje i drugi preparati.

Kalcijev hidroksid, osim što se koristi kao uložak između posjeta u endodonciji, koristimo ga u prekrivanju pulpe (indirektnom i direktnom), ali i u postupku apeksifikacije kod nedovršenog rasta korijena. Posjeduje svojstvo uklanjanja nekrotičnog sadržaja čime onemogućava daljnji rast bakterija. pH mu je 12.5 - 12.8 (21) i to ga čini bazom koja neutralizira kiselu reakciju upalnog tkiva, što potpomaže njegovu zadaću unutar kanala.

Triantibiotska pasta sastoji se od minociklina, metronidazola i ciprofloksacina. Učinkovitija je na biofilm *E. faecalis* u usporedbi sa klorheksidinom i kalcijevim hidroksidom (22). No zabrinjavajući efekti triantibiotske paste su mogućnost razvoja alergijske reakcije na neki sastojak te bojanje zubi uzrokovano minociklinom. Također, upotreba antibiotika može dovesti do povećanja rezistencije bakterija što se smatra nepovoljnim čimbenikom upotrebe ove paste.

#### **4.6. Dezinfekcija na osnovi nanočestica**

U novije tehnike dezinfekcije korijenskih kanala zuba ubraja se dezinfekcija nanočesticama zbog svojeg izvanrednog spektra antimikrobne aktivnosti. Čestice koje se koriste u ovu svrhu su kitozan (Cs-np), cink oksidove (ZnO-np) i srebrne nanočestice (Ag-np). Njihove karakteristike osnovane su na mijenjanju propusnosti stanične membrane što posljedično dovodi do smrti stanica (23).

Svrha korištenja nanočestica bila bi da se mogu napraviti materijali koji bi djelovali na nivou molekula unutar ljudskog organizma i tako imali veliku učinkovitost s minimalnom razinom štetnosti.

#### **4.7. Matriksne metaloproteinaze (MMP)**

To su bjelančevine koje su sastavni dio ekstracelularnog matriksa. Postoji 25 tipova MMP, koji su cink - ovisni i njihovu aktivnost kontroliraju tkivni inhibitori metaloproteinaza (TIMP) (24). Odgovorni su za razgradnju staničnih supstrata što uključuje među ostalim faktore

zgrušavanja, proteinaze, kemotaktičnih molekula i faktore rasta, što bi značilo da su prisutni kod izgradnje normalnog tkiva, diferencijacije i kontrola ponašanja stanica. Bitan su element i u patološkim stanjima, npr. upali i razgradnji kostiju, autoimunim bolestima, napredovanju karcinoma (metastaze) (25). Zbog svoje prisutnosti u velikom broju reakcija organizma, potrebno je dodatno istražiti koja bi im mogla sve uloga biti u stomatologiji i endodontskim zahvatima.

#### **4.8. Terapija hladnom plazmom**

U novije vrijeme pojavljuje se dezinfekcija korijenskog kanala hladnom plazmom koja se dobiva atmosferskim tlakom u mlaznom uređaju (Plasma Pen™, PVA Tepla America, Corona, CA, USA). Uređaj se sastoji od teflon ili kvarcove cijevi, otpornika jačine 1-mΩ te brončane folije oko spomenute cijevi (26). Brončana folija služi kao elektroda spojena na izvor visokog napona jačine 10 kHz. Upotrebljava se smjesa plinova ili argona i kisika ili helija i kisika (u omjeru 98% / 2%) koji prolaze kroz cijev 5 L / min, temperatura mu se kreće oko sobne temperature i unutar cijevi se stvara kontinuirani mlaz plazme. Velika prednost ove metode dezinfekcije je što prodire u inače nedostupna mjesta u kanalu i pokazala se veoma efikasnom u inaktivaciji *E. faecalis* kada je izloženost plazmi u trajanju od 10 minuta (26).

### **5. TEHNIKE DEZINFEKCIJE KORIJENSKOG KANALA**

#### **5.1. Ručna tehnika ispiranja korijenskih kanala**

Još uvijek najčešće korištena metoda za dezinfekciju u endodonciji je ručna tehnika ispiranja špricom i iglom. Koristimo se špricama veličine od jednog do pet mililitara i iglama/kanulama 27 – 31 G (27). U špricu navučemo dezinfekcijsko sredstvo koje injiciramo kroz iglu, ali moramo izbjeći da nam ona ne ostane zaglavljena u kanalu pa ju vertikalnim pokretima pomičemo dok irigans isteče. Također je opasnost ako ostavimo zrak unutar šprice da ga protisnemo kroz apeks i tako uzrokuje emfizem (slike 4. i 5.).

Igle koje postoje za korištenje za ispiranje u endodonciji mogu biti s otvorom na vrhu igle, s otvorom na stranu ili s dvostrukim otvorom na stranu. Smatra se da igle otvorene na stranu bolje uklanjaju nečistoće nastale nakon mehaničke obrade kanala zbog stvaranja većeg pritiska na zidove i posljedično izbacivanja debrisa koronarno i manje su šanse za protiskivanje irigansa kroz apeks (27).

Nedostatak ove tehnike je velika mogućnost da irigans ne doprije do apikalnog dijela zbog nastanka tzv. „vapor lock“ učinka, odnosno zarobljavanje mjehurića zraka u apikalnom dijelu korijenskog kanala (28). Također, irigans doseže jedan do dva milimetra od završetka igle što je kod zavijenih kanala problem jer velik dio kanala ostane nedovoljno dezinficiran.



Slika 4. Zrak unutar šprice



Slika 5. Istisnuti zrak iz šprice

## 5.2. Intrakanalne četkice

Noviteti u ovoj metodi su intrakanalne četkice koje nisu namijenjene prvotno za irigaciju kanala već za čišćenje zidova kanala od zaostatnog sloja čime dolazi do boljeg prodiranja samog irigansa. Popularni su NaviTip FX (Ultradent Products Inc, USA) koji pokazuje bolju čistoću koronarnog dijela kanala, ali moguće je da zbog velikog trenja između četkice i nepravilnih kanala zaostanu dlačice četkice unutar samog kanala (27).

Endobrush (C&S Microinstruments Ltd, Markham, Ontario, Canada) također je poznat mehanizam za intrakanalno ispiranje kod kojeg je nedostatak taj što je četkica prevelika za upotrebu cijelom dužinom kanala i to dovodi do nakupljanja nečistoća u apikalnom dijelu.

Postoje četkice koje se mogu koristiti strojnom tehnikom i tu ubrajamo Canal Brush (Roeko Canal Brush™, Coltène/Whaledent, Langenau, Germany) koja se koristi ili ručno pokretima okretanja ili strojno na kolječniku.

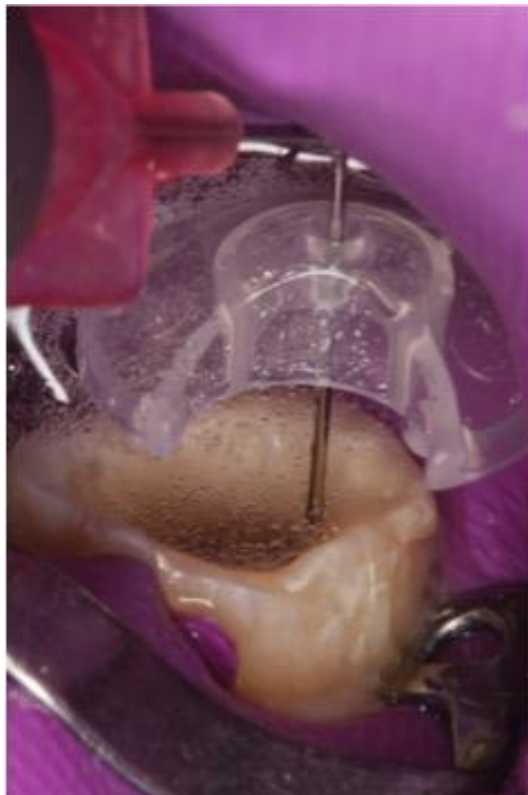
### **5.3. Mehanizmi za aktivaciju irigansa**

#### **5.3.1. Aktivacija irigansa s izmjeničnim i negativnim tlakom**

Suvremene tehnike aktivacije irigansa pridonijele su poboljšanju samog procesa dezinfekcije jer se pokazalo da rješavaju nedostatke poput istiskivanja tekućine preko apeksa zuba, „vapor lock“ učinka i reguliraju volumen istisnutog irigansa uz bolje čišćenje samog kanala.

Različiti tlakovi korišteni u ovim sustavima za irigaciju proizvode različite dinamike fluida unutar korijenskih kanala, što će utjecati na rezultat uklanjanja debrisa (29). Kod aktivacije s izmjeničnim i negativnim tlakom razlikujemo dva sustava: RinsEndo i EndoVac irigacijski sustav.

RinsEndo irigacijski sustav (RinsEndo, Co. Duerr- Dental, Bittigheim - Bissingen, Germany) sustav je koji se sastoji od drške, kanila s promjerom otvora od 7 milimetara te šprice sa irigansom (slika 6.). Princip rada temelji mu se na tehnologiji pritiska i povlačenja dok aktivira sredstvo za ispiranje u korijenskom kanalu (1,5 Hz) (30). Pokazao je bolje prodiranje irigansa u dubinu što nedostaje najčešćoj metodi šprice i igle. No pokazalo se da postoji kod ovog sustava velika šansa za protiskivanje tekućine za ispiranje kroz apeks zuba.



Slika 6. RinsEndo sustav. Preuzeto s dopuštenjem autora: doc.dr.sc. Ivona Bago

EndoVac irigacijski sustav (Discus Dental, Culver City, CA) sustav je napravljen od tri dijela, master vrška za isporuku irigansa (engl. MDT – master delivery tip), mikrokanile i makrokanile. Makro i mikrokanila spojene su s cijevi na špricu s irigansom i također na sustav sisaljke velikih brzina usisavanja. MTD dostavlja irigans u pulpnu komoru, dok ga kanila u kanalu negativnim tlakom vuče prema apeksu i preko sisaljke izlazi (27). Tako je uvijek nova količina irigansa prisutna, a negativan tlak sustava ne dopušta istiskivanje tekućine preko apeksa (31).

EndoIrrigator Plus (Innovations Endo, Nasik, India) novitet je predstavljen nedavno, a radi se o sistemu za irigaciju koji spaja ispiranje negativnim tlakom i zagrijani natrijev hipoklorit kao irigans. Ovaj uređaj primjenjuje princip intrakanalnog usisavanja pomoću jednokratne 30 G igle i toplim sredstvom za pranje temperature 50 °C (32). Sustav ima opciju i isključivanja grijanja tekućine za ispiranje kanala. Studije pokazuju da je EndoIrrigator Plus bolji u čišćenju i dezinfekciji istmusa trajnih molara od konvencionalne metode s iglom i špricom i također od pasivno ultrazvučne aktivacijske metode (33).

### 5.3.2. Sustavi sa kontinuiranim ispiranjem tijekom instrumentacije

SAF (engl. self-adjusting file) metoda irigacije tehnologija je koja spaja mehanizam čišćenja korijenskih kanala strojnim rotirajućim instrumentom i usporedno ispiranje dezinfekcijskim sredstvom. To je mehanizam koji je nastao kako bi se izbjegli nedostaci ostalih strojnih tehnika čišćenja kanala, kao npr. pretjerano uklanjanje zdravog dentina i nemogućnost kvalitetnog čišćenja ovalnih korijenskih kanala.

SAF tehnika (SAF; ReDent-Nova, Ra'anana, Israel) koristi strojnu endodonciju s NiTi (nikal-titan) instrumentima koji za razliku od ostalih nemaju metalnu osovinu, već su u sredini šuplji kako bi kroz njih mogao proći irigans (34) (Slika 7. i 8.). Instrumenti su jako fleksibilni pa se prilagođavaju obliku kanala čime se dobiva efektivno čišćenje i umanjuje bespotrebno skidanje dentina sa zidova kanala. Stroj umjesto rotirajućih radi vibrirajuće „unutra-van“ poteze s 3000 do 5000 vibracija u minuti uz kontinuirano ispiranje irigansom (35) (slika 9.).



Slika 7. SAF instrument



Slika 8. Kolječnik sa SAF instrumentom



Slika 9. EndoSTATION - stroj za SAF metodu dezinfekcije uz podržane reciproirajuće i rotirajuće tehnike instrumentacije

Quantec-E (SybronEndo, Orange, CA) sustav je koji također kombinira instrumentaciju rotirajućim instrumentom s kontinuiranim ispiranjem irigansom. Čine ga konzola pumpe, dva rezervoara za irigans te cjevčice za osiguravanje kontinuiranog ispiranja. Pokazalo se kako nema bolju učinkovitost u srednjoj i apikalnoj trećini kanala u usporedbi s konvencionalnom tehnikom ispiranja iglom i špricom (36).

Kako bi se izbjegao spomenuti „vapor lock“ učinak ručnih tehnika ispiranja kanala, u endodonciju uvedene su tehnike poput aktivacija s izmjeničnim i apikalnim negativnim tlakom (EndoVac, Kerr Endodontics, Orange, CA) (37). Uz to, postoje također zvučna i ultrazvučna aktivacija dezinfekcijskog sredstva te aktivacija koherentnim i nekoherentnim svjetlom (38).

### 5.3.3. Svjetlosna aktivacija

Svjetlosno aktivacijske metode dijelimo u nekoherentne gdje pripada fotodinamska terapija i u koherentne gdje ubrajamo lasersku aktivaciju (4).



#### **5.3.4. Fotodinamska terapija**

Fotodinamska terapija (svjetlom aktivirana/fotoaktivirana dezinfekcija) dezinfekcijski je postupak koji se sastoji od dva koraka. Prvi korak je uvođenje fotosenzitivnog sredstva u korijenski kanal nakon čega slijedi osvjetljenje izvorom svjetlosti, što je drugi korak samog procesa. Apsorpcija svjetlosti aktivira fotosenzitivno sredstvo koje zatim postaje toksično za mikroorganizme.

Postoje dva tipa reakcije fotosenzitivnog sredstva. To može biti reakcija koja se javlja elektronskim prijenosom na vodik pa nastaju slobodni radikali (tip I reakcija) ili reakcija prijenosa energije na kisik (reakcija tipa II), što rezultira proizvodnjom singlet kisika (39).

Izvori svjetlosti koji se mogu koristiti u ovu svrhu različiti su, npr. argon laseri, Nd: Yag, zlato ili bakreni vapor laseri, ali većina su skupi i složeni za korištenje. Danas se ponajprije koriste diodni laseri zbog svoje manje cijene, ali dobre učinkovitosti, a uz njih su se još pokazali dobrima LED (engl. light-emitting diode) i halogene lampe.

Poželjne karakteristike fotosenzitivnog sredstva su: mala citotoksičnost, kratko vrijeme fotosenzitivnosti, velika stabilnost i veliki afinitet prema bakterijskim stanicama (40). Najčešće su korišteni za dezinfekciju korijenskog kanala metilensko i toluidinsko modriilo, iako se navode i neke druge opcije kao fotosenzitivna sredstva, npr. indocijanin zelena boja i tolonijev klorid (39).

#### **5.3.5. Laserska aktivacijska metoda**

Laserski aktivirana irigacija (eng. LAI – laser activated irrigation) temelji se na apsorpciji laserske energije u vodi. Većina instrumenata korištena u ovom postupku radi u srednjem infracrvenom području gdje je apsorpcija vode najveća, kao npr. Er:YAG laser (2940 nm valna duljina) i Er,Cr:YSGG laser (2780 nm valna duljina) (41).

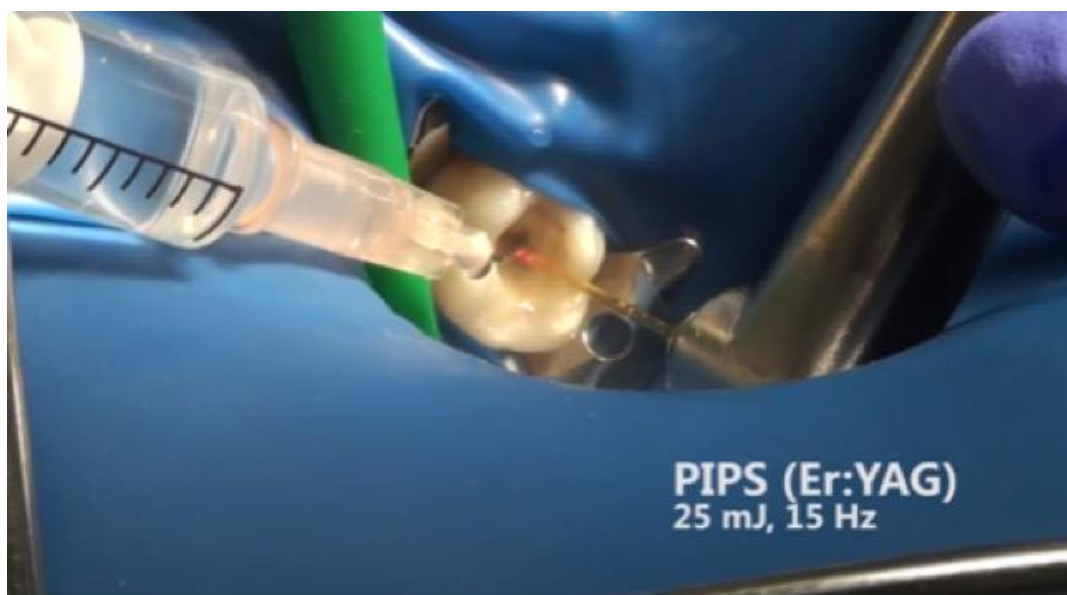
Smatra se kako su sposobni značajno smanjiti broj bakterija u samom kanalu i apikalno propuštanje nakon završenog endodontskog zahvata.

Tijekom aktivacije irigansa apsorpcija energije dovodi do fotoakustičkog i fotomehaničkog efekta sa stvaranjem mjehurića u irigansu koji implodiraju isto kao i kod ultrazvučnih instrumenata, samo što je razlika u položaju vrha koji je nepomičan (42). Raspadanjem mjehurića nastaju udarni valovi koji omogućuju sredstvu za dezinfekciju brzo pomicanje, a

kombinacija ovih efekata stvara veliko pomično naprezanje na zidove korijenskog kanala. Posljedično se učinkovitije uklanja zaostatni sloj i omogućava bolja učinkovitost irigansa.

Posebna vrsta laserski aktivacijskog postupka je PIPS metoda (engl. photon-induced photoacoustic streaming) u kojoj se koriste Er:YAG laseri s koničnim vrhom za aktivaciju sredstva za dezinfekciju (najčešće NaOCl) (slika 10.). Laser šalje impulse energije od 20 mJ na 15 Hz za prosječnu snagu od 0,3 W na 50  $\mu$ s impulsa. Ovi impulsi potiču interakciju između molekule vode s vršnom snagom do 400 W (43).

Posebnost PIPS tehnike je da vrh lasera ne mora nužno ući u sam korijenski kanal nego ga je dovoljno postaviti u pulpnu komoricu što smanjuje potrebu za prekomjernom instrumentacijom kako bi se dobio širi kanal kroz koji se može laserom zahvatiti apikalno područje.



Slika 10. PIPS metoda dezinfekcije. Preuzeto s dopuštenjem autora: doc.dr.sc. Ivona Bago

Osim infracrvenih lasera u srednjem području valne duljine mogu se koristiti i diodni laseri valne duljine između 940 i 980 nm. Kod njih se javlja i fototermička dezinfekcija kanala, budući da dolazi do zagrijavanja i samog irigansa za 30 °C bez opasnosti za tkivo oko samog zuba jer se na vanjskoj površini korijena temperatura poveća za maksimalno 4 °C (44).

### 5.3.6. Zvučno i ultrazvučno aktivirana irigacija

Kod zvučno aktivirane irigacije koriste se instrumenti koji osciliraju u rasponu do 6 kHz. Najpoznatiji je EndoActivator (Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK, USA) koji radi na 167 Hz (42) (slika 11.). Princip rada mu je takav da glatkim polimernim nastavkom zvučno aktivira dezinfekcijsko sredstvo u kanalu koje sudaranjem s dentinskim zidovima stvara mjehuriće koji osciliraju i naposljetku implodiraju. Implodije mjehurića stvaraju udarne valove koji hidrodinamskim učinkom omogućuju irigaciju bolje i dublje prodiranje u nepravilnosti samog kanala.

Vibringe (Vibringe BV, Amsterdam, The Netherlands) isto je poznati zvučno aktivacijski mehanizam dezinfekcije korijenskog kanala koji spaja tehniku ispiranja špricom i iglom sa zvučnim vibracijama (27).



Slika 11. EndoActivator. Preuzeto s dopuštenjem autora: doc.dr.sc. Ivona Bago

Ultrazvučna tehnika ispiranja korijenskog kanala (engl. UAI - ultrasonically activated irrigation) metoda je koja koristi upotrebu ultrazvučnih valova. Ova se tehnika razvila u potražnji za rješenjem nedostataka uobičajenih tehnika dezinfekcije kanala te pokazuje bolju

sposobnost čišćenja apikalnog dijela kanala koji u određenom postotku ostane netaknut s najčešćom ručnom tehnikom ispiranja s natrijevim hipokloritom.

Ultrazvučna aktivacija može se izvesti s ili bez istovremenog ultrazvučnog instrumentiranja i ispiranja. Kod tehnike pasivne ultrazvučne irigacije (engl. PUI - passive ultrasonic irrigation) ne koristi se ultrazvučna instrumentacija korijenskih kanala (27,38). Kada se ultrazvučna aktivirana instrumentacija koristi istovremeno s kontinuiranim ispiranjem irigansom tehniku zovemo ultrazvučna irigacija (engl. UI - ultrasonic irrigation) (45).

Većina dentalnih ultrazvučnih instrumenata oscilira između 25 i 30 kHz, kako bi omogućili miješanje s otopinama NaOCl, EDTA ili drugih sredstava za ispiranje kanala (slika 12.).

Kao i zvučno strujanje, ultrazvučna energija također stvara mjehuriće na vrhu instrumenta (46). Kontinuirane eksplozije i implozije proizvode posmično naprezanje koje fizički oštećuje biofilm i djeluje posredno antimikrobno (42).

Pokazalo se da aktivacija 1% NaOCl otopine zvučnim ili ultrazvučnim metodama aktivacije irigansa nije povećala antimikrobnu efikasnost protiv *E.faecalis* u usporedbi s konvencionalnom metodom ispiranja iglom i špricom u ravnim korijenskim kanalima (47). No pokazuju superiornost u uklanjanju zaostatnog sloja sa zidova u ravnim i zavijenim korijenskim kanalima (46).



Slika 12. Nastavak za ultrazvučno ispiranje. Preuzeto s dopuštenjem autora: doc.dr.sc. Ivona Bago

Gentlewave (GW) (Sonendo, Laguna Hills, CA, USA) sistem radi na principu dezinfekcije korijenskog kanala pomoću raznih fizičkokemijskih mehanizama uključujući i široki spektar zvučnih valova.

Vrh nastavka Gentlewave instrumenta stavlja se u pulpnu komoricu i osim što kroz njega idu multipli zvučni valovi, u komoricu dostavlja i dezinfekcijsko sredstvo čiji višak sakuplja ugrađeni sukcijski ventil. Tok tekućine iz instrumenta u doticaju sa stacionarnom tekućinom u pulpnoj komorici stvara silu zbog koje dolazi do hidrodinamičke kavitacije. Kontinuirano stvaranje mikromjehurića unutar kavitacije generira akustičko polje sa širokim frekvencijskim spektrom koji putuje kroz tekućinu u cijeli kanal (43).

GW sistem je pokazao osam do deset puta izraženiju aktivnost u otapanju tkiva u usporedbi s ultrazvučnim tehnikama i konvencionalom ručnom tehnikom ispiranja natrijevim hipokloritom (48).

### **5.3.7. Terapija ozonom (O<sub>3</sub>)**

Ozon je plin čija je molekula građena od tri atoma kisika i jako je nestabilan. Prirodno se stvara u zraku izloženom ultraljubičastom svjetlu gdje se molekula kisika razdvaja na aktivirane atome koji zatim reagiraju s drugim molekulama kisika (49). Učinkovitost mu se temelji na raspadanju i posljedičnom nastajanju kisikovih radikala koji su izrazito aktivni.

Ozon ima veliki oksidacijski potencijal i koristi se kao antimikrobno sredstvo protiv bakterija, gljiva, virusa i protozoa. Također, pokazuje svojstvo poticanja imunosnog odgovora i povećanja cirkulacije krvi (50). Za dezinfekciju korijenskih kanala koristi se sustav vakuumskeg ozona Kavo HealOzone (Biberach, Germany).

Pokazao se toksičan za respiratorni sustav i druge organe te mu je to nedostatak. U usporedbi sa fotodinamskom terapijom uspješnost redukcije mikroorganizama mu je podjednaka, no NaOCl ipak prednjači pred obje spomenute metode (51).



Samo mehaničko čišćenje korijenskih kanala ručnim ili strojnim instrumentima ne može riješiti problem mikroorganizma unutar njih i to iz više razloga. Prvo, postoji puno nepravilnosti i dijelova kanala koje instrumenti ne mogu dohvatiti. Samom mehaničkom instrumentacijom nastaje zaostatni sloj unutar kanala koji je zapreka dobroj dezinfekciji kanala, a i sam biofilm koje bakterije stvaraju štiti ih od vanjskih utjecaja. Zbog svega navedenog potrebno je uz mehaničku instrumentaciju provesti i kemijsku dezinfekciju ispiranjem kanala što nazivamo kemomehaničkom obradom korijenskog kanala. Zahvaljujući suvremenim tehnikama i otopinama moguće je dobiti visoki stupanj mikrobiološke čistoće korijenskog kanala.

Konvencionalna tehnika irigacije špricom i iglom s upotrebom irigansa natrijevog hipoklorita još je uvijek najčešće u upotrebi jer, iako je dokazano da tekućina za ispiranje ne dopire u potpunosti do apeksa kanala, relativno je jeftina metoda rada, laka za rukovanje i ima u većini slučajeva zadovoljavajuće rezultate.

Novi uređaji s različitim sustavima irigacije pokazali su povećanu učinkovitost uklanjanja zaostatnog sloja nakon uporabe (zvučni, laserski i negativni tlačni sustavi za irigaciju, s tim da posljednji spomenuti pokazuje najbolje rezultate) (52). Pojedine studije pokazuju najbolju učinkovitost uklanjanja zaostatnog sloja kod zvučne tehnike aktivacije irigansa (53).

Međutim, većina istraživanja pokazuje da su razlike u kojima se suvremene aktivacijske tehnike irigacije pokazuju boljima od ručne tehnike ispiranja minimalne pa bi trebalo odmjeriti kolika je njihova korist uz troškove tih uređaja i ostale troškove koji dođu uz rad s njima.





Uz napredovanje tehnologije u endodonciji se našlo mnoštvo noviteta koji svakom doktoru dentalne medicine stoje na raspolaganju. Uz pravilnu edukaciju i moguće je brzo implementirati nove tehnike i metode rada i na taj način ići u korak sa suvremenim biomedicinskim pristupom u endodontskom liječenju. Bez obzira na raširenost, male troškove i jednostavnost konvencionalne metode ispiranja korijenskih kanala u svakodnevnom radu, svaka suvremena tehnika aktivacije pokazala je bolju učinkovitost. Također, kombiniranim korištenjem različitih otopina za ispiranje korijenskog kanala postizemo njihov sinergistički učinak, što ponovo rezultira smanjenim mikrobnim opterećenjem endodonta. U svjetlu navedenog, nužno je prilagoditi se suvremenom načinu razmišljanja i nastojati poboljšati pristup endodontskom liječenju i svakom svom pacijentu pružiti najbolje za što smo osposobljeni.



1. Jhajharia K, Parolia A, Shetty KV, Mehta LK. Biofilm in endodontics: a review. *J Int Soc Prev Community Dent.* 2015;5(1):1–12.
2. Majumdar S, Pal S. Cross-species communication in bacterial world. *J Cell Commun. Signal.* 2017;11:187–90.
3. Saber SE, Rahman Hashem AA. Efficacy of different final irrigation activation techniques on smear layer removal. *JOE.* 2011;37(9):1272-5.
4. Neelakantan P, Romero M, Vera J, Daood U, Khan AU, Yan A et al. Biofilms in endodontics – current status and future directions. *Int J Mol Sci.* 2017;18(8):1748-69.
5. Wang J, Jiang Y, Chen W, Zhu C, Liang J. Bacterial flora and extraradicular biofilm associated with the apical segment of teeth with post-treatment apical periodontitis. *J Endod.* 2012;38:954–9.
6. Haapasalo M, Shen Y, Wang Z, Gao Y. Irrigation in endodontics. *Br Dent J.* 2014;216(6):299-303.
7. Miladinović M, Radić T, Bago Jurič I. Suvremene tehnike ispiranja korijenskih kanala u endodonciji. Sonda: list studenata Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. 2013;14(26):12-4.
8. Darcey J, Jawad S, Taylor C, Roudsari RV, Hunter M. Modern endodontic principles part 4: irrigation. *Dent Update.* 2016;43:20–33.
9. Dube K, Jain P. Electrolyzed saline...an alternative to sodium hypochlorite for root canal irrigation. *Clujul Med.* 2018;91(3):322-7.
10. Arslan D, Guner MB, Kustarci A, Er K, Siso SH. Pulp tissue dissolution capacity of QMix 2in1 irrigation solution. *Eur J Dent.* 2015;9:423-7.
11. Guner MB, Akbulut MB, Eldeniz AU. Antibacterial effect of chlorhexidine-cetrimide combination, *Salvia officinalis* plant extract and octenidine in comparison with conventional endodontic irrigants. *Dent Mater J.* 2016;35(5):736–41.
12. Bukhary S, Balto H. Antibacterial efficacy of octenisept, alexidine, chlorhexidine and sodium hypochlorite against *Enterococcus faecalis* biofilms. *JOE.* 2017;43(4):643-7.

13. Tirali RE, Bodur H, Sipahi B, Sungurtekin E. Evaluation of the antimicrobial activities of chlorhexidine gluconate, sodium hypochlorite and octenidine hydrochloride in vitro. *Aust Endod J.* 2013;39:15-8.
14. Ye-Won I, Jung-Ji K, Hyun-Jung K, Se-Wook O. Antimicrobial activities of acetic acid, citric acid and lactic acid against *Shigella* species. *J Food Saf.* 2013;33:79-85.
15. Ferrer-Luque CM, Arias-Moliz MT, Gonzalez-Rodriguez MP, Baca P. Antimicrobial activity of maleic acid and combinations of cetrimide with chelating agents against *Enterococcus faecalis* biofilm. *J Endod.* 2010;36:1673-5.
16. Arias-Moliz MT, Ordinola-Zapata R, Baca P, Ruiz-Linares M, Garcia Garcia E, Hungaro Duarte MA et al. Antimicrobial activity of chlorhexidine, peracetic acid and sodium hypochlorite/etidronate irrigant solutions against *Enterococcus faecalis* biofilms. *Int Endod J.* 2015;48:1188-93.
17. Prabhakar J, SenthilkumarM, Priya MS, Mahalakshmi K, Sehgal PK, Sukumaran VG. Evaluation of antimicrobial efficacy of herbal alternatives (Triphala and green tea polyphenols), MTAD, and 5% sodiumhypochlorite against *Enterococcus faecalis* biofilm formed on tooth substrate: An in vitro study. *J Endod.* 2010;36:83-6.
18. Clegg MS, Vertucci FJ, Walker C, Belanger M, Britto LR. The effect of exposure to irrigant solutions on apical dentin biofilms in vitro. *J Endod.* 2006;32:434-7.
19. 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.
20. Dai L, Khechen K, Khan S, Gillen B, Loushine BA, Wimmer CE, et al. The effect of QMix, an experimental antibacterial root canal irrigant, on removal of canal wall smear layer and debris. *J Endod.* 2011;37:80-4.
21. 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.

22. Pankajakshan D, Albuquerque MT, Evans JD, Kamocka MM, Gregory RL, Bottino MC. Triple antibiotic polymer nanofibers for intracanal drug delivery: effects on dual species biofilm and cell function. *J Endod.* 2016;42:1490–5.
23. Shrestha A, Kishen A. Antibacterial nanoparticles in endodontics: a review. *J Endod.* 2016;42:1417–26.
24. Pereira Prado V, Asquino N, Apellaniz D, Bueno Rossy L, Tapia G, Bologna Molina R. Metalloproteinases (MMPs) of the extracellular matrix in dentistry. *Odontoestomatología.* 2016;Vol. XVIII, N° 28.
25. Jain A, Bahuguna R. Role of matrix metalloproteinases in dental caries, pulp and periapical inflammation: an overview. *J Oral Biol Craniofac Res.* 2015;5(3):212-8.
26. Pan J, Sun K, Liang Y, Sun P, Yang X, Wang J, et al. Cold plasma therapy of a tooth root canal infected with *Enterococcus faecalis* biofilms in vitro. *JOE.* 2013;39(1):105-10.
27. Pasricha SK, Makkar S, Gupta P. Pressure alteration techniques in endodontics – a review of literature. *J Clin Diagn Res.* 2015;9(3):ZE01-ZE06.
28. Tay FR, Gu LS, Schoeffel GJ, Wimmer C, Susin L, Zhang K, 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.
29. Moreno D, Conde AJ, Lorono G, Adorno CG, Estevez R, Cisneros R. Comparison of the volume of root canal irrigant collected by 2 negative pressure needles at different flow rates of delivery. *J Endod.* 2018;44(5):838-41.
30. Toljan I, Bago Jurič I, Anić I. Uklanjanje biofilma s bakterijom *Enterococcus faecalis* iz korijenskog kanala pomoću pasivnog ultrazvučnog ispiranja i sustava RinsEndo. *Acta Stomatol Croat.* 2016;50(1):14-22.
31. Alkahtani A, D Al Khudhairi T, Anil S. A comparative study of the debridement efficacy and apical extrusion of dynamic and passive root canal irrigation systems. *BMC Oral Health.* 2014;14:12-9.

32. Neelakantan P, Ounsi HF, Devaraj S, Cheung GSP, Grandini S. Effectiveness of irrigation strategies on the removal of the smear layer from root canal dentin. *Odontology* [Internet]. 2018 Jun [cited 2018 Aug 7]; Available from: <https://doi.org/10.1007/s10266-018-0373-2>
33. Neelakantan P, Devaraj S, Jagannathan N. Histologic assessment of debridement of the root canal isthmus of mandibular molars by irrigant activation techniques ex vivo. *J Endod.* 2016;42:1268–72.
34. Zvi Metzger. The self-adjusting file (SAF) system: an evidence-based update. *J Conserv Dent.* 2014;17(5):401–9.
35. Mortman RE. Technologic advances in endodontics. *Dent Clin N Am.* 2011;55:461–80.
36. Gurtu A, Singhal A, Bansal R, Mehrotra A. Machine assisted irrigation techniques - a review. *J Dent Sci Oral Rehab.* 2013;31:21-3.
37. Nielsen BA, Baumgartner CJ. Comparison of the EndoVac system to needle irrigation of root canals. *J Endod.* 2007;33(5):611–5.
38. Nagendrababu V, Jayaraman J, Suresh A, Kalyanasundaram S, Neelakantan P. Effectiveness of ultrasonically activated irrigation on root canal disinfection: a systematic review of in vitro studies. *Clin Oral Invest.* 2018;22(2):655-70.
39. Konopka KE, Goslinski T. Photodynamic therapy in dentistry. *J Dent Res.* 2007;86:694-707.
40. Trindade AC, De Figueiredo JAP, Steier L, Blessmann Weber JB. Photodynamic therapy in endodontics: a literature review. *Photomed Laser Surg.* 2015;33(3):175–82.
41. George R, Meyers IA, Walsh LJ. Laser activation of endodontic irrigants with improved conical laser fiber tips for removing smear layer in the apical third of the root canal. *J Endod.* 2008;34:1524–7.
42. Walsh LJ, George R. Activation of alkaline irrigation fluids in endodontics. *Materials.* 2017;10:1214-24.
43. Mohammadi Z, Jafarzadeh H, Shalavi S, Palazzi F. Recent advances in root canal disinfection: a review. *Iran Endod J.* 2017;12(4):402-6.

44. Hmud R, Kahler WA, Walsh LJ. Temperature changes accompanying near infrared diode laser endodontic treatment of wet canals. *J Endod.* 2010;36:908–11.
45. Curtis TO, Sedgley CM. Comparison of a continuous ultrasonic irrigation device and conventional needle irrigation in the removal of root canal debris. *J Endod.* 2012;38(9):1261-4.
46. Plotino G, Pameijer CH, Grande NM, Somma F. Ultrasonics in endodontics: a review of the literature. *J Endod.* 2007;33:81–95.
47. Rödiger T, Zimmermann F, Konietschke F, Sydow HG, Wiegand A. Comparison of the antibacterial efficacy of sonic- and two ultrasonic-activated irrigation techniques in reducing intracanal *Enterococcus faecalis* populations. *Quintessence Int.* 2018;49(9):689-97.
48. Haapasalo M, Shen Y, Wang Z, Park E, Curtis A, Patel P, et al. Apical pressure created during irrigation with the GentleWave system compared to conventional syringe irrigation. *Clin Oral Investig.* 2016;20(7):1525-34.
49. Mohammadi Z, Shalavi S, Soltani MK, Asgary S. Properties and applications of ozone in endodontics: an update. *Iran Endod J.* 2013;8(2):40-3.
50. Rahimi S, Janani M, Lotfi M, Shahi SH, Aghbali A, Vahid Pakdel M, et al. Review of antibacterial agents in endodontic treatment. *Iran Endod J.* 2014;9(3):161-8.
51. Tuncay Ö, Dinçer A, Kuştarıcı A, Er Ö, Dinç G, Demirbuga S. Effects of ozone and photo-activated disinfection against *Enterococcus faecalis* biofilms in vitro. *Niger J Clin Pract.* 2015;18:814-8.
52. Vemuri S, Kolanu SK, Varri S, Pabbati RK, Penumaka R, Bolla N. Effect of different final irrigating solutions on smear layer removal in apical third of root canal: A scanning electron microscope study. *J Conserv Dent.* 2016;19(1):87-90.
53. Virdee SS, Seymour DW, Farnell D, Bhamra G, Bhakta S. Efficacy of irrigant activation techniques in removing intracanal smear layer and debris from mature permanent teeth: a systematic review and meta-analysis. *Int Endod J.* 2018;51(6): 605-21.





Mia Radić rođena je 11.05.1992. godine u Zagrebu. Nakon osnovne škole završava Opću gimnaziju u Sesvetama. 2011. godine upisuje Stomatološki fakultet u Zagrebu. Trenutno asistira u jednoj privatnoj ordinaciji u Zagrebu.