

# Suvremeni pristup dezinfekciji korijenskih kanala

Krešimir Vukojević, dr. med. dent.<sup>1</sup>  
 izv. prof. dr. sc. Bernard Janković<sup>2</sup>

[1] Privatna ordinacija dentalne medicine, diplomirao u ak. godini 2016./2017.

[2] Zavod za endodonciju i restaurativnu stomatologiju, Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Osnovni principi endodontskog liječenja su oblikovanje, dezinfekcija i punjenje korijenskog kanala. 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 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 to dva međusobno neodvojiva postupka. Još uvijek nije razvijen idealni dezinficijens korijenskog kanala, ali je napredak struke doveo

do razvoja različitih sustava aktivacije sredstva za ispiranje kao i nove sustave dezinfekcije korijenskih kanala, što je riješilo neke od prethodnih problema prilikom ispiranja kanala. Klasično pasivno ispiranje kanala iglom i špricom ispunjenom natrijevim hipokloritom dugo je 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 i podmazivanja instrumenata prilikom instrumentacije, otapanja zaostatnog sloja i uklanjanje nakupljenog debrisa (3). Suvremeni pristup endodontskom tretmanu podrazumijeva upotrebu nekoliko irigansa pri čemu je izuzetno važ-

no poznavati njihovu pravilnu primjenu, moguće interakcije i nuspojave koje se mogu javiti prilikom njihove primjene. Također su važna i dodatna sredstva za dezinfekciju korijenskih kanala koja olakšavaju irigaciju i instrumentaciju te smanjuju mogućnost pogreške i komplikacija. Ovaj rad predstavlja nadogradnju na prethodno objavljeni rad u Sondi iz 2009 (4). godine i uključuje suvremene postupke dezinfekcije korijenskih kanala koji značajno poboljšavaju prognozu liječenja smanjujući broj kolonija bakterija na najmanju moguću mjeru. Suvremena sredstva za dezinfekciju korijenskih kanala možemo podijeliti na izravna sredstva koja djeluju izravno na bakterije u kanalu te pomoćna sredstva koja pojačavaju učinak klasične dezinfekcije.

## Izravna sredstva

### Intrakanalni ulošci

Logičan nastavak klasične kemomehaničke obrade kanala su 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. U tu svrhu su se kroz povijest koristili brojni preparati, dok je danas najčešće primjenjivani preparat kalcijev hidroksid ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) (5).

### 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  $\text{Ca}^{2+}$  i  $\text{OH}^-$  ione (6). Osim kao intrakanalni uložak, kalcijev hidroksid se



Slika 1. i 2. SiroLaser Blue, zahtijeva zaštitu očiju pacijenta i terapeuta posebnim naočalama. (Uz zahvalnost kompaniji DentsplySirona)



Slika 3. HealOzone – sustav zatvorenog generatora ozona.

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 obzirom da nalazi nekih studija pokazuju njegov ograničeni antibakterijski učinak (7).

#### 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 (8). Osim nave-

denih nuspojava, upotreba antibiotika može dovesti do bakterijske rezistencije. 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).

#### Direktna dezinfekcija pomoću lasera

Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (LASER) je izvor svjetlosti koja nastaje stimuliranim 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 (9).

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, diodni i  $\text{CO}_2$  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 (10).

#### Terapija ozonom

Ozon ( $\text{O}_3$ ) 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 (11). Može se aplicirati u plinovitom stanju, kao ozonirana voda ili ulje (12). 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 3.) ozon se vraća u sustav gdje se neutralizira, tako da ne dolazi u okolinu. Otvoreni sustavi mogu stvarati ozon metodom hladne plazme kojom se ozon stvara od molekula kisika iz zraka uz pomoć staklenih sonda ispunjenih plemenitim plinom spojenim na uređaj koji je izvor električnog napona. Drugi sustav otvorenog generatora stvoreni ozon ispuhuje na mjesto primjene (13). Halbauer i sur. (14) te Janković i sur. (15) u svojoj studiji dokazuju učinkovitost ozona u redukciji broja mikroorganizama u korijenskom kanalu.

#### Neizravna dezinfekcija

#### Neizravna dezinfekcija pomoću lasera

Laserski aktivirano ispiranje (LAI) se provodi erbijum 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



Slika 4, 5 i 6. Er:YAG laser (engl. photon induced photoacoustic streaming- PIPS). (Uz zahvalnost dr.sc.Damir Šnjarić).



Slika 7. HELBO diodni laser. (Uz zahvalnost doc.dr.sc. Domagoj Vražić)



Slika 8. EndoActivator



Slika 9. NaviTip FX. (Uz zahvalnost kompaniji Ultradent)

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) (Slike 4, 5 i 6). 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 (16).

Još jedan način je fotodinamska terapija (engl. Photodynamic therapy, PDT), fotoaktivirana dezinfekcija (engl. Photoactivated Disinfection, PAD) ili svijetlom aktivirana terapija (light-activated therapy, LAT) (3). To su sinonimi za dezinfekciju korijenskih kanala čiji se mehanizam djelovanja temelji na aktivaciji fotosenzitivnog sredstva apsorpcijom fotona iz izvora svijetlosti, 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 svijetla mogu biti niskoenergetski laseri (helij-neon (He-Ne) i diodni) (Slika 7) i LED (engl. light-emitting diode) lampe (17).

#### Ultrazvučno aktivirano ispiranje

Ultrazvučni valovi su zvučni valovi frekvencije iznad 20000 Hz. U tekućini ultrazvuk uzrokuje cikličke kompresije i ekspanzije. Prilikom kompresije usli-

jed 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 (18). 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 podrazumijeva kontinuirani dotok tečine 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 (19).

#### 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 (20). Jedan od sustava za zvučno aktivirano ispiranje je i EndoActivator (Dentsply Tulsa Dental Specialities,

Tulsa, OK) (Slika 8) 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 (21).

#### Pomoćna sredstva za dezinfekciju korijenskih kanala

Korijenski kanal se ponaša kao sustav zatvorenog kanala 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 (22).

Za poboljšanje učinka ispiranja razvijene su ručne tehnike i uređaji. 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 (35).

#### Intrakanalne četkice

Za poboljšanje učinka ispiranja koriste se četkice za intrakanalnu primjenu kao što su NaviTip FX (Ultradent Products Inc, South Jordan, UT) (Slika 9.) i Endobrush (C&S Microinstruments Ltd, Markham, Ontario, Canada)



Slika 9. Self-adjusting file. (Uz zahvalnost prof.dr.sc.Silvana Jukić Krmek)

za ručnu primjenu. 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 (35). Canal Brush (Roeko Canal Brush™, Coltène/Whaledent, Lange-nau, Germany) je četkica koja se može koristiti ručno i strojno na kolječniku. U studiji koja je ispitivala učinkovitost uklanjanja  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  pokazalo se da upotreba ove četkice dovodi do proguravanja ostataka  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  kroz apikalni otvor (23).

#### Kontinuirano ispiranje s instrumentacijom. Uz zahvalnost kompaniji Ultradent

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 (35).

Self-adjusting file (SAF; Re-Dent-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



Slika 10. Reakcija lubrikansa s NaOCl-om

vertikalne pokrete od 0,4 mm frekvencijom 3000-5000 u minuti uz kontinuirano ispiranje 5ml/min. Obzirom na elastičnost instrumenta, on se adaptira stjenkama korijenskog kanala i oštri bridovi pri tome režu dentin (24).

#### Uređaji za aktivaciju s izmjeničnim i apikalnim negativnim tlakom

RinsEndo sustav (Dürr Dental, Bit-tigheim-Bissingen, Germany) je uređaj koji se temelji na izmjeničnom tlaku. Uređaj izbacuje 65  $\mu\text{l}$  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 (35).

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).

#### Instrument za završnu obradu

XP-3D Finisher™ file (Brasseler USA®, Savannah, Georgia) 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. Speci-

fičnost instrumenta je transformacija iz martenzitne strukture u kojoj ima ravni oblik u austenitnu strukturu u kojoj se zadnjih 10 mm instrumenta savija i pri tome dobiva radijus od 3 mm. Transformacija se događa na temperaturi iznad 35°C (25).

#### 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 (26).

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

1-hydroxyethylidene-1, 1-bisphosphonate (HEPB) ili etidronična kiselina je bisfosfonatni lijek koji pokazuje kelatorsko djelovanje i pokazuje učinak u korijenskom kanalu (3).

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

Limunska kiselina i EDTA u reakciji s NaOCl-om dovode do smanjenja njegovog učinka zbog gubitka iona klora u otopini (27).

#### 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 olak-

šavanje prolaza endodontskih instrumenata u korijenskom kanalu i suspenzija debrisa nastalog prilikom instrumentacije (3). Osim navedenog učinka pokazuju i antimikrobna svojstva (28). Navedeni tipovi lubricirajućih otopina u reakciji s NaOCl-om smanjuju njegov učinak (29). Prilikom miješanja NaOCl-a i lubrikansa koji sadržavaju urea

peroksid u korijenskom kanalu dolazi do pjenušanja (Slika 11.).

### Zaključak

Endodontsko liječenje predstavlja jedan od najzahtjevnijih postupaka u dentalnoj medicini, zbog kompleksnosti endodontskog prostora, složenosti mikrobiološke flore u ustima i korijenskim

kanalima. Zbog toga je nužno poznavanje što više tehnika dezinfekcije korijenskih kanala, kako bi se korijenski kanali što bolje dezinficirali. Na taj način se osigurava optimalna priprema kanala za hermetičko brtvljenje, a sve skupa utječe na bolju prognozu endodontskog liječenja. 

## LITERATURA

- 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.
- Boutsoukis 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 Feb;42(2):144-55.
- 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.
- Opačak I, Medvedec I, Prpić Mehičić G. Sredstva za ispiranje korijenskih kanala. Sonda: list studenata Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. 2009;19:58-62.
- Popović N, Petričić G, Janković, B. Prednosti mane jednoposjetne i višeposjetne endodoncije. Sonda: list studenata Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. 2009;18:52-7.
- Fava LRG, Saunders WP. Calcium hydroxide pastes: classification and clinical indications (Review). *International Endodontic Journal*. 1999; 32:257-282.
- Sathorn C, Parashos P, Messer H. Antibacterial efficacy of calcium hydroxide intracanal dressing: A systematic review and meta-analysis. *International Endodontic Journal*. 2007 Jan;40(1):2-10.
- Pavelić B, Jurić H. Liječenje bolesti pulpe mladih trajnih zubi. In: Jurić, H, editor. *Dječja dentalna medicina*. Zagreb, Naklada Slap; 2015; p. 253-9.
- Ban T. Laseri u znanosti i tehnologiji. Državni seminar za učitelje i nastavnike fizike u osnovnim i srednjim školama, Zadar 25-28. ožujka 2008.
- Stabholz A, Sahar-Helft S, Moshonov J. Lasers in endodontics. *Dent Clin North Am*. 2004 Oct;48(4):809-32.
- Nogales CG, Ferrari PH, Kantorovich EO, Lage-Marques JL. Ozone therapy in medicine and dentistry. *J Contemp Dent Pract*. 2008;9:75-84.
- Saini R. Ozone therapy in dentistry: A strategic review. *J Nat Sci Biol Med*. 2011 Jul-Dec; 2(2): 151-3.
- Jurmanović D, Prebeg D, Pavelić B. Primjena ozona-u-stomatologiji – II. dio, Sonda: list studenata Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. 2010; 11: 87-90.
- Halbauer, K, Prskalo K, Janković B, Tarle Z, Pandurić V, Kalenić S. Efficacy of Ozone on Microorganisms in the Tooth Root Canal. *Collegium antropologicum (0350-6134)* 37 (2013), 1; 101-7.
- Janković, Bernard; Klarić, Eva; Prskalo, Katica; Marović, Danijela; Pandurić, Vlatko; Tarle, Zrinka. Antimikrobni učinak intrakanalne primjene ozona. *Acta stomatologica Croatica*, 47 (2013), 2; 127-136.
- Bago Jurić I, Anić I. Primjena lasera u dezinfekciji i čišćenju korijenskih kanala zuba: pregledni rad. *Acta stomatol Croat*. 2014;48(1):6-15.
- 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.
- T. Y. Wu et al, *Advances in Ultrasound Technology for Environmental Remediation*, SpringerBriefs in Green Chemistry for Sustainability. (2013), 5-12.
- Gu LS, Kim JR, Ling J, Choi KK, Pashley DH, Tay FR. Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *J Endod*. 2009 Jun; 35(6):791-804.
- 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.
- Ruddle CJ. Endodontic disinfection: tsunami irrigation. *Endod Topics*. 2008;11;7-15.
- Tay FR1, 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 Apr;36(4):745-50.
- Gorduysus M, Yilmaz Z, Gorduysus O, Atilla 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.
- Pinturić V, Karlović Z. Noviteti u strojnoj instrumentaciji korijenskih kanala. Sonda: list studenata Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. 2012;13(23):74-8.
- Trope M, Debelian G. XP-3D Finisher™ file-the next step in restorative endodontics. *Endodontic Practice US 2015; Volume 8, Issue 5*, p14-16.
- Violich DR, Chandler NP. The smear layer in endodontics – a review. *International Endodontic Journal*, 43, 2-15, 2010.
- Zehnder M1, Schmidlin P, Sener B, Waltimo T. Chelation in root canal therapy reconsidered. *J Endod*. 2005 Nov;31(11):817-20.
- Wong, S, Mundy L, Chandler N, Uprichard J, Purton D, Tompkins G. Antibacterial properties of root canal lubricants: A comparison with commonly used irrigants. *Aust Endod J*. 2014; 40: 111-5.
- 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.