

UPORABA ULTRAZVOKA ZA IRIGACIJO KORENINSKEGA KANALA

Root canal irrigation with ultrasound

T. Samec, J. Jan

Izvleček

Pri endodontskem zdravljenju z mehanskim širjenjem in čiščenjem koreninskega prostora ne uspemo popolnoma dezinficirati koreninskega prostora, zato uporabljamo irigante, s katerimi želimo dezinficirati koreninski prostor na predelih, kamor ne sežemo z mehanskimi instrumenti. Učinkovitost irigacije in dezinfekcije lahko povečamo na več načinov. Irigantom lahko povečamo koncentracijo, volumen, temperaturo ali jih ultrazvočno aktiviramo. Ultrazvok je longitudinalno valovanje s frekvenco nad zgornjo mejo človeškega slušnega območja in se danes uporablja v številnih fazah endodontskega zdravljenja. Kadar v razširjenem koreninskem kanalu irigant dodatno aktiviramo z ultrazvokom, pri tem pa se sten koreninskega kanala z ultrazvočno iglo ne dotikamo, govorimo o pasivni ultrazvočni irigaciji. S pasivno ultrazvočno irigacijo učinkoviteje odstranimo ostanke pulpinega tkiva in razmazovine, zmanjšamo število prosto plavajočih mikroorganizmov v koreninskem kanalu ter učinkoviteje očistimo ukrivljene kanale in ožine, kot če bi uporabili le irigacijo z brizgo. Ultrazvočne igle morajo biti manjše od zadnje apikalne igle razširjenega koreninskega kanala. Za učinkovito dezinfekcijo koreninskega kanala se priporoča od trideset sekund do dve minuti pasivne ultrazvočne irigacije na srednji moči.

Ključne besede:

ultrazvok,
irigacija,
endodontija,
pasivna,
koreninski kanal

Abstract

In endodontic treatment, the root space cannot be completely disinfected by mechanical instrumentation and cleaning of the root canal. Therefore, irrigant solutions are used to clean the root space at locations that are unreachable with mechanical instruments. The efficiency of irrigation and disinfection of the endodontic space can be improved in several ways: by increasing the concentration, volume or temperature of the irrigant solution, or by ultrasonic activation of the irrigant. Ultrasound is a longitudinal wave motion with a frequency above the upper limit of the human hearing range. At present, ultrasound is used in many phases of endodontic treatment. When in a prepared root canal, the irrigant solution is ultrasonically activated, and the walls of the root canal are not touched with the ultrasonic instrument, we talk about passive ultrasonic irrigation. Compared with syringe irrigation, passive ultrasonic irrigation is more efficient in removing residual pulp tissue and smear layer, reducing the number of free-floating microorganisms in the root canal, and cleaning curved canals and isthmuses. Ultrasonic needles must be smaller than the last apical needle of the prepared root canal. Thirty seconds to two minutes of passive ultrasonic irrigation at medium power is recommended to achieve adequate cleanliness of the root canal.

Key words:

ultrasound,
irrigation,
endodontics,
passive, root
canal

Uvod

Pri endodontskem zdravljenju z mehanskim širjenjem in čiščenjem koreninskega prostora ne uspemo popolnoma dezinficirati koreninskega prostora. Glavni razlog je zapletena morfologija koreninskega sistema, kot so ukrivljeni kanali, ovalni presek kanalov, ožine in apikalne razvejitve (Wu in Wesselink, 2001; Ricucci in Bergenholtz, 2003; Peters, 2004; Nair in sod., 2005). Med strojnim širjenjem z instrumentom pridemo v apikalnem delu ovalnih koreninskih kanalov v stik s steno kanala v le okoli 40 odstotkih primerov (Wu in sod., 2003). Irigacija je zato nujna, saj omogoča čiščenje koreninskega prostora na predelih, do katerih ne sežemo z mehanskimi instrumenti.

Irigacija

Namen irigacije koreninskega prostora je odstranitev ostankov pulpinega tkiva in mikroorganizmov, ki so prosto plavajoči ali v obliki biofilma (Haapasalo in sod., 2005), ter razmazovine, ki nastane med mehanskim instrumentiranjem koreninskega kanala (Baugh in Wallace, 2005). Učinkovitost irigacije je odvisna od mehansko-izplakovalnega učinka, kemične aktivnosti iriganta in sposobnosti iriganta, da pride v stik s sestavinami, ki jih je treba odstraniti. Mehansko-izplakovalni učinek je razmeroma šibek in je odvisen od anatomskih posebnosti koreninskega prostora, globine, do katere sežemo z iglo in premera igle (Chow, 1983). Omejen je le na prostor 1 mm apikalneje od konice igle (Ram, 1977). Povečanje volumna iriganta mehansko-izplakovalnega učinka in odstranitve razmazovine ne izboljša bistveno (Sluis in sod., 2006). V širših kanalih sta mehansko-izplakovalni učinek in dezinfekcija izboljšana, čeprav je temeljito čiščenje najbolj apikalnega dela navadno izredno težko (Abou-Rass in Piccinino, 1982). Uporaba tanjše igle seveda olajša doseg apikalnega dela koreninskega kanala.

Danes lahko izbiramo med različnimi iriganti, kot so fiziološka raztopina, natrijev hipoklorit, etilendiamintetraocetna kislina, citronska kislina, klorheksidin, vodikov peroksid in jodovi preparati (Haapasalo in sod., 2005; Zehnder, 2006). Pri irigantu je treba poznati njegove lastnosti, sposobnosti, namen uporabe in upoštevati moramo medsebojno združljivost irigantov. Tako

nikoli ne mešamo klorheksidina z natrijevim hipokloritom (Samec in Jan, 2007) ali citronske kisline z natrijevim hipokloritom, saj se pri tem sprošča klor v plinski obliki (Potočnik, 2008). Danes je natrijev hipoklorit irigant prvega izbora, saj odstrani organske snovi, ima visoko vrednost pH (9,5), kar poleg klora zagotavlja močno baktericidnost. V stiku z organsko snovjo se v približno dveh minutah inaktivira, zato ga moramo sproti zamenjevati s svežim (Klemenc, 2003).

Poznamo več načinov, s katerimi povečamo učinkovitost irigacije in dezinfekcije koreninskega prostora (Gu in sod., 2009). Povečamo lahko koncentracijo, volumen ali temperaturo iriganta. Povečanje koncentracije natrijevega hipoklorita povzroči večjo razgradnjo organskega tkiva, vendar smo omejeni s toksičnostjo do okolnih bioloških tkiv. Povečanje volumna iriganta ni preveč učinkovito, saj je treba irigantu predvsem omogočiti stik z elementi, na katere želimo delovati. Povečanje temperature natrijevemu hipokloritu poveča učinkovitost (Stojčič in sod., 2011). Na učinkovitost iriganta pa lahko vplivamo tudi zvočno in ultrazvočno.

Ultrazvok

Ultrazvok je longitudinalno valovanje s frekvenco nad zgornjo mejo človeškega slušnega območja, to je nad 20 kHz. Prvotne ultrazvočne naprave so imele frekvenčno območje med 25 in 40 kHz (Stock, 1991). Kasneje so bile razvite še nizkofrekvenčne zvočne naprave, ki delujejo v območju med 1 in 8 kHz, kar povzroča manj strižnih sil in manjše spremembe na zobni površini. Obstajata dve osnovni metodi tvorbe ultrazvoka. Prva je magnetostriksijska, ki elektromagnetno energijo pretvori v mehansko. Druga je piezoelektrična, ki izkorišča deformacijo kristala ob spremembi električnega naboja. Deformacije kristalne strukture se pretvorijo v mehanska nihanja.

Ultrazvok je bil prvič uporabljen v zobozdravstvu v petdesetih letih prejšnjega stoletja za izdelavo preparacij s pomočjo abrazivnih sredstev. Čeprav je bila tehnika obetajoča, ni nikoli postala priljubljena, saj je tekmovala z veliko učinkovitejšimi, uporabniku prijaznejšimi nasadnimi mikromotorji visoke hitrosti in turbinami. Že leta 1955 je Zinner poročal o uporabi ultrazvočnih instrumentov za odstranjevanje trdih in mehkih zobnih oblog s

površine zoba, kar sta kasneje izpopolnila Johnson in Wilson (1957), ultrazvočne konice pa so postale uveljavljeno orodje za odstranjevanje zobnih oblog. V endodontiji je uporabo ultrazvoka prvič predstavil Richman leta 1957.

Danes uporabljamo ultrazvok v zobozdravstvu tako pri zdravljenju in diagnosticiranju kot pri čiščenju instrumentov pred sterilizacijo ter pri izdelavi minimalno invazivnih preparacij. Nepogrešljiv je pri luščenju in glajenju zobnih korenin ter pri endodontskem zdravljenju zob.

Ultrazvok v endodontiji

V endodontiji se ultrazvok uporablja v številnih fazah zdravljenja: za pomoč pri izdelavi dostopne preparacije, za vzpostavitev prehodnosti kalcificiranih kanalov, za odstranitev pulpnih kamnov, za odstranitev ovir v koreninskem kanalu (zalomljenih instrumentov, zatičkov, srebrnih poenov), za kondenzacijo gutaperče, za boljšo namestitev mineralnega trioksidnega agregata pri zapiranju predrtij, za kirurško endodontijo (izdelava retrogradne preparacije, obdelava in namestitev obturacijskega materiala), za preparacijo koreninskega kanala in tudi za pasivno ultrazvočno irigacijo koreninskega prostora.

Pasivna ultrazvočna irigacija

V literaturi sta opisana dva načina irigacije s pomočjo ultrazvoka. Prvi način, pri katerem je irigacija kombinirana s sočasnim ultrazvočnim instrumentiranjem sten koreninskega kanala, imenujemo »ultrazvočna irigacija«. Drugi način, pri katerem irigacija ni kombinirana s sočasnim ultrazvočnim instrumentiranjem sten koreninskega kanala, pa imenujemo »pasivna ultrazvočna irigacija«. Med ultrazvočno irigacijo pride ultrazvočna igla v stik s steno koreninskega kanala in s tem širimo koreninski kanal. Pri pasivni ultrazvočni irigaciji pa ultrazvočna igla namenoma ni v stiku s steno koreninskega kanala, saj je glavni namen le očiščenje koreninskega prostora. Ultrazvočna irigacija je manj učinkovita pri odstranitvi pulpinega tkiva ali razmazovine iz koreninskega prostora kot pasivna ultrazvočna irigacija (Weller in sod., 1980; Ahmad in sod., 1987 a), kar je verjetno posledica zmanjšane učinka zvočnega toka (acoustic streaming) in kavitacije (Ahmad in sod., 1987 b).

Pri pasivni ultrazvočni irigaciji pride do prenosa zvočne energije z ultrazvočnega instrumenta na irigant v koreninskem kanalu. Energija se prenaša s sredstvi ultrazvočnih valov ter povzroča učinek zvočnega toka in kavitacije iriganta (Ahmad in sod., 1987 a; Ahmad in sod., 1987 b; Lumley in sod., 1991; Ahmad in sod., 1992; Roy in sod., 1994). Zvočni tok med pasivno ultrazvočno irigacijo je po definiciji hitro gibanje tekočine v krožnem ali črvičastem vzorcu okrog vibrirajoče igle (Ahmad in sod., 1987 a; Ahmad in sod., 1987 b; Walmsley, 1987; Lumley in sod., 1991; Roy in sod., 1994). Kavitacija je impulzivna tvorba kavitet v tekočini zaradi nateznih sil, ki so posledica hitrega toka ali gradientov tokov tekočine (Sluis in sod., 2007).

Učinki pasivne ultrazvočne irigacije

Menijo, da je pasivna ultrazvočna irigacija učinkovitejša od irigacije samo z brizgo, ker učinkoviteje odstrani ostanke pulpinega tkiva, razmazovine (Goodman in sod., 1985; Cameron, 1987; Metzler in Montgomery, 1989; Cheung in Stock, 1993; Lee in sod., 2004 a; Gutarts in sod., 2005; Passarinho-Neto in sod., 2006) ter prosto plavajoče mikroorganizme (Sjogren in Sundqvist, 1987; Huque in sod., 1998; Spoleti in sod., 2003; Weber in sod., 2003). Kadar uporabljamo pasivno ultrazvočno irigacijo skupaj z natrijevim hipokloritom, opazimo značilno večji razkroj organskega tkiva, zaradi agitacije z ultrazvokom (Moorer in Wesselink, 1982) ali dviga temperature zaradi ultrazvoka (Cunningham in Balekjian, 1980; Cameron, 1988; Ahmad, 1990). Med pasivno ultrazvočno irigacijo pride do dviga temperature znotraj koreninskega kanala na od 37 do 45^o (Cameron, 1988). Pasivna ultrazvočna irigacija povzroči značilno zmanjšanje števila mikroorganizmov (Ahmad, 1989) in kaže značilno boljše rezultate od irigacije samo z brizgo (Sjogren in Sundqvist, 1987; Huque in sod., 1998; Spoleti in sod., 2003; Weber in sod., 2003), čeprav Siqueira in sod. (1997) zadnje razlike niso potrdili. Učinki pasivne ultrazvočne irigacije na biofilm so še neznani, čeprav prisotnost učinka kavitacije kaže na sposobnost uničenja in celo odstranitve biofilma (Ohl in sod., 2006). Rezultati študij o učinku pasivne ultrazvočne irigacije na odstranitev razmazovine niso enotni, tako Abbott in sod. (1991) ugotavljajo, da ultrazvok ni spodbudil odstranitve razmazovine, če so kot irigant

uporabljali etilendiamintetraocetno kislino ali kombinacijo etilendiamintetraocetne kisline in natrijevega hipoklorita. Nasprotno pa sta Cheung in Stock (1993) pokazala, da je bila uporaba pasivne ultrazvočne irigacije učinkovitejša od samega izpiranja z etilendiamintetraocetno kislino. Pasivna ultrazvočna irigacija je učinkovitejša od irigacije samo z brizgo tudi v ukrivljenih kanalih, vendar je treba iglo predhodno prilagoditi poteku koreninskega kanala (Jensen in sod., 1999; Sabins in sod., 2003; Gutarts in sod., 2005). S pasivno ultrazvočno irigacijo učinkoviteje očistimo ožino med dvema koreninskima kanaloma v primerjavi z irigacijo samo z brizgo, kar kaže na sposobnost pasivne ultrazvočne irigacije, da odstrani pulpino tkivo iz predelov, ki so nedostopni mehanskemu instrumentiranju (Goodman in sod., 1985; Metzler in Montgomery, 1989; Gutarts in sod., 2005). Večji ko je stožec obdelanega koreninskega kanala, več dentinske razmazovine odstranimo s pasivno ultrazvočno irigacijo (Lee in sod., 2004 b; Sluis in sod., 2005).

Klinična uporaba pasivne ultrazvočne irigacije

Ko je koreninski kanal obdelan do zadnje apikalne igle (neodvisno od tehnike, ki jo pri tem uporabljamo), ga napolnimo s svežim irigantom in vstavimo ultrazvočno iglo (Slika 1) vse do apikalnega dela zoba. Irigant nato ultrazvočno aktiviramo, pri tem pa se ne dotikamo sten koreninskega kanala, kar omogoča največji učinek ultrazvoka in obnem preprečuje nastanek stopnic ali iatrogenih predrtij koreninskega kanala (Roy in sod., 1994; Zehnder, 2006). Ultrazvočne igle morajo biti manjše od zadnje apikalne igle sprepariranega koreninskega kanala. Igla velikosti 25 povzroča manjši učinek zvočnega toka kot igle velikosti 15 ali 20 (Ahmad in sod., 1992).

Poznamo dva načina izpiranja s pasivno ultrazvočno irigacijo (Sluis in sod., 2007). Prvi je način kontinuiranega izpiranja, pri katerem gremo z ultrazvočno konico v kanal, v katerega sprotno doteka svež irigant. Drugi način je način s prekinitvami, pri katerem se irigant najprej vnese v kanal s pomočjo brizge, nato pa se ga ultrazvočno aktivira, kar se ponavlja. Po zadnji ultrazvočni aktivaciji je treba kanal še enkrat izprati z 2 ml svežega iriganta. Oba načina sta bila v testih *in vitro* enako učinkovita (Sluis in sod., 2006).

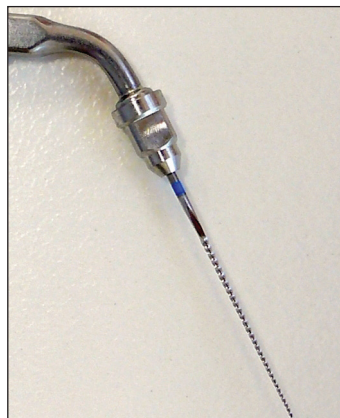
Za doseganje ustrezne čistosti koreninskega kanala se priporoča od trideset sekund do dve minuti pasivne ultrazvočne irigacije (Krell in sod., 1988; Sabins in sod., 2003). Za ultrazvočno irigacijo se priporoča srednja moč ultrazvoka, saj se je izkazalo, da irigacija z nizko močjo ni bila učinkovitejša od same irigacije z natrijevim hipokloritom (Cameron, 1982; Crabb, 1982; Tauber in sod., 1983; Goldman in sod., 1988).

Ultrazvočne vibracije lahko prenašamo v kanal tudi tako, da se dotikamo neaktivnega dela igle z ultrazvočno konico, vendar je pri tem večje tveganje, da se z iglo dotikamo sten kanala (Plotino in sod., 2007).

Zaključek

Koreninski prostor ni preprosta koničasta cev, temveč je zapleten sistem glavnih in stranskih kanalov, ožin ter apikalnih razvejitev. Zaradi zapletene morfologije koreninskega prostora je ta večinoma nedostopen za mehansko instrumentiranje. Za obdelavo nedostopnih predelov uporabljamo irigante, ki so učinkovitejši, kadar jih uporabljamo skupaj z ultrazvokom. Z ultrazvokom dosežemo večje gibanje iriganta, povečamo mehansko-izplakovalni učinek iriganta in učinkoviteje odstranimo organski in anorganski del razmazovine s sten koreninskega prostora, kar vse poveča učinkovitost irigacije.

V literaturi še ni kakovostne klinične raziskave, ki bi pokazala pozitivne učinke ultrazvočne irigacije na izid endodontskega zdravljenja. Kljub temu pa številne temeljne raziskave kažejo, da je pasivna ultrazvočna irigacija nepogrešljiv pripomoček v endodontiji, kjer z njenimi učinki dosegamo boljšo dezinfekcijo koreninskih kanalov.



Slika 1: Primer konice za pasivno ultrazvočno irigacijo.

Reference

- Abbott PV, Heijkoop PS, Cardaci SC, Hume WR, Heithersay GS. An SEM study of the effects of different irrigation sequences and ultrasonics. *Int Endod J* 1991; 24: 308–16.
- Abou-Rass M, Piccinino MV. The effectiveness of four clinical irrigation methods on the removal of root canal debris. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1982; 54: 32–8.
- Ahmad M. Effect of ultrasonic instrumentation on *Bacteroides intermedius*. *Endod Dent Traumatol* 1989; 5: 83–6.
- Ahmad M. Measurements of temperature generated by ultrasonic file *in-vitro*. *Endod Dent Traumatol* 1990; 6: 230–1.
- Ahmad M, Pitt Ford TJ, Crum LA. Ultrasonic debridement of root canals: acoustic streaming and its possible role. *J Endod* 1987 a; 13: 490–9.
- Ahmad M, Pitt Ford TR, Crum LA. Ultrasonic debridement of root canals: an insight into the mechanisms involved. *J Endod* 1987 b; 13: 93–101.
- Ahmad M, Roy RA, Kamarudin AG. Observations of acoustic streaming fields around an oscillating ultrasonic file. *Endod Dent Traumatol* 1992; 8: 189–94.
- Baugh D, Wallace J. The role of apical instrumentation in root canal treatment: a review of the literature. *J Endod* 2005; 31: 333–40.
- Cameron JA. The synergistic relationship between ultrasound and sodium hypochlorite: a scanning electron microscope evaluation. *J Endod* 1987 a; 13: 541–5.
- Cameron JA. The use of 4 per cent sodium hypochlorite, with or without ultrasound, in cleansing of uninstrumented immature root canals; SEM study. *Aust Dent J* 1987 b; 32: 204–13.
- Cameron JA. The effect of ultrasonic endodontics on the temperature of the root canal wall. *J Endod* 1988 a; 14: 554–9.
- Cameron JA. The use of ultrasound for the removal of the smear layer. The effect of sodium hypochlorite concentration; SEM study. *Aust Dent J* 1988 b; 33: 193–200.
- Cameron JA. The use of ultrasound in the cleaning of root canals: a clinical report. *J Endod* 1982; 8: 472–4.
- Cheung GS, Stock CJ. *In-vitro* cleaning ability of root canal irrigants with and without endosonics. *Int Endod J* 1993; 26: 334–43.
- Chow TW. Mechanical effectiveness of root canal irrigation. *J Endod* 1983; 9: 475–9.
- Crabb HS. The cleansing of root canals. *Int Endod J* 1982; 15: 62–6.
- Cunningham WT, Balekjian AY. Effect of temperature on collagen-dissolving ability of sodium hypochlorite endodontic irrigant. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1980; 49: 175–7.
- Goldman M, White RR, Moser CR, Tenca JI. A comparison of three methods of cleaning and shaping the root canal *in-vitro*. *J Endod* 1988; 14: 7–12.
- Goodman A, Reader A, Beck M, Melfi R, Meyers W. An *in-vitro* comparison of the efficacy of the step-back technique versus a step-back/ultrasonic technique in human mandibular molars. *J Endod* 1985; 11: 249–56.
- Gu LS, Kim JR, Ling J, Choi KK, Pashley DH, Tay FR. Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *J Endod* 2009; 35: 791–804.
- Gutarts R, Nusstein J, Reader A, Beck M. *In-vivo* debridement efficacy of ultrasonic irrigation following hand-rotary instrumentation in human mandibular molars. *J Endod* 2005; 31: 166–70.
- Haapasalo M, Endal U, Zandi H, Coil JM. Eradication of endodontic infection by instrumentation and irrigation solutions. *Endod Top* 2005; 10: 77–102.
- Huque J, Kota K, Yamaga M, Iwaku M, Hoshino E. Bacterial eradication from root dentine by ultrasonic irrigation with sodium hypochlorite. *Int Endod J* 1998; 31: 242–50.
- Jensen SA, Walker TL, Hutter JW, Nicoll BK. Comparison of the cleaning efficacy of passive sonic activation and passive ultrasonic activation after hand instrumentation in molar root canals. *J Endod* 1999; 25: 735–8.
- Johnson W, Wilson J. Application of the ultrasonic dental unit to scaling procedures. *J Periodontol* 1957; 28: 264–71.
- Klemenc F. Izpiranje koreninskega kanala, možni zapleti, njihovo preprečevanje in zdravljenje. *Zobozdrav Vestn* 2003; 58: 81–5.
- Krell KV, Johnson RJ, Madison S. Irrigation patterns during ultrasonic canal instrumentation. Part I. K-type files. *J Endod* 1988; 14: 65–8.
- Lee SJ, Wu MK, Wesselink PR. The effectiveness of syringe irrigation and ultrasonics to remove debris from simulated irregularities within prepared root canal walls. *Int Endod J* 2004 a; 37: 672–8.
- Lee SJ, Wu MK, Wesselink PR. The efficacy of ultrasonic irrigation to remove artificially placed dentine debris from different-sized simulated plastic root canals. *Int Endod J* 2004 b; 37: 607–12.
- Lumley PJ, Walmsley AD, Laird WR. Streaming patterns produced around endosonic files. *Int Endod J* 1991; 24: 290–7.
- Metzler RS, Montgomery S. Effectiveness of ultrasonics and calcium hydroxide for the debridement of human mandibular molars. *J Endod* 1989; 15: 373–8.
- Moorer WR, Wesselink PR. Factors promoting the tissue dissolving capability of sodium hypochlorite. *Int Endod J* 1982; 15: 187–96.
- Nair PN, Henry S, Cano V, Vera J. Microbial status of apical root canal system of human mandibular first molars with primary apical periodontitis after "one-visit" endodontic treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2005; 99: 231–52.
- Ohl CD, Arora M, Ikink R, de Jong N, Versluis M, Delius M et al. Sonoporation from jetting cavitation bubbles. *Biophys J* 2006; 91: 4285–95.
- Passarinho-Neto JG, Marchesan MA, Ferreira RB, Silva RG, Silva-Sousa YT, Sousa-Neto MD. *In-vitro* evaluation of endodontic debris removal as obtained by rotary instrumentation coupled with ultrasonic irrigation. *Aust Endod J* 2006; 32: 123–8.
- Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod* 2004; 30: 559–67.
- Plotino G, Pameijer CH, Grande NM, Somma F. Ultrasonics in endodontics: a review of the literature. *J Endod* 2007; 33: 81–95.

- Potočnik I. Sredstva in postopek odstranjevanja razmazovine pri endodontskem zdravljenju. *Zobozdrav Vestn* 2008; 63: 161–3.
- Ram Z. Effectiveness of root canal irrigation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1977; 44: 306–12.
- Richman R. The use of ultrasonics in the root canal therapy and root resection. *Med Dent J* 1957; 12: 12–8.
- Ricucci D, Bergenholtz G. Bacterial status in root-filled teeth exposed to the oral environment by loss of restoration and fracture or caries—a histo-bacteriological study of treated cases. *Int Endod J* 2003; 36: 787–802.
- Roy RA, Ahmad M, Crum LA. Physical mechanisms governing the hydrodynamic response of an oscillating ultrasonic file. *Int Endod J* 1994; 27: 197–207.
- Sabins RA, Johnson JD, Hellstein JW. A comparison of the cleaning efficacy of short-term sonic and ultrasonic passive irrigation after hand instrumentation in molar root canals. *J Endod* 2003; 29: 674–8.
- Samec T, Jan J. Klorheksidin v endodontiji. *Zobozdrav Vestn* 2007; 62: 85–8.
- Siqueira JF, Jr., Machado AG, Silveira RM, Lopes HP, de Uzeda M. Evaluation of the effectiveness of sodium hypochlorite used with three irrigation methods in the elimination of *Enterococcus faecalis* from the root canal, *in-vitro*. *Int Endod J* 1997; 30: 279–82.
- Sjogren U, Sundqvist G. Bacteriologic evaluation of ultrasonic root canal instrumentation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1987; 63: 366–70.
- Sluis van der LW, Gambarini G, Wu MK, Wesselink PR. The influence of volume, type of irrigant and flushing method on removing artificially placed dentine debris from the apical root canal during passive ultrasonic irrigation. *Int Endod J* 2006; 39: 472–6.
- Sluis van der LW, Versluis M, Wu MK, Wesselink PR. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *Int Endod J* 2007; 40: 415–26.
- Sluis van der LW, Wu MK, Wesselink PR. The efficacy of ultrasonic irrigation to remove artificially placed dentine debris from human root canals prepared using instruments of varying taper. *Int Endod J* 2005; 38: 764–8.
- Spoleti P, Siragusa M, Spoleti MJ. Bacteriological evaluation of passive ultrasonic activation. *J Endod* 2003; 29: 12–4.
- Stock CJ. Current status of the use of ultrasound in endodontics. *Int Endod J* 1991; 41: 175–82.
- Stojičić S, Zivkovic S, Qian W, Zhang H, Haapasalo M. Tissue dissolution by sodium hypochlorite: effect of concentration, temperature, agitation, and surfactant. *J Endod* 2011; 36: 1558–62.
- Tauber R, Morse DR, Sinai IA, Furst ML. A magnifying lens comparative evaluation of conventional and ultrasonically energized filing. *J Endod* 1983; 9: 269–74.
- Walmsley AD. Ultrasound and root canal treatment: the need for scientific evaluation. *Int Endod J* 1987; 20: 105–11.
- Weber CD, McClanahan SB, Miller GA, Diener-West M, Johnson JD. The effect of passive ultrasonic activation of 2% chlorhexidine or 5.25% sodium hypochlorite irrigant on residual antimicrobial activity in root canals. *J Endod* 2003; 29: 562–4.
- Weller RN, Brady JM, Bernier WE. Efficacy of ultrasonic cleaning. *J Endod* 1980; 6: 740–3.
- Wu MK, van der Sluis LW, Wesselink PR. The capability of two hand instrumentation techniques to remove the inner layer of dentine in oval canals. *Int Endod J* 2003; 36: 218–24.
- Wu MK, Wesselink PR. A primary observation on the preparation and obturation of oval canals. *Int Endod J* 2001; 34: 137–41.
- Zehnder M. Root canal irrigants. *J Endod* 2006; 32: 389–98.
- Zinner D. Recent ultrasonic dental studies including periodontia, without the use of an abrasive. *J Dent Res* 1955; 34: 748–9.
- Asist. mag. Tomi Samec, dr. dent. med.; Prof. dr. Janja Jan, dr. dent. med., Katedra za zobne bolezni in normalno morfolologijo zobnega organa, Hrvatski trg 6, 1000 Ljubljana