Reciprocitetne tehnike instrumentacije korijenskih kanala

Božić, Kristina

Master's thesis / Diplomski rad

2015

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:127:765377

Rights / Prava: Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0 Unported/Imenovanje-Nekomercijalno-Bez prerada 3.0

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

University of Zagreb School of Dental Medicine Repository

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

STOMATOLOŠKI FAKULTET U ZAGREBU

Kristina Božić

RECIPROCITETNE TEHNIKE INSTRUMENTACIJE KORIJENSKIH KANALA

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, srpanj 2015. godine

Rad je izrađen na Zavodu za endodonciju i restaurativnu stomatologiju,

Stomatološkog fakulteta u Zagrebu

Voditelj rada: prof.dr.sc. Ivica Anić

Lektor hrvatskog jezika: prof.dr.sc. Juraj Bakran

Lektor engleskog jezika: prof. Marta Tkalec

Rad sadrži:	45	stranica
	2	tablice
	12	slika
	1	CD

SADRŽAJ

1. UVOD **5**

2. SVRHA RADA **7**

2.1. Iz povijesti instrumentacije korijenskog kanala **7**

3. RECIPROČNI POKRET **13**

3.1. AET Endo-Eze tehnika obrade korijenskog kanala **13**

3.2. Recipročne tehnike obrade korijenskog kanala **16**

3.3. Moderne, recipročne tehnike instrumentacije jednim instrumentom **19**

3.3.1. WaveOne tehnika (Dentsply) **20**

3.3.1.1. Odabir i upotreba WaveOne instrumenta u kliničkom radu **24**

3.3.2. Reciproc tehnika (VDW) **25**

3.3.3. WaveOne Gold **27**

4. RASPRAVA **30**

5. ZAKLJUČAK **33**

6. SAŽETAK **34**

7. SUMMARY: RECIPROCATING TECHNIQUES OF ROOT CANAL INSTRUMENTATION **36**

8. LITERATURA **38**

9. ŽIVOTOPIS **45**

POPIS OZNAKA I KRATICA

AET ..... engl. Anatomic Endodontic Technology

ATR ..... engl. Advanced Technology Research

CW ..... engl. clock wise

CCW ..... engl. counterclock wise

ISO ..... engl. International Organization for Standardization

NiTi ..... Nikal – Titan legura

Nitinol ..... Nikal – Titan legura, „NOL“ – akronim Naval Ordinance Laboratorij

SAF ..... engl. self adjusting file

1. UVOD

Upala zubne pulpe (pulpitis) najčešće nastaje kao posljedica djelovanja brojnih mikroorganizama koji se šire iz karijesne lezije, zbog utjecaja traume i mikro-abrazija. Bolest je karakterizirana infiltracijom upalnih stanica nastalih trajnom migracijom T limfocita, makrofaga, monocita i eozinofila. Sve to potiče zubnu pulpu na upalni odgovor (1). Zbog nastalog edema pulpnog tkiva, koje je uklopljeno u tvrda zubna tkiva pa se ne može nesmetano širiti, i kao posljedica pulpnog odgovora nastaje nekroza zubne pulpe. Medikamentna terapija potpuno je neuspješna, a zbog toga što je pulpni prostor nedostupan obrambenim snagama organizma te zbog nedostatka cirkulacije i limfne drenaže, organizam nema mogućnost djelovati na uzročnike niti ukloniti nekrotični ili gangrenozni sadržaj. Budući se neliječena upala širi u periradikularnu kost i okolna tkiva glave i vrata, posljedice mogu biti fatalne za cijeli organizam. Terapija čija je svrha zadržavanje zuba u funkciji obuhvaća mehaničko uklanjanje nekrotičnog sadržaja. Osim mehaničkog uklanjanja tkiva koriste se i brojna dezinficirajuća sredstva za ispiranje (natrij hipoklorit, klorheksidin ili tvornički pripravci koji sadrže kombinaciju antibiotika, kelatora i deterdženta), a ponekad i ciljana kemoterapija (2).

Iako su sve faze endodontskog liječenja od dijagnoze, trepanacije, mehaničkog čišćenja, dezinfekcije pa do punjenja i zatvaranja kaviteta jednako važne, mehanička obrada korijenskog kanalnog sistema smatra se najzahtjevnijom i jednim od najvažnijih dijelova liječenja (3). Svrha mehaničke obrade je uklanjanje upalno promijenjenog vitalnog i nekrotičnog pulpnog tkiva, inficiranog dentina i

oblikovanje endodontskog prostora na način da se zadrži što je više moguće prirodan tijek glavnog korijenskog kanala i dostupnih prostora. Prema tome, mehanička obrada kanala je temeljni čimbenik u uklanjanju infekcije, ali se ne može odvojiti od kemijske pa se zato naziva kemomehaničkom ili biomehaničkom preparacijom. Konačan je cilj biomehaničke terapije maksimalno očistiti, dezinficirati i u potpunosti zabrtviti instrumentirane i neinstrumentirane prostore te tako spriječiti prodor baterija iz usne šupljine (engl: *coronal leakage*) u organizam, ali i ponovnu rekolonizaciju endodontskog prostora bakterijama iz periradikularnog prostora (engl: *percolation*).

Razvoj strojnih tehnika kontinuiranom rotacijom uz upotrebu nikal-titanskih (NiTi) instrumenata riješio je neke od problema obrade kanala, no nije uklonio potrebu da se koristi i kombinira više strojnih i ručnih instrumentata. Iako postoje brojne tehnike i više različitih legura koje se koriste za izradu endodontskih instrumenata, do danas nije razvijena jedinstvena tehnika koja bi mogla zadovoljiti sve zahtjeve endodontske terapije.

2. SVRHA RADA

Do danas su razvijene i u kliničkoj su upotrebi prisutne brojne tehnike, u početku ručne, a potom i strojne instrumentacije kanala. Sve one imaju svoje prednosti i nedostatke. Stoljećima se rabila rotacijska kretnja u svrhu izrade ili čišćenja tunelskih prostora pa je ta ideja projicirana i u terapiju endodontskog prostora. Razvoj recipročnog koncepta unio je nov način razmišljanja, pa je svrha ovog rada prikazati razvoj i neke od današnjih recipročnih tehnika koje se rabe u svakodnevnom kliničkom radu.

2.1. Iz povijesti instrumentacije korijenskog kanala

Postoje zapisi, a danas i rendgenski dokazi o nalazu namjerno umetnutih stranih tijela u korijenski kanal zuba (4). Najčešće se radi o zlatnim ili bakrenim žicama koje su se, vjerojatnije koristile zbog lake kovnosti nego zbog shvaćanja pojma biokompatibilnosti. Ipak čini se da je u pitanju bio samo pokušaj uklanjanja boli spaljivanjem pulpe užarenom žicom, a ne pokušaj brtvljenja korijenskog kanala. Od tog doba pa do osamnaestog stoljeća nije bilo sistematičnih opisa endodontskog liječenja. Jedan od prvih, doduše šturih opisa bez detalja dao je otac moderne stomatologije Pierre Fauchard (5) u svojoj knjizi „Le chirurgien dentiste“. Opisana je trepanacija zuba, preparacija kanala i kauterizacija tkiva zubne pulpe. Bellizzi R. i Cruse WP., (6) smatraju da se razvoj prvog ručnog endodontskog instrumenta može pripisati Edwardu Maynardu. U svrhu izrade nazubljenog intrumenata za ekstirpaciju pulpe u početku je rabio opruge satnog mehanizma a kasnije klavirske žice. Godine

1885. u terapiju se uvodi Gates Glidden svrdlo, a 1915. godine K file (7). Od takvih početaka pa do današnjeg vremena razvijeni su brojni instrumenti i još brojnije tehnike intrumentacije korijenskog kanala. Budući da niti jedna tehnika ne ispunjava u potpunosti zahtjeve od učinkovitosti, jednostavnosti, pa ni ekonomske prihvatljivosti, tehnike su doživjele i još uvijek doživljavaju stalne promjene i dorade. Iako ih se prezentira kao nove, u većini su slučajeva nastale na teoretskoj podlozi starijih tehnika stoga uvijek čine podlogu za razvoj novih ručnih ili strojnih tehnika oblikovanja korijenskoga kanala (tablica 1).

Tablica 1: Ručne tehnike instrumentacije korijenskog kanala. Preuzeto: (8)

Approach	***Author(s)***
Standardized technique	Ingle (1961)
Step-back technique	Clem (1969)
Circumferential filing	Lim & Stock (1987)
Incremantal technique	Weine et al (1970)
Anticurvature filling	Abou-Rass et al (1980)
Step-down technique	Marshall & Papin (1980)
Step-down technique	Goerig et al (1982)
Double flare technique	Fava (1983)
Crown-down-pressureless technique	Morgan & Montgomery (1984)
Balanced force technique	Roane et al (1985)
Canal Master technique	Wildey & Senia (1989)
Apical box technique	Tronstad (1991)
Progressive enlargement technique	Backman et al (1992)
Modified double flare technique	Saunders & Saunders (1992)
Passive stepback technique	Torabinejad (1994)
Alternated rotary motion-technique (ARM)	Siqueira et al (2002)
Apical patency technique	Buchanan (1989)

Postojeće ručne tehnike obrade kanala su vremenski dosta zahtjevne zbog nemogućnosti okretanja instrumenata za više od pola do cijelog okreta. Svaka tehnika koja skraćuje trajanje terapijskog postupka u korijenskome kanalu, koji je vrlo zahtjevan za pacijenta i za terapeuta i ne smanjuje već povećava završnu kvalitetu obrade, predstavlja velik napredak u endodontskome liječenju. Zbog anatomskih osobitosti usne šupljine i zuba, prijelaz na strojno vođenu endodontsku terapiju nije bio niti brz niti bez problema. Iako nije sa sigurnošću dokazano, smatra se da je Oltramare 1892. godine uveo u upotrebu iglu četvrtastog presjeka koja se montirala u kolječnik. Instrument bi pasivno umetnuli do apikalnog foramena i nakon toga ga pokrenuli. Postupak se činio razumnim jer kvaliteta tadašnjih materijala i mogućnosti precizne izrade nisu dopuštali rotacijsku kretnju instrumenta na putu kroz zavijene kanale. Najčešći nedostatak prvih strojnih endodontskih tehnika, koje su se služile instrumentima izrađenima od nehrđajućeg čelika, bilo je značajno izravnavanje inače zavijenih korijenskih kanala što je u opsežnoj studiji potvrdila tzv. „Göttingen“ grupa (7). Drugi nedostaci odnosili su se na velike nakupine zaostalog debrisa i zaostatnog sloja (9, 10), ali i na blokadu apeksnog otvora, lom instrumenta, perforacije kanala i gubitak radne duljine (11). Godine 1889. William H. Rollins (12) razvio je prvi kolječnik namijenjen automatskoj obradi korijenskog kanala koristeći specijalno dizajnirane rotirajuće instrumente. Brzina tih instrumenata bila je ograničena na 100 okretaja u minuti. Kombinirana kretnja rotacije i vertikalna kretnja instrumenata prvi je put opisana i stroj je prvi put izrađen u Austrijskoj kompaniji W&H (Burmoos, Austria) 1928. godine (7). Strojna endodoncija postaje relativno popularna razvojem „Giromatic“ sistema u Francuskoj (MicroMega, Besançon) 1964. godine (slika 1). Smatra se da je „Giromatic“

prethodnik reciprocitetne tehnike jer je i sam stroj radio recipročni pokret od 90° u lijevo i u desno. Svi instrumenti u tom periodu bili su izrađeni od čelika, a stomatolozi su mogli kontrolirati samo brzinu okretaja i ručno promijeniti amplitudu pomaka instrumenta (7).

Slika 1. Giromatic kolječnik

Razvojem metalurgije, te kliničkim i znanstvenim naporima dentalne zajednice, od tog su doba do danas razvijene, opisane i u stalnoj kliničkoj uporabi prisutne brojne konvencionalno rotacijske, oscilirajuće (ultrazvučne i zvučne te tzv. *Push and pull motion* tehnike), vakumske tehnike, samoprilagođavajuće tehnike (SAF) i tehnike recipročne rotacije instrumenata. Uspješnost tehnike uvelike ovisi o konstrukciji instrumenata te o sekvenci uporabe istoga. Zbog toga su razvijeni različiti instrumenti koji se međusobno razlikuju u izgledu poprečnog presjeka, brojnosti reznih ploha, konicitetu i duljini (tablica 2).

Tablica 2. Instrumenti/tehnike, proizvođač i kretnja instrumenta. Preuzeto: (8)

Handpiece	*Manufacturer*	*Mode of action*
Conventional systems		
Racer	Cardex, via W&H, Burmoos, Austria	Vertical movement
Giromatic	MicroMega, Besancon, France	Reciprocal rotation (90°)
Endo-Gripper	Moyco Union Broach, Montgomeryville, PA, USA	Reciprocal rotation (90°)
Endolift	Sybron Endo, Orange, CA, USA	Vertical movement + reciprocal rotation (90°)
Endolift M 4	Sybron Endo, Orange, CA, USA	Reciprocal rotation (30°)
Endocursor	W&H	Rotation (360°)
Intra-Endo 3 LD	KaVo, Biberach, Germany	Reciprocal rotation (90°)
Alternator	Unknown	Reciprocal rotation (90°)
Dynatrak	Dentsply DeTrey, Konstanz, Germany	Reciprocal rotation (90°)
Flexible systems		
Excalibur	W&H	Lateral oscillations (2000 Herz, 1.4-2 mm amplitude)
Endoplaner	Microna, Spreitenbach, Switzerland	Vertical motion + free rotation
Canal-Finder-System	S.E.T., Grobenzell, Munich	Vertical movement (0,3-1mm) + free rotation under friction
Canal-Leader 2000	S.E.T.	Vertical movement (0,4-0,8mm) + partial rotation (20-30°)
Intra-Endo 3 LDSY	KaVo	Vertical motion + free rotation
IMD 9GX	HiTech, unknown	360°- rotation with variable, torque dependent rotational speed (min 10/min)
Sonic systems		
Sonic Air 3000	MicroMega	
Endostar 5	Medidenta Int, Woodside, USA	6000 Hz
Mecasonic	MicroMega	
MM 1400 Sonic Air	MicroMega	
Yoshida Rooty	W&H	6000 Hz
MM 1500 Sonic Air	MicroMega	1500 - 3000 Hz
Ultrasonic systems		

Cavi-Endo	Dentsply DeTrey	Magnetostrictive 25 000 Hz
Piezon		Piezoceramic 25 000 - 32 000 Hz
ENAC OE 3 JD		Piezoceramic 30 000 Hz
Piezotec PU 2000	Satelec, Merignac, France	Piezoceramic 27 500 Hz
Odontoson	Goof, Usserod Molle, Denmark	Faret rod 42 000 Hz
Spacesonic 2000	Morita, Dietzenbach	
NiTi systems		
LightSpeed	Lightspeed, San Antonio, TX, USA	Rotation (360°)
ProTaper	Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland	Rotation (360°)
K 3	Sybron Endo	Rotation (360°)
ProFile 0.04 and 0.06	Dentsply Maillefer	Rotation (360°), taper 0.4 - 0.8
Mity-Roto-Files	Loser, Leverkusen, Germany	Rotation (360°), taper 0.02
FlexMaster	VDW, Munich, Germany	Rotation (360°), taper 0.02/0.04/0.05
RaCe	FKG, La-Chaux De Fonds, Switzerland	Rotation (360°)
Quantec SC, LX	Tycom, now: Sybron Endo	Rotation (360°)
Endoflash*	KaVo	Rotation (360°)
NiTiTEE	Loser	Rotation (360°)
HERO 642	MicroMega	Rotation (360°), taper 0.02 - 0.06
Tri Auto ZX	Morita, Dietzenbach, Germany	360°- rotation + auto-reverse-mechanism and intergrated electrical length determination
GT Rotary	Dentsply Maillefer	Rotation (360°), taper 0.04-0.12
**početno su bile izrađene od nehrđajućeg čelika*		

3. RECIPROČNI POKRET

Recipročni pokret označava pokret instrumenta u smjeru obratnom od smjera kretanja kazaljke na satu (*CCW)* pri čemu reže dentin. Instrument se pokretom u smjeru kazaljke na satu (*CW*) oslobađa i izvlačenjem iz kanala se uklanja odrezani dentin koji se obriše s instrumenta. Za potpunu rotaciju od 360º instrument mora odraditi nekoliko recipročnih pokreta, ovisno o sistemu. Budući je put koji prevaljuje u *CCW* smjeru veći od onog u *CW* smjeru, instrument konstantno napreduje kroz korijenski kanal u smjeru apeksnog otvora.

3.1. AET Endo-Eze tehnika obrade korijenskog kanala

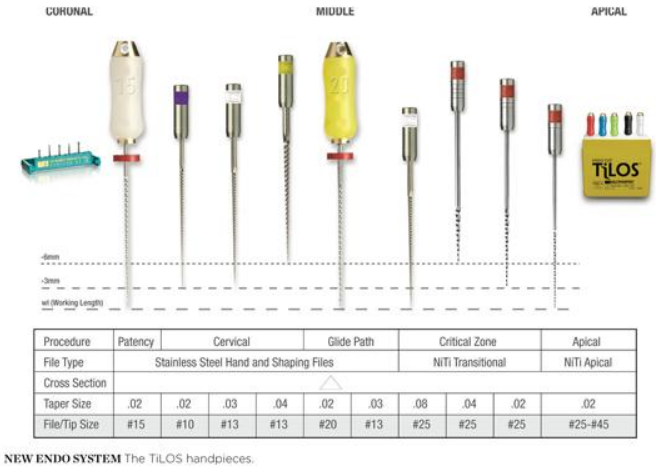
Oscilirajuća, recipročna Endo-Eze tehnika (engl: *Anatomic Endodontic Technology* - AET) uvedena je u kliničku upotrebu 2005. godine. Za instrumentaciju su se rabili čelični instrumenti, a tehniku karakterizira kombinacija strojne (slika 2) i ručne obrade korijenskog kanala, pri čemu se ručnim instrumentima obrađuju zadnja tri milimetra na apeksu. Apeksni dio se može obraditi čeličnim ili NiTi instrumentima Endo-Eze sistema. AET instrument se rotira 30º u oba smjera pri čemu se povlači uokrug po stijenkama korijenskog kanala. Na taj način uklanja zapreke u cervikalnoj i srednjoj trećini kanala izravnavajući put prema apeksnoj trećini. Tako se smanjuje mogućnost zaglavljivanja i loma instrumenta u zadnja tri milimetra apeksnog dijela. Instrumenti Endo-Eze tehnike dijele se u četiri skupine ovisno o izgledu i duljini korijenskog kanala: dugi (long 27-30 mm), srednji

(medium 24-27 mm), kratki (short 20-23 mm) i ultrakratki (x-short 14-19 mm), (slika 3).

Slika 2. AET Endo-Eze kolječnik i čelični instrument

Slika 3. Podjela Endo-Eze instrumenata na četiri grupe prema duljini korijenskog kanala. Svaki sistem sadrži tri Endo-Eze instrumenta i četiri ručna instrumenta za obradu apeksnog dijela kanala, stariji AET sistem.

Kompanija Ultradent je razvila 2010. godine novi sistem nazvan Endo-Eze® TiLOS ™ engl. *Anatomic Endodontic Technology* (13). Taj se sistem sastoji od tri čelična instrumenta (engl. *Shaping files*) u ISO (*International Organization for* Standardization) bojama ljubičasta (10/0,02), bijela (13/0,03) i žuta (13/0,04), dva K-tip čelična instrumenta #15 i #20 te tri NiTi instrumenta (25/0.08, 25/0,04 i 25/0,02), (slika 4). Stariji AET sistem sadržavao je samo četiri ručna instrumenta za obradu apeksnog dijela (slika 3). S kliničkog stajališta, AET recipročni čelični instrument zapravo zamjenjuje Peeso ili Gates Glidden svrdla koja su u radu uklanjala znatan dio zubne strukture. Zbog načina rada Endo-Eze tehnika izuzetno je pogodna u kanalima vrpčastog oblika (engl. *ribbon shaped canal*) (14, 15). Ipak, u jednom od prvih radova o tehnici objavljeno je da Endo-Eze AET tehnika nije pogodna za jako zavijene kanale zbog transportacije apeksa i nemogućnosti dobre kontrole oscilirajuće kretnje (16).



Slika 4. AET TiLOS instrumenti. Preuzeto: (13)

3.2. Recipročne tehnike obrade korijenskog kanala

Nakon pojave „Giromatica“, reciprocitetni okret instrumentacije zaboravljen je do 1985. godine kad Roane & Sabala (17) opisuju posebno dizajniran čelični K tip instrumenta (*Flex-R-File*). Oznaka K znači da je instrument proizveden tehnikom uvijanja. Instrument je imao modificirani vrh i koristio se u tzv. *Stepdown* pokretu, a podrazumijevao je umetanje instrumenta u korijenski kanal koristeći rotaciju u smjeru kazaljke na satu do maksimalno 180° (faza umetanja), a potom rotaciju u obrnutom smjeru od maksimalno 120° s tlačenjem instrumenta u apikalnom smjeru (faza rezanja). Za izvlačenje instrumenta koristila se ponovno rotacija u smjeru kazaljke na satu. Odlika tehnike bila je dosta široka instrumentacija apeksnog dijela od barem veličine #45 u zavijenim, odnosno #80 u ravnim kanalima. Objavljeno je da je uporabom te tehnike bilo značajno manje proguravanja detritusa kroz apeks (18). S druge strane opisani su i brojni problemi tijekom rada kao što su mogućnost perforacije korijena i loma instrumenata (19, 20). Nakon pojave ručne *Ballanced force* tehnike nastupilo je ponovno zatišje recipročnog načina upotrebe instrumenata za obradu kanala sve do pojave strojnih tehnika koje rabe nikal-titanske instrumente. Legura nikal-titan (NiTi) najčešće se sastoji od 55% (wt) nikla i od 45% (wt) titana. Elasticitet i mogućnost savijanja legure gotovo su tri puta veći nego kod čeličnih instrumenata te legura posjeduje sposobnost memorije oblika. Za razliku od toga, modul elastičnosti NiTi legure je znatno niži nego kod čelika. Svoju „memoriju oblika“ NiTi duguje tome što postoji u u dvije kristalinične forme u austenitu i martenzitu. Austenična faza prelazi u martenzičnu fazu uslijed stresa na stalnoj temperaturi i u toj kristaliničnoj formi vrlo se lako savija. Kad stres više ne djeluje,

instrument se vraća u austeničnu fazu u svom originalnom obliku. Zbog metalurških odlika legure postaje moguće napraviti instrumente koniciteta većeg od 2% (21, 22). Svi čelični instrumenti zbog svog malog koniciteta (0,02) tijekom instrumentacije dodiruju vrlo velikom površinom stijenke korijenskog kanala pa svaka dodatna rotacija instrumenta veća od 180° ili 360° znatno povećava mogućnost loma instrumenta. Osim metalurških odlika materijala to je isto jedan od razloga zbog kojih početne strojne endodontske tehnike, u kojima su rabljeni i čelični instrument, nisu polučile klinički uspjeh. Legura nikal-titan omogućava veće konicitete instrumenta (0,04; 0,06 pa sve do 0,12), a to opet omogućuje da tijekom rotacije u kanalu instrument samo malom površinom dodiruje stijenku čime se znatno smanjuje trenje. Uz prosječnu brzinu vrtnje od 250 do 300 okretaja u minuti i zadržavanja instrumenta u kanalu u vremenu od 5 sekundi, instrument se bez opasnosti od loma okrene oko 20 puta. Osim toga, NiTi legura pruža brojne prednosti u odnosu na čelične instrumente, primjerice, povećanu savitljivost (23), učinkovitije rezanje dentina (24) te mogućnost brže obrade kanala (25). Između ostalog, velika prednost NiTi instrumenata je zadržavanje prirodne zakrivljenosti korijenskog kanala tijekom rada čime se smanjuje mogućnost tzv. transportacije apeksnog otvora (26). Vrlo važna godina u razvoju NiTi instrumenata bila je 2007. kada se pojavila tzv. *M-Wire* tehnologija. Iako su detalji tehnološke obrade tvornička tajna, zna se da *M-wire* NiTi tehnologija zasnovana na posebnoj termičkoj obradi legure stvara jači i fleksibilniji materijal te znatno pojačava rezistenciju na ciklička naprezanja i smanjuje mogućnost loma instrumenta (27, 28).

Neovisno o tome koju vrstu instrumenata rabe, čelik ili NiTi, činjenica je da se kliničari susreću s dva temeljna problema koji se mogu javiti tijekom

endodontskog liječenja. Prvi problem odnosi se na mogućnost loma instrumenta u korijenskom kanalu, a posljedica je stresa i zamora materijala izazvanog opetovanom uporabom, dok je drugi problem mogućnost križne kontaminacije i prijenosa zaraznih bolesti između pacijenata. Naime, zbog kompliciranosti instrumenata mogućnost čišćenja i sterilizacije istih može postati upitna (29). Provedene kliničke studije dokazale su nazočnost priona u zubnoj pulpi (30). Čini se da tkivo pulpe može vrlo čvrsto prionuti na površinu NiTi instrumenta usprkos rigoroznom čišćenju i unatoč upotrebi ultrazvučnih čistača (31). Iako su razvijeni protokoli dezinfekcije i sterilizacije endodontskih instrumenata koji, vjerojatno, mogu ukloniti prione, tehnike nisu potpuno pouzdane stoga se preporučuje jednokratna uporaba tih instrumenata.

Koncept jednog instrumenta razvio je kanadsko-libanonski znanstvenk Ghassan Yared, profesor na dodiplomskom i poslijediplomskom studiju endodoncije na Sveučilištu u Torontu (32, 33). Primarna tehnika uključivala je upotrebu samo jednog (0,08) ručnog, čeličnog instrumenta i apeks lokatora, a nakon određivanja prohodnosti i radne dužine (*WL*) i upotrebu samo jednog F2 ProTaper NiTi instrumenta (TulsaDentsply, Tulsa, OK, USA). Instrument je korišten u kolječniku s motorom ATR Vision (ATR, Pistoia, Italija) s mogućnošću recipročnog pokreta (redukcija 16:1) u smjeru kazaljke na satu (*CW*) i u smjeru obratnom od kazaljke na satu (*CCW*). Instrument je pomican u kanalu tzv. pakirajućim pokretima uz ekstremno male sile tlačenja prema apeksu uz često čišćenje i ispiranje otopinom natrijeva hipoklorita. Budući da F2 ProTaper instrument nije primarno razvijen za recipročnu kretnju, u trenutku *CW* kretnje je zarezao dentin, a *CCW* kretnja je

oslobađala instrument (*CW* kretnja bila je duža od *CCW* kretnje) te se na taj način oblikovao konicitet kanala. Osim toga, kombinacija CW i CCW kretnje, teoretski, smanjuje incidenciju torzijskog loma instrumenta. Prema Yaredu (32), prednost u to doba nove tehnike bila je i u tome što nije zahtijevala predtretman kanala ručnim instrumentima do broja #15 ili #20 čak i kod jako zavijenih kanala. Očigledno, prva iskustva relativno novog pristupa instrumentaciji bila su pozitivna. Brzo je ispravljena činjenica da je u recipročnoj tehnici korišten instrument zapravo konstruiran za konvencionalnu, rotacijsku tehniku pa su konstruirani novi, namjenski instrumenti.

3.3. Moderne, recipročne tehnike instrumentacije jednim instrumentom

U većini kliničkih slučajeva nove recipročne tehnike zahtijevaju predtretman samo jednim ručnim čeličnim instrumentom. Nove tehnike rade u tzv. *reverse Balanced force* tehnici i rabe unaprijed programirane motore čime se mogućnost greške svodi na minimum. To konkretno znači da praktičar ne može mijenjati tvornički zadane parametre rada recipročnih motora. Rezultat rada takve tehnike biološki je poželjan konično-tunelski oblik kanala pogodan za ispiranje, ali i za 3-D punjenje (34).

Osam internacionalnih kliničara (Ben Johnson (SAD), Sergio Kuttler (SAD), Pierre Machtou (Francuska), Wilhem Pertot, (Francuska), Julian Webber (UK), JohnWest (SAD), Ghassan Yared (Libanon) i Clifford Ruddle, SAD) započelo je 2008. godine u suradnji s Dentsply International razvoj novog recipročnog

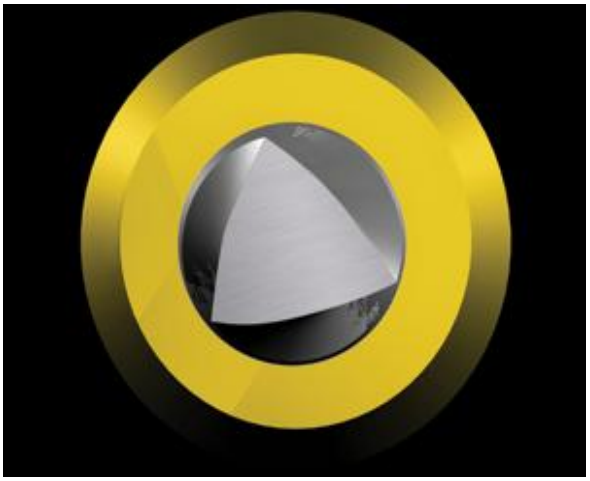
instrumenta i pogonskog stroja. Četiri godine kasnije dvije su tehnike lansirane na tržište: Wave One (Dentsply) i Reciproc (VDW).

3.3.1. WaveOne tehnika (Dentsply)

WaveOne sistem sadrži tri instrumenta označenih ISO standardom boja. Boje instrumenata su (promjer na D1/konicitet na D1): žuta (21/06), crvena (25/08) i crna (40/08) (slika5). Mali žuti instrument je instrument stalnog koniciteta cijelom dužinom instrumenta (D1-D16), dok su preostala dva primarni crveni i veliki crni promjenljivog konusa i progresivno se smanjuju od D1 prema D16. Dostupni su u duljinama od 21, 25 i 31 mm. Modificirani, konveksni trokutasti poprečni presjek instrumenata od prvog (D1) do osmog (D8) milimetra prikazan je na slici 6. Za razliku od toga poprečni konkavni trokutasti presjek od osmog (D8) milimetra do šesnaestog (D16) milimetra, koliko je ukupna duljina radnog dijela instrumenta, prikazan je na slici 7. Instrumenti su dizajnirani za recipročnu kretnju što znači da dentin režu u *CCW* kretnji, a oslobađaju se *CW* kretnjom što je suprotno od pilot studije koja je koristila F2 instrument (32, 33).

Slika 5. Wave One instrumenti (mali žuti, primarni crveni i veliki crni)

Slika 6. Poprečni presjek WaveOne instrumenta od D1 do D8. Preuzeto: (35)



Slika 7. Poprečni presjek WaveOne instrumenta od D8 do D16. Preuzeto: (35)

WaveOne instrument ima nerežući vrh, a osim toga kod njega je jedinstven i obrnuto okrenut heliks koji omogućuje pomak odrezanog dentina prema cervikalnom dijelu kanala, čime se znatno smanjuje mogućnost proguravanja materijala kroz apeksni otvor. Klinički je povoljno što WaveOne nije samo instrument već cijeli koncept koji uključuje papirnate šiljke za sušenje kanala nakon obrade, te gutaperke za punjenje. Gutaperka može biti pojedinačna za tzv. engl. *Single cone* tehniku punjenja ili pak gutaperka nosač za termoplastičnu tehniku punjenja kanala.

Budući da je instrument za jednokratnu upotrebu i ne može ga se ponovo sterilizirati (naime guma oko držača instrumenta nabubri i više se ne može umetnuti u glavu kolječnika), svi recipročni instrumenti dolaze sterilni u tvornički steriliziranim paketićima (slika 8).

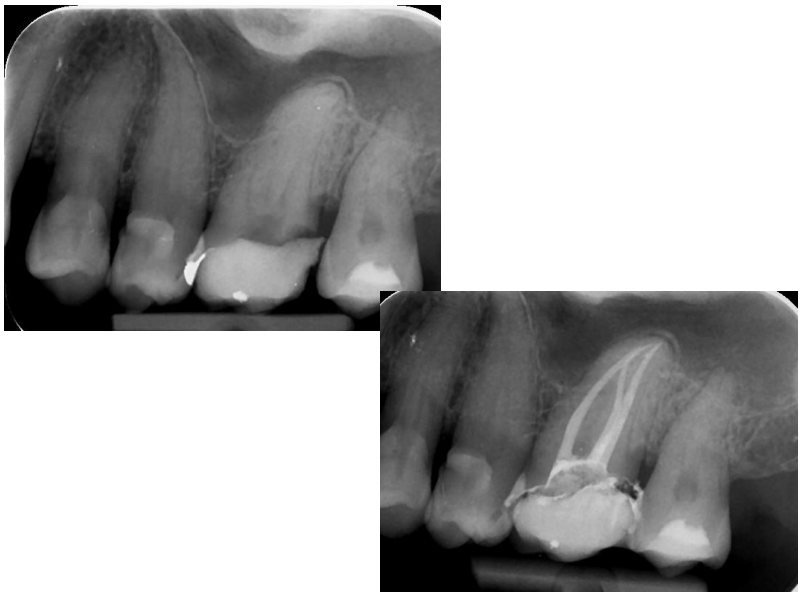
Slika 8. Sterilno pakiranje WaveOne instrumenta uz upute

WaveOne instrumenti zbog jedinstvenog dizajna i recipročne kretnje mogu se rabiti samo s motorima koji omogućuju recipročnu kretnju. Takvi motori su specijalno dizajnirani i programirani za *CW* i *CCW* kretnju. Zbog specifične kretnje, ne može se govoriti o brzini rotacije jer instrument stalno ubrzava, usporava pa zastaje i ponavlja kretnju u suprotnom smjeru. Zbog toga su potrebna tri ciklusa da zadana točka opiše puni krug od 360º. Svi recipročni motori imaju opciju podržavanja i konvenvencionalne rotacijske kretnje, ali svi konvencionalni motori ne mogu podržavati recipročnu kretnju ukoliko nisu tako programirani. Naravno da zbog smanjenja troškova svi moderni motori koji su nedavno proizvedeni nastoje podržavati obje, pa čak i SAF tehniku.

3.3.1.1. Odabir i upotreba WaveOne instrumenta u kliničkom radu

Kod WaveOne tehnike, primarni instrumen je crveni, prema ISO standardu promjera 0,25 mm na D1. Uz upotrebu primarnog instrumenta, prema proizvođaču, može se riješiti oko 80% kliničkih slučajeva dok se žutim i crnim instrumentom može riješiti preostalih 20%. Prvi korak, nakon očitanja rendgenske snimke zuba koji treba endodontski liječiti umetanje je ručnog čeličnog instrumenta #10 (prema ISO standardu - ljubičasta boja držača) u korijenski kanal. Ako instrument dosegne radnu duljinu (WL) bez većih poteškoća, valja izabrati primarni, crveni WaveOne instrument. Ako #10 instrument ne može dosegnuti radnu duljinu za određivanje radne dužine moramo upotrijebiti #0,08 (sivi) ili čak #0,06 (roza) ručni instrument, izbor pada na mali žuti WaveOne instrument. Nakon završetka obrade, ukoliko želimo, kanal možemo obraditi i većim WaveOne instrumentom. U slučaju da apeksni otvor dosežemo ručnim instrumentom #20 ili većim bez napora, izbor pada na veliki crni WaveOne instrument koji je ujedno i najveći instrument ove tehnike.

WaveOne instrument upotrebljava se bez pritiska i u vlažnom kanalu uz stalno ispiranje i provjeru prohodnosti kanala (engl. *patency file*). Na slici 9. prikazan je klinički slučaj molara instrumentiranog i punjenog Wave One sistemom.



Slika 9. Klinički slučaj molara obrađenog WaveOne sistemom (instrumentacija i termoplastično punjenje). Preuzeto: prof.dr.sc. Ivica Anić

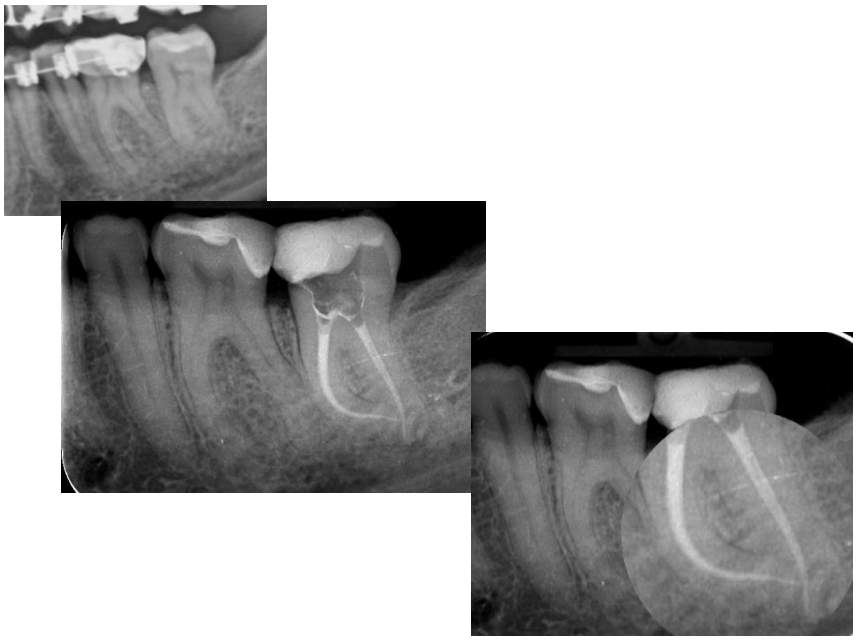
3.3.2. Reciproc tehnika (VDW)

Sestrinska tehnika Reciproc (VDW) razvijena je i prezentirana početkom 2011. godine (WaveOne je prikazan javnosti krajem 2011. godine). Sastoji se od tri instrumenta: R25 (crveni, 25/0,08), R40 (crni 40/0,06), R50 (žuti, 50/0,05) i pripadajućeg motora (VDW Silver ili Gold Reciproc, VDW Gmbh, Munich, Germany). Kao i WaveOne koncept sadrži pripadajuće papirnate šiljke i gutaperka štapiće za „*Single cone*“ tehniku ili termoplastičnu tehniku punjenja korijenskog kanala (36, 37). Instrumenti su u presjeku S - oblika, a dizajnirani su tako da očuvaju primarni izgled kanala i omoguće završetak instrumentacije kanala upotrebom jednog instrumenta (38). Čini se da je Reciproc sistem uspješan u uklanjanju

bakterija i endotoksina jednako kao i konvencionalne rotirajuće tehnike koje koriste više instrumenata (39).

Iako se to načelno ne preporučuje, Reciproc tehnikom moguće je napraviti i reviziju starog punjenja (40). Pri tome je vrlo važno u potpunosti ukloniti sav materijal iz kanala i omogućiti dobru dezinfekciju i ponovno punjenje (41). Iako je moguće napraviti reviziju Reciproc tehnikom koja je prema Rödig i sur. (42) jednako uspješna kao i tehnika Hedströem instrumenta i rotacijske Protaper Universal, zbog ubrzanja su moguće proceduralne greške. Autori u svojem radu opisuju tri perforacije D1, ProTaper Universal i po jedan lom instrumenta kod Protaper Universala i Reciproc tehnike (42). S druge strane, Capar i sur. (43) objavili su da ProTaper Universal instrumenti za reviziju postižu bolje rezultate u klasičnoj rotaciji u usporedbi s tzv. recipročnim adaptiranim pokretom (600º *CW*, 0º *CCW* do 370º *CW*/50º*CCW*). Iz toga možemo zaključiti da uspješnost instrumenta više ovisi o konstrukciji nego o *CW* ili *CCW* pokretu.

I Reciproc instrumenti su instrumenti za jednokratnu uporabu iako zbog svojih konstrukcijskih osobina, kvalitete materijala i predtretmana mogu izdržati instrumentaciju više jako zavijenih kanala (slika 10). U svojemu radu Caballero, Rivera i Salas (44) uspoređivali su otpornost Twisted file instrumenta (25/0,08) i R25 (primarni instrument 25/0,08) Recpiroc tehnike. Zaključili su da je moguće Reciproc instrument koristiti i devet puta prije nego se pojave površinski defekti (šest puta Twisted file).



Slika 10. Klinički slučaj donjeg drugog molara obrađenog Reciproc VDW tehnikom (instrumentacija i punjenje „*Single cone*“ tehnikom). Preuzeto: prof.dr.sc. Ivica Anić

3.3.3. WaveOne Gold

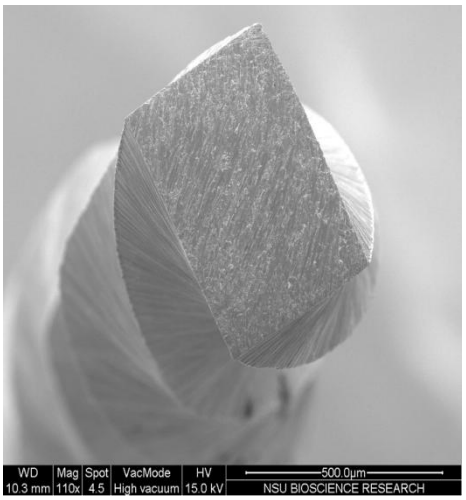
Početkom 2015. godine na tržište je lansirana nova recipročna tehnika jednog instrumenta i u razvoju su sudjelovala samo četvorica od prethodno osmero autora: Sergio Kuttler (SAD), Wilhem Pertot (Francuska), Clifford J Ruddle (SAD) i Julian Webber (UK). Kao i prethodna WaveOne tehnika, WaveOne Gold instrumenti koriste se tzv. *Crown down* tehnikom. Za razliku od tri instrumenta kod WaveOne tehnike, WaveOne Gold se sastoji od četiri instrumenta: mali žuti (20/0,07), primarni crveni (25/0,07), srednji zeleni (35/0,06) i veliki bijeli (45/0,05) (slika 11). Velika je razlika u mehaničkim osobinama legure u tome što NiTi legura WaveOne Gold

instrumenata zbog specijalne obrade - legura se prvo glođe u formu instrumenta, a tek potom zagrijava - ne posjeduje „memoriju oblika“. Nakon što se savije, ne vraća se u prvobitni oblik već zadržava novonastali izgled. Na taj način instrument uspješnije savladava zavojite kanale, ali zahtijeva i drugačiju tehniku rada. Jednom savijeni instrument mora se prvo umetnuti u korijenski kanal pa tek onda pokrenuti. U protivnom je zbog ekscentrične rotacije nemoguće ponovo uvesti instrument u kanal.

U poprečnom presjeku instrument je pravokutnog oblika (slika 12), a tijekom *CW* i *CCW* pokreta, dentin naizmjence režu jedan ili dva rezna brida. Zbog toga je, prema navodima proizvođača, znatno smanjena mogućnost urezivanja instrumenta u dentin poput vijka i premda ima sličnosti u izgledu s poprečnim presjecima ProTaper Next instrumenata, tijekom instrumentacije ne izvodi pokrete uvijanja i izvijanja (engl: *swaggering effect*).

Budući da se tehnika tek nedavno pojavila (u veljači 2015. godine), još nema dovoljno velikog kliničkog odjeka ni o njoj objavljenih znanstvenih radova.

Slika 11 . WaveOne Gold instrumenti (mali žuti (20/0,07); primarni crveni (25/0,07); srednji zeleni (35/0,06) i veliki bijeli (45/0,05)



Slika 12 . Pravokutni, poprečni presjek WaveOne Gold instrumenta
Preuzeto: (45)

4. RASPRAVA

U posljednja su dva desetljeća, razvijene i u kliničku upotrebu uvedene brojne strojne rotacijske tehnike s instrumentima različitih poprečnih presjeka, različite konstrukcije i načina upotrebe, od sekvencijskih tehnika pa do upotrebe samo jednog instrumenta. Ne tako davne 2008. godine, u kliničku upotrebu uvedena je i tzv. recipročna tehnika (33). Razvoj te tehnike započeo je F2 ProTaper instrumentom koji nije bio primarno dizajniran za nju, a doveo ju je do danas visokotehnološki razvijenih instrumenata (WaveOne Gold). Činjenica je, istovremeni i klinički problem za praktičare, vrlo brz razvoj i pojava novih instrumenata i protokola rada. Gotovo svake godine pojavljuje se nova tehnika: SAF tehnika 2010. godine, WaveOne i Reciproc 2011. godine, ProTaper Next 2013. godine i na kraju WaveOne Gold 2015. godine. Zbog toga su, klinički podaci o uspješnosti koji se sakupljaju na terenu, što vrijedi i za znanstvene pokazatelje relativno šturi i nepotpuni jer se nove tehnike prekratko koriste. Iako su prva klinička iskustva s recipročnim tehnikama jednog NiTi instrumenta obećavajuća, potrebna su brojna klinička i znanstvena istraživanja za potvrdu uspješnosti (46). S druge strane, uspješnost tehnike ili instrumenta možemo procjenjivati s različitih aspekata. Jedan je od njih otpornost instrumenta na lom u korijenskom kanalu. On može ovisiti o materijalu, no u većoj mjeri ovisi o načinu kretnje bilo da je riječ o smjeru *CW* ili *CCW*. Na primjer, otpornost na lom raste sa smanjenjem recipročne amplitude kod stacionirane recipročne kretnje, a progresivna recipročna kretnja s ± 45º recipročne amplitude i +7º progresivnog kutnog povećanja svakih 10 okreta (47). To znači da se sa smanjenjem amplitude instrumenta u kanalu smanjuje i mogućnost loma. Valja pak

napomenuti da smanjenje amplitude usporava rad instrumenta. S druge strane, dokazana je učinkovitost instrumenta i dobra centriranost čime se ne mijenja bitno originalna zakrivljenost kanala (48, 49) i znatno skraćivanje vremena rada, čak do 60% (50). Sve navedeno pridonosi popularizaciji recipročne tehnike. Treba naglasiti i da pridržavanje uputa proizvođača o načinu upotrebe recipročnih instrumenata tijekom instrumentacije predstavlja važan korak u smanjenju mogućnosti loma instrumenta (51). Jedan je od pokazatelja uspješnosti bilo koje, pa tako i recipročne tehnike i količina proguranog materijala kroz apeksni otvor tijekom instrumentacije. Načelno, proguravanje materijala iz korijenskog kanala preko apeksnog otvora može izazvati postoperativne komplikacije i bol (52). Prema Bürkleinu, Bentonu S i Schäferu (53) pronađena je značajna razlika u količini proguranog materijala kroz apeksni otvor. Konvencionalna rotacijska tehnika, bez obzira na to koristi li se jedan ili više instrumenata, progurava značajno manju količinu materijala u usporedbi s recipročnom tehnikom jednog instrumenta. Suprotno tome, Tinoco i sur. (54) objavili su da, iako sve tehnike tijekom rada u kanalu proguravaju materijal kroz apeksni otvor, Reciproc i WaveOne recipročne tehnike proguravaju manje bakterija u usporedbi s konvencionalno rotirajućim G3 i Bio-Race tehnikama u kojima se koristi više instrumenata. Očito još ne postoji konsenzus oko problema proguravanja materijala. Uzme li se u obzir ukupno smanjenje bakterija unutar korijenskog kanala nakon instrumentacije različitim tehnikama, ni rezultati objavljeni o tome nisu jednoznačni. Machado i sur. (55) otkrili su da sistemi koji su koristili u svom radu podjednako WaveOne, Reciproc, Protaper i Mtwo bez razlika između tehnika, smanjuju broj bakterija u korijenskom kanalu. Očito, osim same instrumentacije,

značajnu ulogu u smanjenju broja bakterija ili pak količine proguranog materijala kroz apeks ima tehnika ispiranja - bilo aktivna, bilo pasivna.

Danas se na internetu može naći i pročitati mišljenja velikog broja kliničara bilo da su to specijalisti endodoncije, bilo da je riječ o općim praktičarima (56). Činjenica je da je upotreba samo jednog instrumenta za obradu korijenskog kanala na određeni način paradigma jer je suprotna svemu čemu nas uče u endodonciji. Zbog toga brojni kliničari izražavaju sumnju u učinkovitost i izvedivost obrade kanala recipročnim tehnikama. Najčešće zamjerke su na račun nekompatibilnost prirodnog izgleda kanala i okruglog presjeka instrumenta, što pak vrijedi i za sve današnje tehnike osim, čini se, SAF tehnike (57). Brzina instrumentacije ne mora obavezno biti prednost jer skraćuje vrijeme djelovanja dezinficijensa u kanalu. S druge strane, to se kompenzira učinkovitošću uklanjanja inficiranog sadržaja i mikroorganizama iz kanala ili upotrebom aktivacijske irigacijske tehnike (npr. Endoactivatora u roku od dvije minute). Također, recipročnim tehnikama mogu se obrađivati i morfološki vrlo složeni oblici korijenskog kanala (37) koje je teško napraviti i konvencionalnim ručnim ili sekvencijsko-strojnim rotacijskim tehnikama.

5. ZAKLJUČAK

Recipročne tehnike korak su prema naprijed u nastojanju da razvijemo tehniku instrumentacije korijenskog kanala koja će se približiti zahtjevima moderne endodoncije. Recipročne tehnike omogućuju sljedeće: jednostavnu instrumentaciju malim brojem instrumenata, brzu obradu, zadržavanje prirodnog tijeka instrumentiranog prostora, ali i koničnog oblika, smanjenje broja bakterija i trodimenzionalno punjenje korijenskog kanala. Kao i sve tehnike imaju određene nedostatke (npr. tehnika samo uvjetno uključuje samo jedan instrument) koji se mogu kompenzirati ako se detaljno prouče i uzmu u obzir morfološke karakteristike liječenog zuba te prilagođavanjem tehnike. Osim toga, u kombinaciji s rotacijskim tehnikama i/ili aktivacijskim tehnikama ispiranja, recipročne tehnike imaju svoje mjesto u endodontskoj terapiji.

6. SAŽETAK

Iako biomehanička obrada korijenskih kanala često predstavlja izazov za kliničara endodontska terapija dostigla je visok stupanj uspješnosti zahvaljujući razvoju instrumentacijskih tehnika (npr. recipročne tehnike), tehnologije i materijala (*M-wire* NiTi). U većini slučajeva recipročna tehnika instrumentacije zahtjeva upotrebu samo jednog ručnog instrumenta i jednog recipročnog instrumenta za potpuno oblikovanje kanala. Tehnika je brža i zato što ne zahtijeva primarno širenje kanala. Zahvaljujući sposobnosti centriranja, dizajnu i sposobnosti rezanja recipročnih instrumenata – instrumenti slijede postojeći prirodni tijek korijenskog kanala. Endodontska terapija recipročnim tehnikama zahtijeva manje vremena u usporedbi s konvencionalnim tehnikama, a instrumenti slijede i čuvaju originalnu zavijenost kanala što u završnici daje bolju prognozu liječenja.

Recipročni pokret smanjuje zamor NiTi instrumenata, te se očekuje vrlo mala incidencija loma i deformacije instrumenta u usporedbi sa konvencionalnom rotacijom. Ako se recipročni instrument savije u kanalu, neće se slomiti jer ni u kojem slučaju neće rotirati iznad točke loma.

Tehnika korištenja jednog instrumenta je jednako uspješna u uklanjanju mikroorganizama i njihovih endotoksina kao i rotacijska tehnika s više instrumenata ili ručne tehnike, ali neće u potpunosti ukloniti mikroorganizame iz kanala. Zato mehanička obrada kanala mora biti popraćena intenzivnim i aktiviranim ispiranjem. Također, čini se da recipročne tehnike instrumentacije jednim instrumentom proguravaju manje bakterija kroz apeksni otvor u usporedbi s rotacijskim sustavom s više instrumenata.

Recipročni instrument s okretajima u smjeru kazaljke na satu i smjeru suprotnom od kazaljke na satu nudi dvije velike prednosti s pacijentove točke gledišta: eliminacija moguće križne kontaminacije prionima zbog upotrebe jednokratnog instrumenta i kao drugo, smanjuje se zamor materijala i čini instrument sigurnijim za upotrebu od ostalih ručnih i rotacijskih instrumenata.

7. SUMMARY: RECIPROCATING TECHNIQUES OF ROOT CANAL INSTRUMENTATION

Despite the fact that biomechanical preparation of root canals can be challenging for practitioners, endodontic treatment has reached high success rates thanks to the development of instrumentation techniques (e.g. Reciprocating), technology, and materials (M-wire NiTi). In most cases, the reciprocating techniques require only one hand file followed by a single reciprocating file to completely shape the canal. This is a quicker method for instrumentation because it is not necessary to create the glide path. Due to the centring ability of reciprocating technique and the design of reciprocating instruments and their cutting ability, the instrument will follow the existing natural path of the root canal. By using the one of reciprocating motion techniques, the endodontic treatment can be performed in a shorter period of time then by using conventional methods and the instruments and will respect the original canal curvature. The better maintenance of original shape may lead to a better prognosis.

The reciprocating movement promote the extended cyclic fatigue life of the NiTi instrument and we can expect a very low incidence of instrument fractures and deformations in comparison with conventional rotation. When the reciprocating instruments bind in the canal, they do not fracture because they never rotate past their specific angle of fracture.

The single file method is as effective as the multiple rotary or manual techniques systems removing microorganisms and their endotoxins from the root canal spaces but will not leave bacteria-free root canals. Because of this, mechanical

preparation of the root canal must be assisted by intense and activated irrigation. On the other hand, it seems that reciprocating, single file techniques extrude fewer bacteria apically during instrumentation than the conventional multifile rotary system.

The reciprocating instrument used in a clockwise and counter clockwise movement can offer several major advantages from the patient's point of view: the single use of instruments, the elimination of possible prion cross-contamination and reduced instrument fatigue which makes the instruments safer than using hand and rotary reamers and files.

8. LITERATURA

1. Kokkas A, Goulasa, Stavrianos C, Anogianakis G. The Role of cytokines in pulp inflammation. J Biol Regul Homeost Agents. 2011; 25: 303-11.
2. Sjöegren U. Figdor D. Spamberg L. Sundqwist. The antimicrobial effect of calcium hydroxide as a short term intracanal dressing. Int Endod J. 1991;24:119-25.
3. Ruddle C. Cleaning and shaping the root canal system. In:Cohen S. Burns R, editors. Pathways of the pulp 8th ed. St. Louis: Mosby 2002:231-92.
4. Fauchard P. Tractat von den Zahnen. Heidelberg: Reprint Huthig-Verlag; 1984
5. Bellizzi R. Cruse WP. A historic review of endodontics, 1689-1693. Part III. J Endod. 1980; 6: 568-80.
6. Hülsmann M. Zur Geschichte der Wurzkannallaufbereitung. Endodontie. 1996;5:97-112.
7. Hülsmann M. Entwicklung einer Methodik zur standardisierten Uberprufung verschidener Auf bereitungsprameter und vergleichenede In-vitro-Untersuchung unterschielicher Systeme zur machinellen Wurzelkanalaufbereitung. Berlin: Quintessence; 2000.
8. Hülsmann M, Peters O.A., Dummer P.M.H. Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. Endod Topic. 2005;1:30-76.

9. Prati C, Selighini M, Ferrieri P, Mongiorgi R. Scanning electron microscopic evaluation of different endodontic procedures on dentin morphology of human teeth. J Endod. 1994;20:174-9.
10. Mandel E. Machtou P. Friedman S. Scanning electron microscope observation of canal cleanless. J Endod. 1990;16:279-83.
11. Tronstad L, Niemczyk SP. Efficacy and safety tests of six automated devices for root canal instrumentation. Endod Dent Traumatol. 1986;2:270-76.
12. Milas VB. History. In: Cohen R. Burns R, editors. Pathways of the pulp. 4th ed. St. Louis: C.V.Mosby; 1987:619-34.
13. https://www.dentalaegis.com/id/2010/02/tilos-aet-system
14. Fischer D. Root canal preparation with Endo-Eze AET: changes in root canal shape assessed by micro-computed tomography. Int Endod J. 2005; 38: 456-64.
15. Riitano F. Anatomic Endodontic Technology (AET) a crown-down root canal preparation technique: basic concepts, operative procedure and instruments. Int Endod J. 2005; 38: 575-8.
16. Paque´ F, Barbakow F, Peters OA. Root canal preparation with Endo-Eze AET: changes in root canal shape assessed by micro-computed tomography. Int Endod J. 2005; 38: 456–64.
17. Roane JB, Sabala CL, Duncanson MG Jr. The balanced force concept for instrumentation for curved canals. J Endod. 1985;11:203-11.
18. Reddy S, Hicks L, Apical extrusion of debris using two hand and two rotary instrumentation techniques. J Endod. 1998;24:180-3.

19. Benenati FW; Roane JB, Biggs JT, Simon JH. Recall evaluation of iatrogenic perforations repaired with amalgam and gutta-percha. J Endod. 1986;12:161-6.
20. Sabala CL,Roane JB, Southard LZ. Instrumentation of curved canals using a modified tipped instrument: a comparison study. J Endod. 1988;14:59-64.
21. Thompson S. An overview of nickel-titanium alloys used in dentistry. Int Endod J. 2000;33:297-310.
22. Bergmans L, Van Cleynenbreugel J, Wevers M, Lambrechts P. Machanical root canal preparation with NiTi rotary instruments: rationale, performance and safety. Status report for American Journal of Dentistry. Am J Dent. 2001; 14:324-33.
23. Walia HM, Brantley WA, Gerstein H. An initial investigation of the bending and torsional properties of Nitionol root canal files. J Endod. 1988;14:346-51.
24. Kazemi RB, Stenman E, Sanberg LS. Machining efficiency and wear resistance of nickel-titanium endodontic files. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 1996;8:596-602.
25. Ferraz CC, Gomes NV, Gomes BP, Zaia AA, Teixeira FB, Souza-Filho FJ. Apical extrusion of debris and irrigants using two hand and three engine-driven instrumentation techniques. Int Endod J. 2001;34:354-8.
26. Pettiette MT, Delano EO, Trope M. Evaluation of success rate of endodontic treatment performed by students with stainless-steel K-files and nickel-titanium hand files. J Endod. 2001;27:124-7.

27. Pereira ESJ, Peixoto IFC, Viana ACD, Oliveira II, Gonzalez BM, Buono CTL, Bahia MGA. Physical and mechanical properties of a thermomechanically treated NiTi wire used in the manufacture of rotary endodontic instruments. Int Endod J. 2012;45:469-74.
28. Gao Y, Shotton V, Wilkinson K, Phillips G, Johnson WB. Effect of raw material and rotationl speed on the cyclic fatigue of ProFile Vortex instruments. J Endod. 2010;36:1205-9.
29. Spongiform Encephalopathy Advisor Committee 2006, Annual report, p.6
30. Schneider K, Korkmaz Y, Addicks K, Lang H, Raab WH-M. Prion protein (PrP) in human teeth: an unprecedented pointer to PrP's function. J Endod. 2007;33:110-3.
31. Sonntag D, Peters OA. Effect of prion decontamination protocols on nickel-titanium rotary surfaces. J Endod. 2007;33: 442-6.
32. Yared G. Canal preparation using only one NiTi rotary instrument: preliminary observation. Int Endod J. 2007;1-6 .
33. Yared G. Canal preparation using only one NiTi rotary instrument: preliminary observations. Int Endod J 2008;41:339-44
34. West JD. Endodontic predictability – „Restore or remove: how do I choose?“ In: Cohen M: Interdisciplinary Treatment Planning: Principles, Designed, Implementation. Quintessence Publishing Co.; 2008:123-64.
35. Weber J, Machtou P, Pertot W, Kuttler S, Ruddle C. West J. The WaveOne single-file reciprocating system. Roots. 2011;1:28-33.
36. Prichard J. Rotation or reciprocation: a contemporary look at NiTi instruments? Br Dent J. 2012;212:345-6.

37. Meireles DA, Bastos MMB, Marques AAF, Garcia LFR, Sponchiado EC Jr. Endodontic treatment of mandibular molar with root dilacerations using reciproc single-file system. Restor Dent Endod. 2013;38(3):167-71.
38. Bürklein S, Benten S, Schäfer E. Shaping ability of different single-file systems in severely curved root canals of extracted teeth. Int End J. 2013;46:590-7.
39. Marinho ACS, Martinho FC, Gonç alves LM, Rabang HRC, Gomes BPFA. Does the Reciproc file remove root canal bacteria and endotoxins as effectively as multifile rotary system? Int End J. 2015;48:542-8..
40. Zuolo AS, Mello JE Jr, Cunha RS, Zuolo ML, Bueno CE. Efficacy of reciprocating and rotary techniques for removing filling material during root canal retreatment, Int Endod J. 2013;46:947-53.
41. Hülsmann M, Drebenstedt S, Holscher C. Shaping and filling root canals during root canal re-treatment. Endod Topics. 2011;19:74-124.
42. Rödig T, Reicherts P, Konietschke F, Dullin C, Hahn W, Hülsmann M. Efficacy of reciprocating and rotary NiTi instruments for retreatment of curved root canals assessed by micro-CT. Int Endod J. 2014;47:942-8.
43. Capar D, Arslan H, Ertas H, Gök T, Saygili G. Effectivenes of ProtaperUniversal retreatment instruments used with rotary or reciprocating adaptive motion in removal of root canal filling material. Int Endod J. 2015;48:79-83.
44. Caballero H, Rivera S, Salas H. Scanning electron microscopy of superficial defect in Twisted files and reciproc nickel-titanium files after use in extracted molars. Int Endod J. 2015;48:229-35.

45. http://www.dentsply.co.uk/uploads/files/dentsply-waveone-gold-broschure.pdf
46. De-Deus G, Moriera EJL, Lopes HP, Elias CN. Extended cyclic fatigue life of F2 ProTaper instruments used in reciprocating movements. Int Endod J. 2010;43:1063-8.
47. Shin CS, Huang YH, Chi CW, Lin CP. Fatigue life enhancement of NiTi rotary endodontic instruments by progressive reciprocating operation. Int Endod J. 2014;47:882-8.
48. You SY, Kim HC, Bae KS, Baek SH, Kum KY, Lee W. Shaping ability of reciprocating motion in curved root canals: a comparative study with micro-computed tomography. J Endod. 2011;37:1296-300.
49. Fabiani FV, Taschieri C, Malentacca A, Bortolin M, Del Fabbro M. Investigation on the shaping ability of nickel-titanium files when used with reciprocating motion. J Endod. 2011; 37:1398-401.
50. Bürklein S, Hinschitza K, Dammaschke T, Schäfer E. Shaping ability and cleaning effectiveness of two single-file systems in severely curved root canals of extracted teeth: Reciproc and WaveOne versus Mtwo and ProTaper. Int Endod J. 2012;45:449-61.
51. Plotino G, Grande NM, Porciani PF. Deformation and fracture incidence of Reciroc instruments: a clinical evaluation. Int Endod J. 2015;48:199-205.
52. Siqueira JF, Rocas IN, Favieri A, Machado AG, Gahyva SM, Oliveira JCM. Incidence of postoperative pain after intracanal procedures based on an antimicrobial strategy. J Endod. 2002;28:457-60.

53. Bürklein S, Benten S, Schäfer E. Quantitative evaluation of apically extruded debris with different single-file system: Reciproc, F360 and One shape versus Mtwo. Int Endod J. 2014;47:405-9.
54. Tinoco JM, De-Deus G, Tinoco EMB, Saavedra F, Fidel RAS, Sassone LM. Apical extrusion of bacteria when using reciprocating single-file and rotary multifile instrumentation systems. Int Endod J. 2014;47:560-6.
55. Machado MEL, Nabeshima CK, Leonardo MFP, Reis FAS, Britto MLB, Cai S. Influence of reciprocating single-file and rotary instrumentation on bacterial reduction on infected root canals. Int Endod J. 2013;46:1083-7.
56. http://www.dental-tribune.com/articles/business/usa/3812_quarrel_over_single_file_endo.html
57. Siqueira JF, Jr. Alves Fr, Almeida BM, deOliveira JC, Rôças IN. Ability of chemomechanical preparation with either rotary instruments or self-adjusting file to disinfect oval-shaped root canals. J Endod. 2010;36:1860-5.

9. ŽIVOTOPIS

Kristina Božić rođena je 07.07.1990. godine u Čakovcu. Osnovnu školu završila je 2005. godine u Šenkovcu, te je upisala opću gimnaziju u Čakovcu koju je završila 2009. godine. Iste godine upisala je Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Dobitnica je Državne stipendije Ministarstva zananosti, obrazovanja i sporta 2009. godine temeljem mjesta na razredbenom postupku. Dobitnica je Dekanove nagrade za najbolji uspjeh u akademskoj godini 2013/2014. Tijekom studija radi kao asistent u privatnoj stomatološkoj poliklinici u Zagrebu.