Usporedba rotacijske I recipročne tehnike obrade korijenskog kanala

Rapanić, Paola

Master's thesis / Diplomski rad

2018

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:127:082720

Rights / Prava: Attribution-NonCommercial 3.0 Unported/Imenovanje-Nekomercijalno 3.0

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

University of Zagreb School of Dental Medicine Repository

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

STOMATOLOŠKI FAKULTET

Paola Rapanić

USPOREDBA ROTACIJSKE I RECIPROČNE TEHNIKE OBRADE KORIJENSKOG KANALA

Diplomski rad

Zagreb, 2018.

Rad je ostvaren na Stomatološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, na Zavodu za endodonciju i restaurativnu stomatologiju.

Mentor: izv. prof. dr. sc. Vlatko Pandurić

Lektor za hrvatski jezik: Radojka Hrgović, prof. hrv. jezika

Lektor za engleski jezika: Jelena Buljan, mag. edu. eng. i hrv. jezika i književnosti

Sastav Povjerenstva za obranu diplomskog rada:

1. _____
2. _____
3. _____

Datum obrane rada:_____

Rad sadržava: 46 stranica

4 tablica

4 slike

1 CD

Osim ako nije drukčije navedeno, sve ilustracije (tablice, slike i dr.) u radu su izvorni doprinos autora diplomskog rada. Autor je odgovoran za pribavljanje dopuštenja za korištenje ilustracija koje nisu njegov izvorni doprinos, kao i za sve eventualne posljedice koje mogu nastati zbog nedopuštenog preuzimanja ilustracija odnosno propusta u navođenju njihovog podrijetla

ZAHVALA

Zahvaljujem svom mentoru prof. dr.sc.Vlatku Panduriću na stručnosti i pomoći prilikom izrade ovog rada.

Posebno zahvaljujem svojoj divnoj obitelji na velikoj podršci, kako u lijepim tako i u onim manje sretnim trenutcima, tijekom svih ovih godina.

Veliko hvala svim mojim prijateljima i kolegama koji su mi svojom iznimnom kolegijalnošću, susretljivošću i vedrinom omogućili da ovaj period studiranja bude nezaboravan.

Usporedba rotacijske i recipročne tehnike obrade korijenskog kanala

Sažetak

Glavni je cilj endodontske terapije što duže sačuvati zub u usnoj šupljini, prevenirajući razvoj upalnih promjena pulpe sa posljedičnim periapikalnim lezijama te potičući uvjete za cijeljenje već postojećih lezija. To podrazumijeva uklanjanje inficiranog sadržaja te pravilnu obradu korijenskog kanala, njegovu dezinfekciju i konačno punjenje do internog foramena (*lat. foramen physiologicum*). Instrumente za obradu korijenskih kanala najjednostavnije možemo podijeliti na ručne i strojne. Nasuprot ručnim instrumentima izrađenim od nehrđajućeg čelika, uvođenje nikal titanske (NiTi) legure u stomatologiju dovodi do znatno lakše, sigurnije te preciznije instrumentacije i obrade korijenskih kanala. NiTi legure zbog svojih mehaničkih svojstava superelastičnosti i mogućnosti memorije postaju nezamjenjiv materijal za izradu strojnih instrumenata. Do danas su razvijeni brojni sistemi za strojnu instrumentaciju, počevši od rotacijskih do novijih tehnika koje koriste recipročne kretnje za obradu korijenskih kanala. Svaka od njih ima svoje prednosti i mane, no nijedna nije u potpunosti svladala sve poteškoće s kojima se susrećemo pri obradi korijenskih kanala.

Ključne riječi: endodontska terapija, instrumentacija, strojna endodoncija, rotacija, recipročna kretnja

Comparison of rotary and reciprocating movements in the root canal treatment

Summary

The main goal of endodontic therapy is to preserve the tooth in the oral cavity for as long as possible, thus preventing the development of pulp inflamation and periapical lesions and stimulating the conditions for healing of already existing lesions. This involves removing the infected pulp,efficient root canal treatment, its disinfection and finally, filling up to the apical foramen (lat. foramen physiologicum). Instruments for root canal treatment can simply be divided into hand and motorized ones. The introduction of nickel-titanium alloy (Nitinol/NiTi) into dentistry leads to much easier, safer and more precise instrumentation and root canal treatment, as opposed to hand stainless-steel instruments. Owing to their mechanical properties of superelasticity and memory capabilities, NiTi alloysare becoming irreplaceable material for the production of motorized instruments. To date, a number of systems for mechanical instrumentation have been developed, ranging from rotary to newer techniques that utilize reciprocating movements for root canal treatment.Each has its own advantages and disadvantages, but none has completely overcome all the difficulties encountered in the treatment of root canal.

Keywords: endodontic therapy, instrumentation, motorized endodontics, rotary, reciprocating movement

SADRŽAJ

1. UVOD 1

2. ENDODONTSKA TERAPIJA STROJNIM TEHNIKAMA 4

2.1. POVIJESNI RAZVOJ ENDODONTSKE TERAPIJE 5

2.2. ENDODONTSKA TERAPIJA 7

2.3. INSTRUMENTI U ENDODONCIJI 7

2.3.1. Ručni instrumenti 9

2.3.2. Strojna endodoncija 11

2.4. USPOREDBA RECIPROČNE I ROTACIJSKE KRETNJE 25

2.4.1. Ciklički zamor 25

2.4.2. Učinkovitost uklanjanja bakterija i toksina iz korijenskog kanala 27

2.4.3. Količina proguranog sadržaja preko apeksa 28

2.4.4. Važnost glide path 30

2.4.5. Efikasnost rezanja dentina 31

2.5. SELF ADJUSTING FILE SYSTEM (SAF) 32

3. RASPRAVA 34

4. ZAKLJUČAK 38

5. LITERATURA 40

6.ŽIVOTOPIS 45

Popis skraćenica

NiTi – nikal titan

SE NiTi – superelastična nikal titanski instrumenti

CM NiTi – controled memory nikal titanski instrumenti

TF NiTi – twisted file nikal titanski instrumenti

BF tehnika – balanced force

SB tehnika – step back

EDTA – etilen diaminotetraoctena kiselina

PTU – ProTaper Universal

PTN – ProTaper Next

PTG – ProTaper Gold

CW – clockwise (u smjeru kazaljke na satu)

CCW – counterclockwise (obrnuto od smjera kazaljke na satu)

VB – Vortex Blue

SAF – self adjusting file

1. UVOD

Endodontsko liječenje jedno je od najzahtjevnijih zahvata u dentalnoj medicini. Traži izuzetno znanje o biologiji i patologiji zubnih tkiva, metodama i načelima endodontskog tretmana, poznavanje materijala i instrumentarija koje se koristi u liječenju te jednako tako zahtijeva strpljenje, jer nijedan zub nije isti, svaki je poseban.

Različiti čimbenici mogu uzrokovati upalu pulpe i periradikularnog tkiva. Dijelimo ih na bakterijske te na mehaničke, termičke i kemijske uzročnike. Mikroorganizmi, koji se nalaze u zubnom karijesu, proizvode različite toksine koji svojim djelovanjem preko dentinskih tubulusa potiču pulpu na pojačan odgovor, dovodeći do nastanka upalne reakcije. Perzistiranjem različitih bakterija (*Streptococcus mutans, Actinomyces, Lactobacillus*) i njihovih produkata dolazi do lokalne infiltracije upalnim stanicama, prvenstveno putem makrofaga, monocita, eozinofila te T limfocita. Također, duboka preparacija, preparacija kaviteta bez odgovarajućeg hlađenja, okluzijska i mehanička trauma, upotreba prekomjernih ortodontskih sila, duboka instrumentacija kiretama pri struganju i poliranju korjenova te primjena različitih sredstava za sterilizaciju, desenzibilizaciju i čišćenje zubnih tkiva može značajno djelovati na zubnu pulpu rezultirajući upalom i odumiranjem stanica.

Daljnjim napredovanje upale dolazi do vaskularnih promjena, vazodilatacije, povećane propusnosti kapilara te do edema i povećanog pulpnog tlaka. Zubna pulpa je okružena tvrdim zubnim tkivom pa svaki porast tlaka dovodi do pasivne kompresije te smanjenja kolateralne cirkulacije što može dovesti do nekroze te razvoja periapikalnog procesa.

Terapija pulpitisa i periapikalnih procesa isključivo je mehanička, podrazumijeva uklanjanje nekrotičnog i promijenjenog vitalnog tkiva, sa svrhom zadržavanja zuba u usnoj šupljini. Medikamentna terapija potpuno je bezuspješna, a zbog nedostatka cirkulacije i limfne drenaže, organizam nema mogućnosti ukloniti nekrotični ili gangrenozni sadržaj iz pulpnog prostora.

Važnost dobre obrade korijenskog kanala odavno je bila prepoznata kao bitan korak prema uspješnosti endodontskog tretmana. S vremenom je istaknuto kako su osim kvalitetne mehaničke upotrebe instrumenata bitne biomehanička i kemomehanička instrumentacija. Biomehanička instrumentacija podrazumijeva uklanjanje ostataka pulpnog tkiva, dok

kemomehanička naglašava važnost apsolutnog ispiranja korijenskih kanala tijekom instrumentacije radi redukcije mikroorganizama i otapanja zaostatnog sloja. Cilj kemomehaničke terapije je što je moguće bolje očistiti, dezinficirati i u potpunosti zabrtviti prostore obrađene instrumentima te tako spriječiti prodor bakterija iz usne šupljine (engl*: coronal leakage*) u endodontski prostor. Jednako tako i spriječiti ponovnu rekolonizaciju, unaprijed očišćenog korijenskog kanala, bakterijama iz periradikularnog prostora (engl: *percolation*). Razvoj strojnih tehnika upotrebom nikal-titanskih (NiTi) instrumenata riješio je neke poteškoće s kojima se susrećemo pri obradi korijenskih kanala, no i dalje nije potpuno zamijenjena ručna tehnika instrumentacije. Svakodnevno se radi na usavršavanju materijala i tehnika koje bi dovele do što boljih rezultata prilikom endodontske terapije te samim time olakšali sam postupak instrumentacije.

Svrha ovog rada je prikazati strojne tehnike instrumentacije, rotacijske i recipročne kretnje, uspoređujući njihove prednosti i nedostatke.

2.ENDODONTSKA TERAPIJA STROJNIM TEHNIKAMA

2.1. POVIJESNI RAZVOJ ENDODONTSKE TERAPIJE

Stari su narodi poput Grka, Rimljana i Kineza još 1500 godina pr. Kr. pokušavali na razne načine spoznati, umanjiti i riješiti se zubne boli. Postoje zapisi o stavljanju bakrene ili zlatne žice u korijenski kanala zuba. Povijest endodontske terapije započinje sredinom 17. stoljeća, u vrijeme kada Charles Allen piše prvu knjigu na engleskom jeziku posvećenu samo dentalnom području (1). Glavni cilj terapije, koji se zadržao i do danas, jest ublažiti bol, ukloniti bolesno tkivo i mikroorganizme iz korijenskog kanala te sačuvati zub što je moguće duže. Napredak na području endodoncije posebno se razvija zahvaljujući Pierreu Fauchardu, utemeljitelju moderne stomatologije, koji u svojoj knjizi *"Le chirurgien dentiste*" (1723. godine) precizno opisuje zubnu pulpu. Edwin Maynard (1838. godine) predstavlja prvi instrument za preparaciju korijenskog kanala s ciljem ekstirpacije zubne pulpe, u početku izrađen od opruge satnog mehanizma, a kasnije od klavirske žice. K-files instrumenti, koji se danas najčešće upotrebljavaju, nehrđajući su čelični instrumenti predstavljeni 1915. godine od strane Kerr tvrtke. William Bueller (1960. godine) predstavlja novu nikal-titansku (NiTi) leguru koja čini osnovu za razvoj novih instrumenata. NiTi legura poznata je i pod nazivom Ni-Ti-NOL po imenu laboratorija gdje je proizvedena (*Naval Ordnance Laboratory*). Pojava NiTi legura u endodonciji donijela je mogućnost stvaranja čvrstog instrumenta otpornog na koroziju s mogućnošću mehaničke memorije (2). 1989. godine VDW kompanija predstavila je *Flexicut*, instrument napravljen od nehrđajućeg čelika s dodatkom nikla i kroma, čime se nastojala povećati fleksibilnost te smanjiti mogućnost loma instrumenta.

Prva generacija strojnih instrumenata započinje kada 1992. godine John McSpadden dizajnira prvi rotirajući strojni instrument (3). Iako su donijeli velike promjene u pogledu na instrumentaciju korijenskih kanala, postojao je problem loma instrumenta. Dvije godine poslije Ben Johnson uvodi Profile sistem s konicitetom od 0.04 i 0.06. Značajna karakteristika je njihov oblik poprečnog presjeka s tri jednaka žlijeba u obliku slova U, nastao strojnom obradom, čime se smanjila mogućnost vezanja instrumenta za stijenke kanala. Ubrzo nakon toga razvijeni su i drugi rotirajući sistemi kao što su *LightSpeed* (Senia i Wildey), *Quantec* (McSpadden) i *Greater Taper* (4).

Zajedničko svojstvo svim sistemima prve generacije je pasivna radijalna površina instrumenta koja omogućava centriranost instrumenta u kanalu sprječavajući njegovo vezanje za stijenke kanala, ali povećava lateralnu rezistenciju na stijenkama kanala koja pri povećanom

okretnom momentu dovodi do loma instrumenta. Također, negativna značajka ovih sistema je i upotreba velikog broja različitih instrumenata kako bi se postigao željeni oblik preparacije.

Nova generacija NiTi rotacijskih instrumenata došla je na tržište krajem 90-ih godina. Od prethodne generacije razlikuju se po konicitetu koji se povećava i smanjuje duž radnog dijela instrumenta te odsutnosti pasivne radijalne površine (1,3). Tu pripadaju *ProTaper (Dentsply), K3 (Sybron Endo), M-Two* . Također, težili su smanjiti broj instrumenata za obradu kanala.

U sljedećoj generaciji instrumenti su podvrgnuti posebnoj vrsti toplinske obrade kako bi se povećala otpornost materijala na lom, zamor te osigurala efikasnija upotreba instrumenata (2,3). Tu spadaju *Hyflex CM (HyFlex, Coltene Whaledent), K3XF (SybronEndo, Orange, CA), Vortex Blue (Dentsply Tulsa), Typhoon i Twisted files (SybronEndo).*

Četvrta generacija obuhvaća instrumente koji koriste recipročnu kretnju pri obradi korijenskih kanala. Blanc, francuski stomatolog, još je 1950. godine predstavio recipročnu kretnju kao bilo koju ponavljajuću kretnju, koja uključuje pokrete naprijed-natrag i gore-dolje. *WaveOne i Reciproc (VDW)* predstavljeni su 2011. godine kao sistemi koji koriste samo jedan instrument za cjelokupnu instrumentaciju pri recipročnim kretnjama (2). *SAF (Self Adjusting File)* tehnike dizajniranje su kao šuplji cilindar, izrađene od NiTi rešetke abrazivne površine koja uz istovremeno korištenje instrumenta omogućava i irigaciju.

Peta generacija instrumenata iskorištava gibanje vala duž aktivnog dijela instrumenta što je moguće zbog pomaknutog centra rotacije koji prenosi mehaničku rotaciju u gibanje valova (1). Takav dizajn smanjuje povezanost između instrumenta i dentina prevenirajući lom. Sistemi koji koriste ovaj način rada su *One Shape i ProTaper Next.*

2.2.ENDODONTSKA TERAPIJA

Endodontski zahvat započinje cjelovitom, kako stomatološkom, tako i medicinskom, anamnezom nakon koje slijedi klinički pregled te postavljanju pravilne dijagnoze. Kliničkim testovima testira se reakcija pacijenta na određene stimulanse (5,6). Dobiveni podatci moraju se pažljivo protumačiti zajedno s ostalim poznatim informacijama da bi konačna dijagnoza bila što točnija, a time i terapija. Testove možemo podijeliti na testove koji daju uvid u potporno stanje tkiva (perkusija, palpacija), testove vitaliteta koji označavaju prisutnost fiziološkog krvnog optoka kroz pulpu *(Laser Doppler Flowmetry, Pulse Oximetry)* te testove senzibiliteta tj. osjetljivosti (test hladnoćom, toplinom, test preparacije kaviteta, test električnom strujom). Od izuzetne je pomoći i važnosti radiološka snimka. Rentgenogrami omogućavaju otkrivanje karijesnih lezija, neodgovarajućih ispuna, prethodna endodontska liječenja zuba, periapikalne procese, odnos korjenova s anatomskim strukturama, prisutnosti impaktiranih i retiniranih zuba (7).

John I. Ingle ustanovio je pet osnovnih principa endodontske terapije:

1. odgovarajući oblik, veličina pulpne komorice i smjer zakrivljenosti kanala
2. ekstenzija ili lagani, nesmetan pristup u korijenske kanale
3. uklanjanje preostalog karijesa i loših ispuna
4. toaleta kavitet.
5. intraradikularna preparacija.

2.3. INSTRUMENTI U ENDODONCIJI

Nakon izrade trepanacijskog otvora te detekcije ulaza u korijenske kanale slijedi njihova obrada i čišćenje, ujedno i jedna od važnijih faza endodontske terapije. Osnovne značajke koje bi trebali imati instrumenti su krutost, elastičnost, plastičnost te biokompatibilnost. Najčešće se izrađuju od nehrđajućeg čelika te NiTi legura. Postoji više podjela instrumenata (8,9). u ovom radu navedena je podjelu po Choenu i podjelu prema preporukama međunarodne organizacije za standardizaciju (IOS), Tablica 1. i Tablica 2.

Tablica 1. Podjela instrumenata po IOS-u.

	PODJELA PREMA IOS-u
Ručni instrumenti	K-tip proširivači, strugači, Hedströme strugači, spreaderi, pluggeri.
Strojni instrumenti	Mogu se montirati u sporo rotirajuće ručne nastavke (Gates- Glidden, Peeso).
Ultrasonični i sonični instrumenti	Montiraju se u posebne ručne nastavke.
Nikal-titanski instrumenti	Strojni i ručni instrumenti.

Tablica 2. Podjela instrumenata prema Choenu.

	PODJELA PREMA CHOENU
Ručni instrumenti	K-tip proširivači, strugači, Hedströme strugači.
Instrumenti montirani na vrtaljku	Strugači, proširivači, lentulo.
Instrumenti montirani na vrtaljku	Mogu se montirati u sporo rotirajuće ručne nastavke (Gates- Glidden, Peeso).
Instrumenti za obturaciju kk	Peaper ponits i gutapercha points.

2.3.1. Ručni instrumenti

Do 1960-ih godina koristili su se instrumenti izrađeni od čelika s udjelom ugljika. Njihov glavni nedostatak bio je smanjenje fizikalnih svojstava uzrokovanih sterilizacijom što bi rezultiralo korodiranjem instrumenta (9). Uvođenjem nehrđajućeg čelika, kao materijala za izradu instrumenata, povećava se efikasnost rezanja dentina kao i povećanje rezistencije na lom u odnosu na ugljik-čelične instrumente. Instrumenti od nehrđajućeg čelika sadržavaju 71% željeza, 18% kroma, 8% nikla te manje od 0.2% ugljika. Odlikuju se visokom krutošću, biokompatibilnošću te visokim modulom elastičnosti. Danas postoje i nove legure, kao što su NiTi, zbog kojeg su instrumenti još savitljiviji.

Kod izrade instrumenata razlikujemo strojnu i klasičnu tehniku. Strojna tehnika uključuje brušenje odnosno tokarenje ili glodanje instrumenata izravno u tokarskom stroju. Svi NiTi instrumenti se izrađuju na ovaj način, čime se povećava otpornost na lom. Klasična tehnika započinje brušenjem žice dok se ne postigne odgovarajući konicitet i presjek (kvadratičan, trokutast, romboidan). Nadalje, slijedi uvrtanje žice u suprotnom smjeru kazaljke na satu kako bi se dobio helikoidni rezni rub. Proširivači imaju manje navoja po milimetru dužine što ih razlikuje od strugača koji imaju više navoja. S obzirom na konfiguraciju instrumenti su predviđeni za različit način upotrebe. Strugači služe za istrugivanje stijenki kanala pokretima unutra-van, a proširivači se koriste pokretima uvijanja i izvlačenja čime dolazi do rezanja dentina (9,10).

Standardizacija instrumenata prvi put je publicirana 1976.godine kao *American Dental Assotiation (ADA) specification No.28*.Standardi se odnose isključivo na ručne instrumente odnosno na njihov promjer, dužinu, otpornost na lom, čvrstoću i otpornost na koroziju (9).

- DUŽINE INSTRUMENATA

  Dostupni su u tri dužine radnog dijela: 21, 25, 31 mm. Kraći instrumenti omogućuju lakšu kontrolu i pristup.

- DIMENZIJE INSTRUMENATA

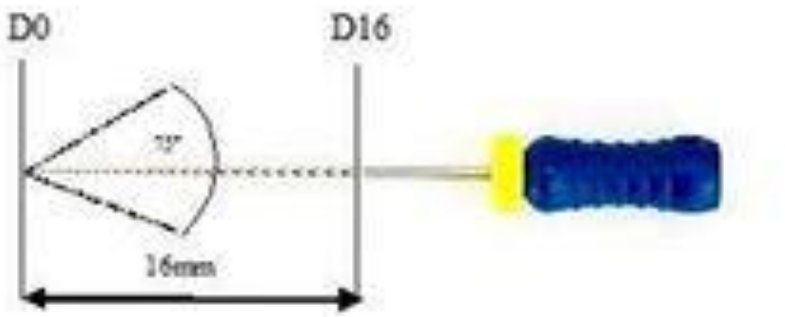
  Dimenzije su određene prema veličini poprečnog presjeka prema točno određenoj poziciji duž radnog dijela instrumenta. Dužina radnog dijela, tj. spiralna rezna oštrica duga je 16 milimetara. D0 je oznaka za promjer na vrhu instrumenta, a D16 je promjer na 16. milimetru instrumenta. Veličina poprečnog presjeka raste za 0.05 mm sve do veličine 60 te se onda povećava za 0.10 sve do broja 140. Konicitet, nagib instrumenta (eng. *torque*) povećava se po milimetru dužine za 0,02 mm (Slika 1.)

- IZGLED VRHA INSTRUMENTA

  Vrh je piramidalan i zatvara kut od 75 +/- 15 stupnjeva (Slika 1.). U novije vrijeme dizajnirani su instrument različitih kuteva i oblika vrha kako bi se reducirale greške tokom preparacije (kao što je urezivanje instrumenta u stijenku kanala). Naime, instrument može stvoriti „lažni kanal“ ne prateći originalnu zakrivljenost kanala čime u konačnici može doći i do perforacija.

- KODIRANJE PREMA BOJI

  Kodiranje prema boji drški instrumenta označava samu veličinu instrumenta.



Slika 1. Standardizacija ručnog instrumenta

2.3.2. Strojna endodoncija

Pojava NiTi instrumenata u kliničkoj endodonciji uvelike je olakšala upotrebu i prilagodbu instrumenata u korijenskom kanalu zbog svoje superelastičnosti smanjujući tako pojavnost perforacija kanala, manje količine ekstrudiranog sadržaja preko apeksa te povećavajući biokompatibilnost i otpornost na koroziju. Njene glavne karakteristike su superelastičnost i vraćanje u prvobitni položaj (eng. *shape memory*) (11). Konvencionale SE NiTi legure nisu pokazivale svojstvo *shape memory* koje je bilo potisnuto zbog hladne obrade metala. Termomehaničkom obradom NiTi legure proizvedena je M-žica (eng. *M-wire*) koja pokazuje značajno povećanu otpornost na ciklički zamor u usporedbi sa konvencionalnom superelastičnom NiTi legurom (SE). Konvencionlna SE NiTi legura sadržavala je 55% nikla i 45% titana, za razliku od M-žice koja sadržava 52% nikla, 45% titana te 3% kobalta. Termoelastičnost je određena kristalografskim karakteristikama NiTi slitina. M-žica sadrži tri kristalne faze, martenzitnu (odgovorna za elastičnost), prijelaznu R-fazu (*stress – induced martensite*, superelastična faza) te austenitnu fazu (čvrsta faza, omogućava oblikovanje) (12). Pri niskoj temperaturi NiTi slitina je u martenzičnom obliku i tada joj je kristalna rešetka kubična, dok je pri povišenoj u austeničnom obliku s heksagonalnom rešetkom. Zahvaljujući postojanju termoelastične martenzične transformacije NiTi legure imaju *shape memory effect*. 2008. godine, *SybronEndo* predstavlja *Twisted File*(TF), instrument koji sadrži R-fazu nastalu uvijanjem žice kako bi se povećala fleksibilnost te dugotrajnost instrumenta jer R-faza ima manji modul elastičnosti od austenitne faze. Controled memory (CM) NiTi legura predstavljena je 2010. godine. Zbog svoje fleksibilnosti te zadržavanja oblika nakon izvlačenja iz korijenskog kanala, nema svojstvo memorije za razliku od M-wire.

Endodontske instrumente za strojnu obradu kanala možemo podijeliti prema njihovim kinematskim posebnostima u pet skupina (13):

1. rotacijska instrumentacija (*ProTaper*)
2. recipročna instrumentacija (*WaveOne, Reciproc*)
3. vertikalne vibracije u kombinaciji sa recipročnom kretnjom (*EndoPlus System*)
4. vertikalne vibracije (*SAF*)
5. kombinacija rotacijske i recipročne kretnje (*TF adapitve*).

2.3.2.1. Rotacijski instrumenti

Zahvaljujući razvoju metalurgije i pronalaskom NiTi legure, tijekom razvijaju se rotacijski instrumenti. To je jedan od značajnih trenutaka u povijesti endodoncije. Razvojem brojnih sistema dolazi i do brojnih razlika među njima (13).

Osnovne karakteristike su:

- VRH INSTRUMENTA
  - režući*(*eng. *cutting*) – agresivniji; lakše mogu probiti kalcificirane kanale, ali veća mogućnost nastanka perforacije kanala (*fausse-route*)
  - nerežući (eng. - *non-cutting*).

- KONICITET I VELIČINA VRHA INSTRUMENTA
  - stalan konicitet, različita veličina vrha
  - graduirani konicitet, jednaka veličina vrha
  - različit konicitet duž radnog dijela instrumenta, različita veličina vrha.

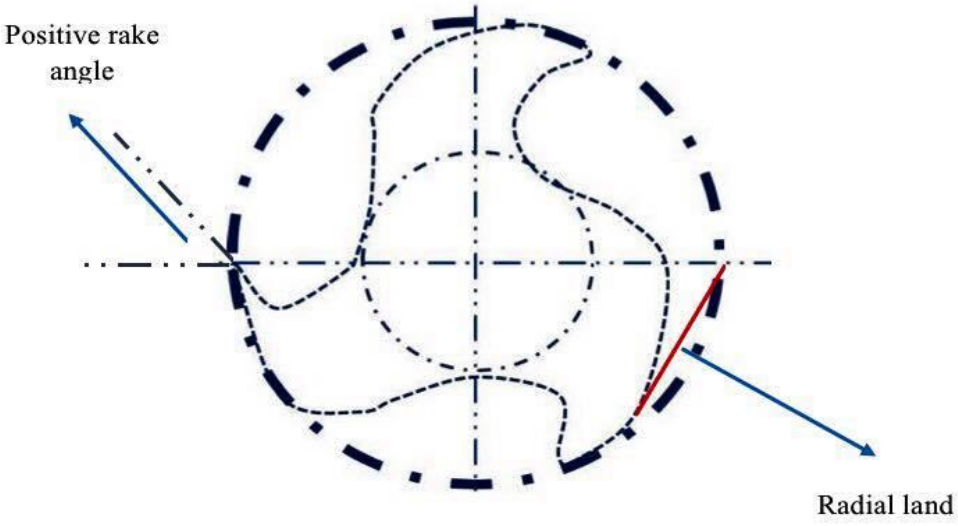
- „RAKE ANGLE”
  - kut između reznog ruba i poprečnog presjeka okomitog na dulju os instrumenta (Slika 2.)
  - negativan – većina instrumenta
  - pozitivan – uzrokuje više uklanjanje dentina.

- „RADIAL LAND“
  - površina koja prolazi osovinom iz središnje osi, između žlijebova, do ruba rezne oštrice; površina oštrice koji dodiruje stijenke kanala (Slika 2.)
  - manja površina smanjuje snagu rezanja i rezistenciju na torziju.

- „HELICAL ANGLE“
  - kut koji rezna oštrica pravi s dugom osi instrumenta.

- BROJ NAVOJA

- POPREČAN PRESJEK INSTRUMENTA
  - oblik slova U (*Profile*)
  - trokutasti konvektni (PTU)
  - pravokutni (PTN, PTG)
  - oblik slova S (*Quantec system*).



Slika 2. Dizajn rotacijskih instrumenata

Profile

Profile instrumenti su dizajnirani prvenstveno za korištenje u *Crown Down* (CD) tehnici. Takva vrsta tehnike preporuča prvo čišćenje i oblikovanje koronarne trećine, zatim srednje i apikalne trećine (14). Marshall i Pappin su prvi osmislili CD tehniku koja ima određene prednosti u odnosu na tradicionalnu *step back* (SB) omogućavajući veći volumen irigacije u početnoj fazi instrumentacije, bolju kontrolu taktilnog osjeta, veće odstranjenje detritusa te manju mogućnost loma instrumenta. Modificirani zaobljeni vršak Profilea nema rezni učinak omogućavajući tako instrumentu lagano prodiranje prema apeksu bez stvaranja pritiska.

NiTi žica se proizvodi strojno, poprečnog presjeka u obliku slova U što omogućuje bolje odnošenje detritusa prema koronarno minimalizirajući mogućnost začepljenje kanala. Instrumenti se pokreću pomoću električnog motora konstantom brzinom, ali uz promjenu okretnog momenta (eng. *torque*). Pri prodiranju instrumenta u dublje dijelove kanala snaga okretaja mora biti manja da ne bi došlo do pucanja instrumenta. Instrument se u kanalu zadržava maksimalno 5 do 10 sekundi s malim pokretima unutra-van (eng. *brushing motion*), amplitudom od 2 do 3 milimetra, kako bi zamor materijala bio što manji te raspodjeljujući nastali stres usred naprezanja uzduž cijelog instrumenta (15).

Sustav Profile sadrži četiri vrste instrumenata (15):

1. Orfice Shapers
   - veličine 20-80
   - konicitet je 5-8%
   - koriste se za koronaru trećinu, za proširivanje ulaza u korijenske kanale te za uklanjanje gutaperke i punila
   - oznaka je tri prstena u boji

2. ProFile 06
   - veličine 15-40
   - konicitet 6%
   - koristi se za oblikovanje srednje trećine kanala
   - oznaka je dva prstena u boji.

3. ProFile 04
   - koristi se za obradu apeksne trećine
   - konicitet 4%
   - oznaka je jedan prsten u boji.

4. ProFile 02
   - veličina 15-90
   - konicitet 2%
   - koristi se za zavijene dijelove
   - oznaka jedan obojen prsten.

Protaper

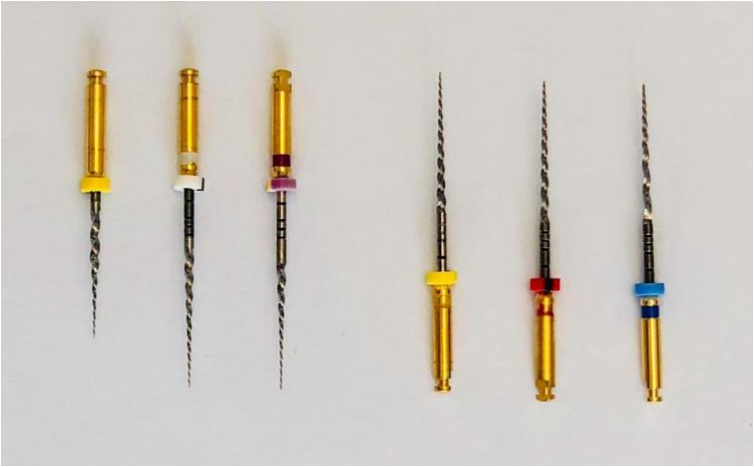
PROTAPER UNIVERSAL

Protaper Universal sistem ima manji broj instrumenata za obradu korijenskog kanala, progresivan konictet koji omogućuje bolju efikasnost te sadrži odgovarajuće *paper points* i *gutapercha points* za sušenje i punjenje kanala (16). Instrumenti se proizvode tehnikom glodanja (frezanja) žice, a njihov poprečni presjek je trokutast s konveksnim stranicama. Radna brzina okretaja je 250-750, a optimalno je oko 300 okretaja u minuti (Slika 3.).

Komplet instrumenata sadrži šest instrumenata podijeljenih u dvije skupine (16):

1. Shaping Files
    - SX
    - bez oznake
    - veliki konicitet
    - pasivno uvođenje instrumenta u kanal, za širenje ulaza u korijenske kanale.
    - S1 i S2
    - ljubičasti (S1), bijeli prsten (S2)
    - obrada koronarne i srednje trećine kanala.

2. Finishing Files
    - za obradu apikalne trećine, smanjenog koniciteta da bi se povećala fleksibilnost te reducirala mogućnost vezanja instrumenta za stijenke kanala i širenja koronarnog dijela
    - F1 – žuti, veličina 20
    - F2 – crveni, veličina 25
    - F3 – plavi, veličina 30
    - F4 – crni, veličina 40
    - F5 – dva žuta prstenova, veličina 50.



Slika 3. Protaper Universal instrumenti – SX, S1, S2. F1, F2 i F3

PROTAPER NEXT

Instrument koji je naslijedio PTU. Glavna mu je karakteristika različita koničnost i pravokutan poprječan presjek koji tijekom rada dodiruje stijenke kanala samo u dvije točke. Posjeduje jedinstven dizajn s ekscentričnim stupnjem rotacije poboljšavajući obradu i instrumentaciju korijenskog kanala (17). Klinički, ovako konstruiran instrument pridonosi smanjenju uglavljivanja vrha instrumenta u stijenke kanala tijekom rada povećavajući prostor za rezanje i odlaganje detritusa. Proizvodi se od M-žice odnosno NiTi legure povećavajući fleksibilnost i otpornost na ciklički zamor.

Sistem uključuje 5 instrumenta X1 (veličina 17, konus 04), X2 (veličina 25, konus 06) te X3, X4 i X5 ovisno o dimenzijama kanala. Prije korištenja važno je osigurati pravocrtan pristup u kanal, odrediti radnu duljinu ručnim instrumentom #15. Nakon toga se prelazi na instrument X1 pa na X2 (17). Tokom instrumentacije koriste se pokreti unutar-van, odnosno pokreti struganja. Preporučena brzina rotacije iznosi oko 300 rpm, a okretni moment je 2 Ncm.

PROTAPER GOLD

PTG zadržao je sve dobre strane PTN s dodatkom fleksibilnosti. Sadrži posebno instrumente za početno (*Shapers*) i završno oblikovanje (*Finishers*) (18). U usporedbi s PTN držak instrumenta je smanjen sa 13 mm na 11 mm, klinički praktično pri instrumentaciji lateralnih segmenata čeljusti. Ima trokutast, konveksan poprečni presjek s rastućim konicitetom, povećavajući učinkovitost rezanja i smanjujući frikciju između dentina i instrumenta.

Mtwo

Instrumenti namijenjeni za rotacijske pokrete napravljeni su od klasične NiTi žice sa S poprečnim presjekom i geometrijskim dizajnom koji omogućava veću efikasnost rezanja (19). Svrstavaju se u drugu generaciju instrumenata za strojnu obradu korijenskih kanala. Podijeljeni su u dvije skupine, instrumenti veličine radnog dijela oštrice od 16 mm i 21 mm.

Instrumentaciju započinjemo instrumentom veličine #10, konicitet 04 ili #15 s konicitetom 05. Nakon toga prelazimo na veličine #20 i #25 konicitet 06, za učinkovito uklanjanje dentina i oblikovanje kanala (19). Završna preparacija apikalne trećine uključuje instrumente veličine #30, koniciet 05 i #35, #40, konicitet 04, povećavajući promjer apikalnog dijela sa smanjenim nagibom kako ne bi nepotrebno oslabili zub.

K3FX

K3FX NiTi instrumenti spadaju u treću generaciju strojnih endodontskih sistema, predstavljeni 2002. godine. Dizajnirani da brzo, efikasno i sigurno uklanjaju detritus. Njihov promijenjiv konicitet uzduž radnog dijela instrumenta omogućava izbacivanje nastalog sadržaja prema koronarno, sprječavajući ekstruziju sadržaja preko apikalnog otvora, povećavajući učinkovitost irigacije. Ova karakteristika ima izrazitu prednost kod revizija punjenja (20).

Vortex Blue

Ova grupa instrumenata prepoznatljiva je po svojoj plavoj boji radnog dijela za koju je odgovoran sloj titan oksida. Glavna karakteristika je njegova smanjena mogućnost memorije, to jest superelastičnosti, čime instrument pokazuje bolju efikasnost u instrumentaciji zakrivljenih kanala prateći njihovu originalnu zavijenost (21). U većini rotacijskih sistema povećanjem otpornosti na ciklički zamor dolazi do smanjenja snage okretnog momenta, dok se kod *Vortexa Bluea* okretni moment povećava za 42% u odnosu na M-žicu kod *ProTapera*. Koristi CD tehniku obrade korijenskog kanala započinjući instrumentaciju veličinom #30 u manjim kanalima, a veličinom #40 u širim kanalima. Kao i kod svake tehnike instrumentacije bitna je rekapitulacija ručnim instrumentom #10 ili #15 te obilna irigacija NaOCl-om. Nakon toga se prelazi na instrument manjeg promjera dok se ne postigne puna radna duljina.

Instrumenti su podijeljeni u dvije skupine, s konicitetom 04 i 06 (od veličine #15 do #50), Tablica 3. i Tablica 4. (22).

Tablica 3. Instrumenti s konicitetom 04.

Veličina instrumenta	Brzina	Okretni moment
#15 i #20	500	75
#25 i #30	500	104
#35, #40, #45 i #50	500	132

Tablica 4. Instrumenti s konicitetom 06.

Veličina instrumenta	Brzina	Okretni moment
#15 i #20	500	195
#25 i #30	500	290
#35, #40, #45 i #50	500	368

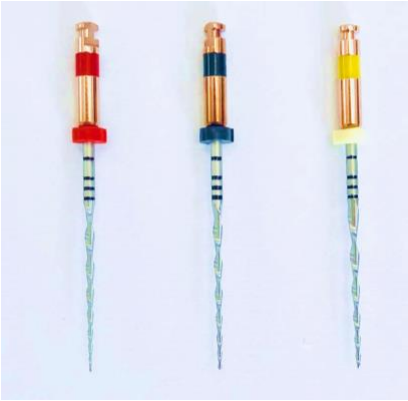
2.3.2.2. Recipročni instrumenti

Prvi recipročni sistem proizveden je 1964. godine, no zbog brojnih proceduralnih grešaka ubrzo se prestao koristiti (23). Ponovnu popularnost stječe pojavom NiTi legura i motorne jedinice koja stvara određeni okretni moment (eng. *torque*). Yared (2008.) je predstavio koncept instrumentacije jednim instrumentom koristeći BF tehniku i ProTaper F2 instrument u recipročnom načinu, 144˚ CCW (eng. counter clockwise) pa 72˚ CW (eng. clockwise) , što je značilo da je potrebno oko pet rotacija da bi se postigla rotacija punog kruga, 360˚. Na temelju ovih dostignuća predstavljena su dva glavna sistema *WaveOne* i *Reciproc.*

Recipročni pokret označava pokrete instrumenta prvo u smjeru obratnom od smjera kazaljke na satu (CCW) čime omogućava rezanje dentina. Zatim slijedi pokret u smjeru kazaljke na satu (CW) kako bi se instrument oslobodio te zajedno sa zahvaćenim dentinom izvukao iz kanala. Kako bi postigao puno rotaciju, instrument mora napraviti nekoliko recipročnih pokreta. Pokret u CCW smjeru je veći od onog u CW smjeru, što instrumentu omogućava nesmetano napredovanja kroz korijenski kanal sve dok ne postigne puno radnu duljinu tj. ne dođe do apikalnog otvora. Nove recipročne tehnike zahtijevaju predtretman samo jednim ručnim čeličnim instrumentom. Sama tehnika koja se provodi je *reverse balanced force* tehnika koja rabi već unaprijed tvornički programirane parametre za rad motorne jedinice koje operater ne može mijenjati. BF tehnika oblikuje ljevkasti oblik kanala pogodan za ispiranje i konačno 3D punjenje (23, 24).

Reciproc

Reciproc sistem stvara rotaciju od 150˚ u CCW smjeru pa 30˚ CW u drugom smjeru. Recipročni instrumenti posebno su oblikovani za upotrebu u recipročnom načinu rada. Razvijen je i prezentiran početkom 2011. godine (23). 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*) (Slika 4.). Poprečni presjek instrumenta je u obliku slova S omogućavajući očuvati primarni izgled kanala i završetak instrumentacije korištenjem samo jednog instrumenta, tzv. single tehnika. Sadrži pripadajuće *paper points* (papirnate štapiće za sušenje kanala) i gutaperka štapiće za *single cone* tehniku ili termoplastičnu tehniku punjenja korijenskog kanala. *Reciproc* sistem je uspješan i u reviziji starog punjenja iako se to ne preporuča zbog mogućih pogrešaka. Ova vrsta instrumenata namijenjena je jednokratnoj uporabi iako zbog svojih konstrukcijskih osobina i kvalitete materijala mogu podnijeti veliki broj instrumentacija.



Slika 4. *Reciproc* instrumenti R25, R40, R50

Reciproc Blue

Reciproc Blue instrumenti posebno su oblikovani za upotrebu u recipročnom načinu rada, koristeći samo jedan instrument. Proizvedeni su od NiTi materijala koji prolazi kroz poseban toplinski tretman čime se povećava otpornost na ciklički zamor te je omogućena sposobnost prethodnog savijanja instrumenta, za 10 ˚, prije ulaska u korijenske kanale. Konstruirani su tako da im je poprečni presjek u obliku slova S. Instrument se prvo rotira u CW smjeru, koji omogućava rezanje dentina, zatim u CCW smjeru oslobađajući instrument iz dentina. Osiguravanje glide path-a u većini slučajeva nije potrebno, ako se instrument pravilno koristi (24).

WaveOne

Koristi se jedan instrument za oblikovanje konusnog lijevka korijenskog kanala. Dizajnirani su od NiTi legure, proizvedene pomoću M-wire tehnologije poboljšavajući tako snagu i otpor na ciklički zamora (25). Postoje 3 duljine od 21, 25 i 31mm, označene i bojama: WaveOne Small - žuta, s kontinuiranim konusom od 6%, koristi se u finim kanalima. Veličina 25 – crvena, koristi se u većini te ima apeksni konus 8% koji se smanjuje prema koronalnom kraju. WaveOne Large – crna, koristi se u velikim kanalima te veličina vrha odgovara ISO 40 s apeksnim konusom od 8% koji se smanjuje prema koronalnom kraju instrumenta. Od prvog (D1) do osmog (D8) milimetra poprečni presjek je konveksni trokutasti, a osmog (D8) milimetra do šesnaestog (D16) milimetra konkavni trokutasti.

Prema tvorničkim postavkama WaveOne stvara rotaciju od 170 CCW, zatim 50 CW. WaveOne instrument ima nerežući vrh te obrnuto okrenut heliks koji smanjuje mogućnost proguravanja materijala kroz apeksni otvor potiskivajući detritus prema cervikalnom dijelu korijenskog kanala. Kao i većina *single file* instrumenata ne može se ponovo sterilizirati, odnosno gumica oko držača instrumenta nabubri tokom sterilizacije te se više ne može umetnuti u glavu kolječnika (25).

WaveOne Gold

WaveOne Gold (*Dentsply Maillefer)* je nedavno predstavljen instrument u *single* tehnici koji zamjenjuje *WaveOne* . Njegova glavna karakteristika je konstrukcija napravljena od zlatne žice s poprečnim presjekom u obliku paralelograma, s dvije rezne oštrice. Ima povećanu otpornost na ciklički zamor u odnosu na primarni WaveOne te veću mogućnost da prati izvornu morfologiju kanala, zahvaljujući materijalu od kojeg je napravljen. Sastoji se od četiri instrumenta *Small* (žuti 20/07), *Primary* (crveni 25/07), *Medium* (zeleni 35/06) i *Large* (crni 45/05). Svaki instrument ima fiksni konus od D1 do D3 te nakon toga koničnost progresivno pada (24).

.

2.4. USPOREDBA RECIPROČNE I ROTACIJSKE KRETNJE

2.4.1. Ciklički zamor

Uvođenjem NiTi legura u endodonciju značajno se razvila strojna obrada korijenskih kanala. Zbog svog svojstva vraćanja u prvobitni položaj nakon deformacije, NiTi legure nazivaju se i materijali s memorijom. Iako je mogućnost njihovog loma značajno manja za razliku od instrumenata izrađenih od nehrđajućeg čelika, i dalje se radi na tome da se takva pojavnost svede na minimalnu razinu (26).

Zamor materijala definiramo kao postupnu pojavu oštećenja materijala uslijed dugotrajnih promjenjivih opterećenja (27). Broj rotacijskih ciklusa, zakrivljenost korijenskog kanala, polumjer instrumenta i sama vrsta rotacije (stalna rotacija ili recipročna kretnja) mogu biti uzroci smanjenja otpornosti materijala na ciklički zamor. Torzijski zamor materijala događa se kada se vrh instrumenta veže za stijenku korijenskog kanala, a ostatak instrumenta nastavlja se dalje okretati. Time dolazi do prekoračenja točke maksimalnog kliničkog opterećenja materijala od kojeg je instrument izrađen te sukladno tome do loma. Nastanak takve vrste zamora moguć je i u ravnim kanalima. Fleksijski, odnosno ciklički zamor pri savijanju nastaje kada se instrument slobodno rotira na mjestu najvećeg zakrivljenja kanala, preko graničnog broja okretaja u ciklusu tenzije i naprezanja. To dovodi do dezintegracije strukture instrumenta te njegovog pucanja. Događa se u kanalima s malim radijusom zakrivljenosti gdje dolazi do povećanja omjera tenzije i naprezanja tokom rotacije instrumenta (26).

Da bi se povećala otpornost na ciklički zamor, predstavljeni su NiTi instrumenti nastali od M-žice koja povećava otpornost i fleksibilnost. M-žica je dobivena posebnom termomehaničkom obradom koja daje poboljšana svojstva u usporedbi s klasičnom superelastičnom (SE) žicom. Kasnije se razvija *Twisted files* (TF) koristeći R-fazu zagrijavanja povećavajući fleksibilnost i dugotrajnost instrumenta. Najnovija vrsta žice CM (controlled memory) ima manji postotak nikla (52%) u usporedbi s ostalim NiTi instrumentima te smanjen *shape memory effect* koji se ogleda u tome da žica zadržava oblik kanala koji se obrađuje.

Recipročne kretnje omogućavaju da se instrument rotira u jednom smjeru te prije nego što dostigne puni krug, rotacija započinje u suprotnom smjeru. Uočeno je da recipročni instrumenti stvaraju manji stres tokom preparacije. De-Deus et al. (2010.) procijenili su otpornost na ciklički zamor rotacijskog ProTaper F2 instrumenta korištenog u recipročnoj kretnji (27). Rezultati su pokazali da je kod recipročne kretnje otpornost na ciklički zamor značajno povećana. Mnoga ostala istraživanja potvrđuju kako recipročna kretnja povećava otpornost na zamor instrumenta u usporedbi s rotacijskom kretnjom, neovisno o brzini rotacije, kutu i radijusu zakrivljenosti kanala te koničnosti instrumenta (29).

Pedulla et al. (2017.) provodi istraživanje o utjecaju isprekidane rotacije na ciklički zamor između dva rotacijska sistema, ProTaper Next i Mtwo (30). Isprekidana rotacija može se pojaviti zbog prekoračenja okretnog momenta u trenutku kada se instrument veže za kanal ili mjerenja radne dužine tokom same preparacije kanala zbog čega se preporuča mjerenje radne duljine ručnim instrumentima. Otpornost se na ciklički zamor smanjuje utjecajem isprekidane rotacije zbog promjena kristalne rešetke tijekom prijelaza austenične u martenzitnu fazu koja dodatno stvara stres i instrument ima veću tendenciju loma. Svaki put kada rotacijska kretnja stane, slitina se vraća u austeničnu fazu koja je manje otporna na frakture. To se događa zbog male volumne kontrakcije tokom transformacije koja ima štetan učinak na rezistenciju zamora povećavajući stupanj stresa u površinskim mikropukotinama. Što je veći broj prekida, veća je i količina stresa u inicijalnim pukotinama.

ProTaper Next je napravljen od M-žice koja sadrži martenzitnu, austenitnu i R-fazu te ima veću otpornost na ciklički zamor u odnosu na *Mtwo* koji se sastoji od konvencionalne SE žice. Ali ključna karakteristika je poprečni presjek koji može uvelike utjecati na rezistenciju zamora, što je manji, to je otpornost veća. Uygun (2016.) uspoređuje sve tri vrste ProTapera, pronalazeći kako PTG ima bolju otpornost na ciklički zamor u posljednjih 5 mm apikalnog dijela kanala, dok u posljednjih 8 mm nema značajne razlike između PTN i PTG (31).

2.5.2. Učinkovitost uklanjanja bakterija i toksina iz korijenskog kanala

Mikroorganizmi i njihovi produkti glavni su uzrok nastanka bolesti pulpe i periapeksnog tkiva. Kao dominantni uzročnici ističu se Gram negativne bakterije. Njihova stanična stijenka izgrađena od lipopolisaharida (LPS), poznatog kao endotoksin, otpušta se tijekom razmnožavanja bakterija ili tijekom njihove smrti, uzrokujući značajan odgovor domaćina na bakterijsku infekciju. LPS, također, ima glavnu ulogu u oslobađanju medijatora upale koji negativno djeluju na periapikalno tkivo resorbirajući kost što je vidljivo na rentgenogramu kao periapikalna lezija (5,7). Mehanička instrumentacija zajedno s irigacijom djeluje na redukciju broja bakterija u korijenskom kanalu. Strojna tehnika instrumentacije pokazala se učinkovitijom u odnosu na konvencionalnu, ručnu obradu korijenskog kanala. Rotacijska tehnika strojne instrumentacije koristi se većim brojem različitih instrumenata, za razliku od recipročne koja koristi samo jedan instrument.

Martinho et al. (2014.) provode istraživanje o učinkovitosti recipročnih instrumenata nasuprot rotacijskim instrumentima. Potvrđeno je da imaju sličnu učinkovitost u redukciji endotoksina (32).

Marinho et al. (2014.) također provodi istraživanje o učinkovitosti uklanjanja endotoksina iz korijenskog kanala uspoređujući recipročne i rotacijske sisteme. Dobiveni rezultati potvrđuju prethodne naglašavajući kako nije dovoljna samo mehanička obrada kanala te je potrebna dodatna irigacija natrijevim hipokloritom i klorheksidinom (33).

2.5.3. Količina proguranog sadržaja preko apeksa

Simptomatski apikalni parodontitis je naziv za akutnu upalu periapikalnog tkiva, karakteriziran simptomima umjerene do jake bolnosti pri mastikaciji ili perkusiji. Upala ima neurogenu komponentu potičući otpuštanje neuropeptida kao što su tvar P (SP) i calcitonin generelated peptid (CGRP) u parodontni ligament (5). Oni uzrokuju jaku vazodilataciju i ekstravazaciju plazme te aktiviraju veliki broj upalnih stanica i imedijatora upale. Histamin, prostagalandni te citokini kao glavni medijatori upale odgovorni su za nastanak boli. Dentinske strugotine, ostatci vitalnog i nekrotičnog pulpnog tkiva, virulentni mikroorganizmi kao i irigacijska sredstva za ispiranje korijenskog kanala lako budu, tokom instrumentacije, progurana preko apikalnog foramena u periapikalno tkivo. Ekstruzija takvog sadržaja može biti jedan od glavnih uzroka postoperativne boli, upale te otežanog cijeljenja periapikalnog tkiva.

Svi ručni instrumenti izrađeni od nehrđajućeg čelika, trokutastog ili kvadratičnog poprečnog presjeka, s konstantnim konicitetom od 2% stvaraju poprilične količine detritusa (9). Pojavom NiTi instrumenata za strojnu obradu kanala dolazi do promjene načina instrumentacije, no problem vezan uz potpunu eliminaciju potiskivanja sadržaja preko apikalnog foramen, nije riješen.

Topcuoglu et al. (2014.) provode istraživanje između različitih sistema za instrumentaciju korijenskih kanala (Vortex Blue, Reciproc, PTN, K3XF) da bi ustanovili koji od njih uzrokuje najveću količinu proguranog sadržaja (20). Rezultati su pokazali kako VB i PTN proizvode značajno manje količine sadržaja nasuprot Reciprocu i K3XF. Mogući razlog veće količine proguranog sadržaja kod Reciproc sistema objašnjava se njegovim kretnjama koje, u vrlo kratkom vremenu, režu velike količine dentina te značajnim konicitetom koji na vrhu instrumenta iznosi 8% u prvih 3 mm. Zbog svog pravokutnog poprečnog presjeka te ekscentričnog centra rotacije PTN povećavaju efikasnost rezanja i odnošenja sadržaja prema koronarnom dijelu kanala smanjujući mogućnost potiskivanja sadržaja peko apeksa.

Poprečni presjek instrumenta kao i tehnika instrumentacije mogu biti uzrok različitosti između pojedinih sustava. Utjecaj je poprečnog presjeka potvrđen dvama in vivo istraživanjima, veća je ekspesija SP i CGRP kod sistema (PTU i Wave One) koji imaju trokutast presjek nego kod sistema (Reciproc i Mtwo) s presjekom u obliku slova S (34).

Silva et al. (2014.), pokazuju kako PTU nasuprot ostalim sustavima, Reciprocu i PTN, uzrokuje veću količinu detritusa te samim time i veću mogućnost za potiskivanje sadržaja peko apeksa. Uzrok takvom rezultatu moguć je zbog većeg konusa instrumenta koji sukladno tome uzrokuje agresivniju preparaciju. Zbog svojih već spomenutih karakteristika te *swaggering motion* pokreta koji omogućava instrumentu da je tokom svog rada u kontaktu s kanalom na samo dva mjesta, PTN reducira mogućnost vezanja instrumenta za zid kanala te se povećava prostor za odnošenje detritusa nastalog tokom instrumentacije. Razlika u količini proguranog sadržaja između PTN i *Reciproca* nije značajna (35).

De-Deus et all. (2010.) uspoređujući količinu potisnutog sadržaja koju stvara *ProTaper* u rotacijskom načinu rada do veličine F2 i količinu koju dobijemo instrumentacijom samo PT F2 u recipročnom načinu rada, single tehnikom, nije dobio značajne razlike (36).

Burklein i Schafer (2012.) zaključuju kako recipročne kretnje povećavaju transport detritusa preko apreksa, dok rotacijske kretnje više djeluju kao vijak izvlačeći i odnoseći nastali sadržaj prema koronarno (20).

Određen broj istraživanja (Silva et al. 2015.) pokazuju kako i broj instrumenata korištenih tokom obrade kanala može biti u proporcionalnom odnosu s količinom ekstrudiranog detritusa iako u već navedenom istraživanju Topcuoglu et al. (2014) prijašnja konstatacija nije potvrđena (20).

Radna dužina, također ima utjecaj na količinu ekstrudiranog sadržaja. Pokazano je da radna duljina za 1 mm kraća od apikalnog foramena značajno smanjuje količinu ekstrudiranog detritusa (Martin & Cunningham 1982, Surakanti et al. 2014.) na ekstrahiranim zubima (34). In vivo studije (Caviedes-Bucheli et al. 2010., 2013.) pokazuju da je radna duljina za 0.5 mm kraća dovoljna da se smanji proguravanje sadržaja (34).

2.5.4. Utjecaj „ Glide path“

Glide path predstavlja glatki „tunel“ koji se proteže od ulaza u korijenske kanale do fiziološkog foramena. Njegova minimalna širina trebala bi odgovarati veličini ručnog instrumenta No.10 s tim da on vrlo labavo i slobodno priliježe uz stijenke kanala (37). Stvaranje *glide path* je izuzetno bitno jer tako preveniramo pucanje strojnih instrumenata te povećavamo njihovu učinkovitost.

Stvaranjem *glide path*-a preveniramo:

- začepljenje korijenskog kanala detritusom
- perforacije
- formiranje ispupčenja na stijenkama kanala
- vezanje instrumenta za stijenku kanala
- lom instrumenta.

Da bi se izbjeglo i olakšalo stvaranje glide path kod upotrebe strojne instrumentacije, dizajnirani su posebni NiTI instrumenti koji omogućavaju koronalno širenje kanala bez upotrebe ručnih instrumenata. Toj skupini pripadaju PathFile instrumenti koji se sastoje od 3 instrumenta veličine 13, 16, 19 te konusom od 0.02 i kružnim poprečnim presjekom i ProGlide instrumenti (38). ProGlide koristi samo jedan instrument, konstruiran od M-žice s progresivnim konicitetom pokazujući veću fleksibilnost i rezistenciju na ciklički zamor u odnosu na Profile. Uporedbom ručne i strojne obrade kanala za postizanje *glide path* nije uočena značajna razlika.

Berrutti et al. (2012.) procijenio je pozitivan utjecaj *glide path* na očuvanje originalnog oblika kanala nakon instrumentacije Reciprocom (38).

Topçuoğlu et al. (2015.) u rezultatima istraživanja pokazuju kako je manja količina ekstrudiranog sadržaja nakon prvotnog stvaranja *glide path.* Postoje razlike u količini sadržaja između *Reciproca* i rotacijskih instrumenata, u korist *Reciproca.* Kao uzrok tome navode se veći konicitet *Reciproca* (8%) te povećanje detritusa koje nastaje tokom recipročnih kretnji (38).

2.5.5. Efikasnost rezanja

Sposobnost, odnosno efikasnost rezanja uključuje povezanost više faktora kao što su poprečan presjek instrumenta, kapacitet za odnošenje nastalog detritusa, kut rezanja, značajkama metala od kojeg je instrument napravljen te sama površina materijala. Također, legura dobivene termomehaničkom obradom imaju manju krutost i time manju sposobnost rezanja i smanjenju krajnju čvrstoću rastezanja. Instrumenti s asimetričnom rotacijskom kretnjom stvaraju više kretnji u usporedbi s intrumentima jednakog promjera, ali sa simetrično postavljenom osi rotacije (40).

Plotino et al. (2014.) pokazuju kako Reciproc sistem pokazuje značajnu efikasnost u odnosu na WaveOne te ostale rotacijske sisteme (41).

2.6. SELF ADJUSTING FILE SYSTEM (SAF)

Self – adjusting file (SAF) je prvi instrument koji nema čvrstu metalnu osovinu (42). Dizajniran je kao šuplja cijev, čije su stijenke izrađene od NiTi rešetke hrapave vanjske površine. Instrument ima asimetrično postavljen vrh za razliku od prijašnjih instrumenata kod kojih je vrh postavljen centralno. SAF je izuzetno fleksibilan i ima svojstvo kompresibilnosti, što znači da može ući u kanal u kojem je bio i #20 K file. Kompresibilnost mu omogućuje da se prilagodi stvarnom obliku kanala.

Sastoji se od koljičnika s RTD nastavkom i nastavkom za irigaciju. RTD nastavak ima posebnu mehaničku funkciju gdje pretvara rotacijsku kretnju u vertikalne vibracije s amplitudom od 0.4 mm. Također, posjeduje mehanizam koji prekida rotaciju kada dođe do vezanja instrumenta za stijenku kanala sprječavajući nastanak loma. Koristi cirkumfleksu silu koja vrši pritisak na stijenke kanala. Nastavak za dovod tekućine za irigaciju povezan je sa spremnikom u kojem se obično nalazi natrijev hipoklorit i etilen diaminotetraoctena kiselina (EDTA). Tijekom ispiranja koristi se sistemom negativnog tlaka koji sprječava potiskivanje tekućine preko apeksa, za razliku od klasičnog ispiranja pomoću šprice i igle koja stvara pozitivan tlak.Tekućina za ispiranje kod SAF sustava dolazi protokom od 1 do 10 ml/min te se može individualno podesiti za svakog pacijenta. Instrumentaciju je preporučljivo raditi u dva ciklusa po dvije minute. Tijekom prve minute za ispiranje se koristi 3% natrijev hipoklorit, a za vrijeme druge minute EDTA (17 %) (43).

Klinički rezultat čišćenja, širenja i punjenja korijenskog kanala provjerava se pregledom preiapikalnog područja na rendgenogramu, bilo retroalveolarnoj ciljanoj snimci ili ortopantomogramu. Takav dvodimenzionalan prikaz, iako izgleda zadovoljavajuće, nije najrealniji jer korijenski kanal na svom presjeku može biti ovalan u 3D projekciji što se na 2D snimci ne može uočiti uzrokujući tako klinički neuspjeh (44). CT u ovakvom slučaju pokazuje veliku uspješnost prikaza te je korišten u svrhe usporedbe instrumentacije korijenskog kanala rotacijskim te SAF sistemom. Rotacijska instrumentacija pokazuje veliku uspješnost pri obradi ravnih, okruglih i uskih kanala, no situacija je drugačija kada su u pitanju ovalni kanali. Paqui et al. proučavao je učinkovitost *ProTaper* rotacijskog sistema kod obrade ovalnog, distalnog madibulranog kanala molara te je pronašao kako je 69% korijenskog kanala ostalo neinstrumentirano. SAF pokazuje veliku učinkovitost i u instrumentaciji C-oblika kanala drugih donjih mandibularnih molara, prisutnih u 5-7% populacije bijelaca (45).

Očuvanje integriteta preostalog radikularnog dentina je od iznimne važnosti za dugogodišnje preživljenje zuba (42). Njegovo prekomjerno uklanjanje dovodi do povećane predispozicije za nastanak vertikalne frakture i mikropukotina. Bilo je uvriježeno mišljenje kako je proširivanje korijenskog kanala indikacija za dobru i uspješnu endodontsku terapiju, današnja saznanja više govore u prilog očuvanju originalnog oblika kanala, prateći njegove zakrivljenosti i poprječan presjek. SAF se, za razliku od svih ostalih dosada poznatih sistema, prilagođava obliku kanala uklanjajući tanak sloj dentina s manjom tendencijom izravnavanja zakrivljenih kanala.

3. RASPRAVA

Pojavom rotacijskih NiTi instrumenata 1993. godine dolazi do točke preokreta u pogledu na instrumentaciju korijenskih kanala. Novi dizajn se usavršavao tokom godina unapređujući instrumente kako bi bili što učinkovitiji, fleksibilniji te otporniji na lom. Napredovanjem metalurgije i iskorištavanjem recipročnih kretnji kreiran je single file sistem kao što su *Reciproc* i *WaveOne*.

Nove i tradicionalne tehnike i sistemi imaju isti osnovni koncept, sastoje se od čvrste metalne osovine s oštricama i žlijebovima za prijenos i odnošenje nastalog detritusa tokom instrumentacije. Svi sistemi i rotacijski i recipročni pokazuju veliku uspješnost pri obradi ravnih i uskih kanala, no ne pokazuju svi zadovoljavajuće rezultate kod čišćenja ovalnih i zakrivljenih korijenskih kanala. Većina rotacijskih sistema u velikom postotku uzrokuju mikropukotine u radikularnom dentinu što čini predispoziciju za nastanak vertikalne frakture. SAF instrumentacija pokazala je velike prednosti uklanjajući samo površinski sloj dentina, prateći originalni oblik kanala s niskom tendencijom izravnavanja njegovih zakrivljenih dijelova.

Svake godine pojavljuje se nova tehnika te su, zbog njene kratke upotrebe i brze zamjene drugom, novom i naprednijom, klinički i znanstveni podaci o uspješnosti koji se sakupljaju, relativno nepotpuni. 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. Recipročne kretnje pokazuju veću otpornost zbog svog karakterističnog pokreta instrumenta prvo u CW smjeru, zatim u CCW smjeru oslobađajući tako instrument iza kanala.

Drugi pokazatelj uspješnosti odnosi se na količinu proguranog materijala kroz apeksni otvor tijekom instrumentacije. Proguravanje detritusa iz korijenskog kanala preko apeksnog otvora može izazvati postoperativne komplikacije i bol. Prema istraživanjima pronađena je značajna razlika u količini proguranog materijala kroz apeksni otvor (20). Recipročna kretnja u odnosu na rotacijsku tehniku, bez obzira koristili se jedan ili više instrumenta, uzrokuje stvaranje veće količine poguranog sadržaja. Različit poprečan presjek instrumenta može utjecati na količinu ekstrudiranog sadržaja, povećavajući prostor između instrumenta i stijenki kanala, omogućavajući odnošenje sadržaja prema koronarno (PTU zbog svog konveksnog trokutastog presjeka stvara veće količine proguranog sadržaja u odnosu na PTN koji ima pravokutan presjek) (46). Iako *Reciproc* i *WaveOne* uzrokuju veće proguravanje materijala kroz apeksni otvor, istraživanja su pokazala kako je manja količina bakterija pronađena u

periapikalnom dijelu za razliku od rotacijskih tehnika. No, *Reciproc* potiče manje stvaranje neuropeptida u odnosu na *WaveOne*.

Recipročne kretnje očituju se bržom instrumentacijom koristeći jedan instrument pri obradi, no to ne bi trebao biti glavni razlog davanja prednosti njihovom korištenju jer se tako smanjuje i djelovanje irigansa u korijenskom kanalu. Djelovanje irigansa možemo poboljšati korištenjem aktivacijskih irigacijskih tehnika (npr. endoactivator).

Instrumenti korišteni u recipročnom načinu instrumentacije pokazuju veću otpornost na ciklički zamor i produženu dugotrajnost u odnosu na konvencionalne rotacijske kretnje. *Reciproc* pokazuje veću rezistenciju na ciklički zamor uspoređujući ga sa *WaveOne* instrumentima. Kao razlog tome navodi se različit poprečni presjek, *WaveOne* ima trokutasti konveksni presjek sa tri rezne oštrice dok *Reciproc* ima presjek u obliku slova S sa dvije rezne oštrice. Druga istraživanja pak navode kako *WaveOne* instrumenti imaju veći otpor na zamor dok *Reciproc* pokazuje veći broj cikličkih kretnji prije nego dode do pojave loma instrumenta. (47).

Efikasnost rezanja dentina uključuje interakciju velikog broja faktora kao što su poprečan presjek instrumenta, *helical* i *rake angles*, metalurgijske osobitosti i predtretman površine. Dokazana je veća učinkovitost rezanja kod recipročnih instrumenata koja se povezuje sa njegovim S poprečnim presjekom te postojanjem duplog reznog ruba (41). Povećanjem broja instrumenata uključenih u čišćenje i obradu korijenskih kanala, smanjuje se efikasnost rezanja dentina.

Stres koji se nakuplja na stijenkama kanala tokom instrumentacije, povećava rizik od nastanka fraktura korijena zuba. Recipročni instrumenti povezani su sa većim nastankom fraktura i pukotina dentina. Dokazana je dobra centriranost recipročnog instrumenta u kanalu, prateći originalnu zavijenost kanala, ne mijenjajući njegov prvobitan oblik (49). U zavijenim kanalima, rotacijski instrumenti imaju veću tendenciju stvaranja perforacija stijenki korijenskih kanala. Korištenjem recipročnih instrumenata, namijenjenih jednokratnoj upotrebi u single tehnici, smanjena je mogućnost križne kontaminacije odnosno prijenosa bakterija i virusa između pacijenta.

Glide path-a ima pozitivan utjecaj na očuvanje originalnog oblika kanala, prateći njegovu zavijenost, prevenirajući pucanje instrumenata (37). Također, stvaranjem *glide path-a*

postiže se manja količina ekstrudiranog sadržaja nakon instrumentacije korijenskog kanala (38).

.

4. ZAKLJUČAK

Strojna endodoncija definitivno je donijela veliki napredak u čišćenju i obradi korijenskih kanala čineći ga sigurnijim, lakšim, bržim te učinkovitijim. Uspoređivanje rotacijskih i recipročnih sistema nije apsolutno, svaki od navedenih sistema ima svoje prednosti i mane te različita istraživanja pokazuju i različite rezultate. Zajedničko im je da pokazuju značajno veću otpornost na lom, posebice instrumenti konstruirani od M-žice, nikal-titanske legure posjedujući svojstvo superelastičnosti. Recipročna se kretnja pokazala vrlo uspješnom u povećanju rezistencije na lom.

Kada govorimo o količini ekstrudiranog sadržaja, detritusa preko apikalnog foramena tokom instrumentacije, jedino ispravno bi bilo reći da je nemoguće provesti kemomehaničku instrumentaciju korijenskog kanala bez minimalnog proguravanja sadržaja te da nijedna tehnika ne osigurava stopostotno uklanjanje zaostatnog sloja uključujući i ostatke pulpnog tkiva.

Endodontski ispravno liječen i tretiran zub trebao bi dugo godina opstati u ustima pacijenta i zbog toga svaki proces koji može na bilo koji način ugroziti integritet preostalog radikularnog dentina bi se trebao izbjeći, to jest svesti na minumum poštujući opća načela endodontske terapije.

5. LITERATURA

1. Haapasalo M, Shen Y. Evolution of nickel–titanium instruments: from past to future. Endod Topics. 2013;29(1):3–17.
2. Bellizzi R. Cruse WP. A historic review of endodontics, 1689-1963. Part III. J Endod. 1980;6(5):576-80.
3. Bansode P, Wavdhane MB, Pathak DD, Khedgikar SB. Evolution of Rotary NI-TI File Systems: A Literature Review. Indian J Appl Res. 2006;6(12):91-4.
4. Bellizzi R, Cruse WP. A historic review of endodontics, 1689-1963. Part II. J Endod. 1980;6(4):532-5.
5. Walton RE, Torabinejad M. Endodoncija: Načela i praksa. 4. izd. Zagreb: Naklada Slap; 2009. 476p.
6. Šutalo J,. i sur. Patologija i terapija tvrdih zubnih tkiva. Zagreb: Naklada Zadro; 1994. 538p.
7. Suresh Chandra B, Gopikrishna V, eds. Grossmans endodontic practice. 13th ed. Wolters Kluwer Health; 2014. 551p.
8. Hülsmann M, Peters OA, Dummer PMH. Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. Endod Topics. 2005;10(1):30-76.
9. Schafer E. Root canal instruments for manual use: a review. Endod Dent Traumatol. 1999;13(2):51-64.
10. Kranjčić J, Majdandžić M, Pandurić V. Instrumenti u endodontskoj terapiji. Sonda. 2009;9(17):43-7.
11. Ye J, Gao Y. Metallurgical characterization of M-Wire nickel-titanium shape memory alloy used for endodontic rotary instruments during low-cycle fatigue. J Endod. 2012;38(1):105-7.
12. Goel A, Rastogi R, Manisha T, Rajkumar B, Boruah L, Gupeta V. An Overview of Modern Endodontic Niti Systems. I nt J Sci Res. 2015;4(4):595-7.
13. Çapar JD, Arslan H. A review of instrumentation kinematics of engine-driven nickel–titanium instruments. Int Endod J. 2015;49(2):119-35.
14. Lloyd A. Root canal instrumentation with ProFile™ instruments. Endod Topics. 2005;10(1):151-4.
15. Sae-Lim V, Rajamanickam I, Lim BK, Lee HL. Effectiveness of ProFile 04 taper rotary instruments in endodontic retreatment. Int Endod J. 2000;26(2):100-4.
16. Peters OA, Peters CI, Schönenberger K, Barbakow F. ProTaper rotary root canal preparation: effects of canal anatomy on final shape analysed by micro CT. Int Endod J. 2003;36(2):86-92.

17. Capar ID, Arslan H, Akcay M, Uysal B. Effects of ProTaper Universal, ProTaper Next, and HyFlex instruments on crack formation in dentin. Int Endod J. 2014;40(9):1482-4.
18. Capar ID, Ertas H, Ok E, Arslan H, Ertas ET. Comparative study of different novel nickel-titanium rotary systems for root canal preparation in severely curved root canals. J Endod. 2014;40(6):852-6.
19. Schäfer E, Erler M, Dammaschke T. Comparative study on the shaping ability and cleaning efficiency of rotary Mtwo instruments. Part 2. Cleaning effectiveness and shaping ability in severely curved root canals of extracted teeth. Int Endod J. 2006,39(3):203-12.
20. Topçuoğlu HS, Zan R, Akpek F, Topçuoğlu G, Ulusan Ö, Aktı A, Düzgün S. Apically extruded debris during root canal preparation using Vortex Blue, K3XF, ProTaper Next and Reciproc instruments. Int Endod J. 2016;49(12):1183-7.
21. Plotino G, Grande NM, Cotti E, Testarelli L, Gambarini G. Blue treatment enhances cyclic fatigue resistance of vortex nickel-titanium rotary files. J Endod. 2014;40(9):1451-3.
22. Shen Y, Zhou H, Coil JM, Aljazaeri B, Buttar R, Wang Z, Zheng YF, Haapasalo M. ProFile Vortex and Vortex Blue Nickel-Titanium Rotary Instruments after Clinical Use. Int Endod J. 2015;41(6):937-42.
23. Božić K. Reciprocitetne tehnike instrumentacije korijenskih kanala: diplomski rad. Zagreb: Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu; 2015. 45p.
24. Keskin C, Inan U, Demiral M, Keleş A. Cyclic Fatigue Resistance of Reciproc Blue, Reciproc, and WaveOne Gold Reciprocating Instruments. J Endod. 2017:43(8):1360-3.
25. Wav Dhingra A, Kochar R, Banerjee S, Srivastava P. Comparative evaluation of the canal curvature modifications after instrumentation with One Shape rotary an Wave One reciprocating files. J Conserv Dent. 2014;17(2):138-41.
26. Pruett JP, Clement DJ, Carnes DL. Cyclic fatigue testing of Nickel-Titanium endodontic instruments. Int Endod J. 1997;23:77-05.
27. De-Deus G, Moreira EJ, Lopes HP, Elias CN. Extended cyclic fatigue life of F2 ProTaper instruments used in reciprocating movement. Int Endod J. 2010;43(12):1063-8.
28. Ferreira F, Adeodato C, Barbosa I, Aboud L, Scelza P, Zaccaro Scelza M. Movement kinematics and cyclic fatigue of NiTi rotary instruments: a systematic review. Int Endod J. 2017;50(2):143-152.
29. Pedullà E, Lizio A, Scibilia M, Grande NM, Plotino G, Boninelli S, Rapisarda E, Lo Giudice G. Cyclic fatigue resistance of two nickel-titanium rotary instruments in interrupted rotation. Int Endod J. 2017;50(2):194-201.

30. Pedullà E, Lo Savio F, Boninelli S, Plotino G, Grande NM, Rapisarda E, La Rosa G. Influence of cyclic torsional preloading on cyclic fatigue resistance of nickel - titanium instruments. Int Endod J. 2015;48(11):1043-50.
31. Uygun AD, Kol E, Topcu MKC, Seckin F, Ersoy I, Tanriver M. Variations in cyclic fatigue resistance among ProTaper Gold, ProTapr Next and ProTapr Universal instruments at different levels. Int Endod J. 2016;49:494-9.
32. Martinho FC, Gomes AP, Fernandes AM, Ferreira NS, Endo MS, Freitas LF, Camões IC. Clinical comparison of the effectiveness of single-file reciprocating systems and rotary systems for removal of endotoxins and cultivable bacteria from primarily infected root canals. Int Endod J. 2014;40(5):625-9.
33. Marincho AC, Martinho FC, Goncalves LM, Rabang HR, Gomes BP. Does the Reciproc file remove root canal bacteria and endotoxins as effectively as multifile rotary systems?. Int Endod J. 2015;48:542-8.
34. Caviedes-Bucheli J, Castellanos F, Vasquez N, Ulate E, Munoz HR. The influence of two reciprocating single-file and two rotary-file systems on the apical extrusion of debris and its biological relationship with symptomatic apical periodontitis. A systematic review and meta-analysis. Int Endod J. 2016;49(3):255-70.
35. Silva EJ, Carapiá MF, Lopes RM, Belladonna FG, Senna PM, Souza EM, De-Deus G. Comparison of apically extruded debris after large apical preparations by full-sequence rotary and single-file reciprocating systems. Int Endod J. 2016;49(7):700-5.
36. Dincer AN, Er O, Canakci BC. Evaluation of apically extruded debris during root canal retreatment with several NiTi systems. Int Endod J. 2015;48(12):1194-8.
37. Topçuoğlu HS, Düzgün S, Akpek F, Topçuoğlu G, Aktı A. Influence of a glide path on apical extrusion of debris during canal preparation using single-file systems in curved canals. Int Endod J. 2016;49(6):599-603.
38. Alovisi M, Cemenasco A, Mancini L, Paolino D, Scotti N, Bianchi CC, Pasqualini D. Micro-CT evaluation of several glide path techniques and ProTaper Next shaping outcomes in maxillary first molar curved canals. Int Endod J. 2017;50(4):387-97.
39. Miserendino LJ, Moser JB, Heuer MA, Osetek EM. Cutting efficiency of endodontic instruments. Part 1: a quantitative comparison of the tip and fluted regions. J Endod. 1985;11(10):435-41.

40. Plotino G, Giansiracusa Rubini A, Grande NM, Testarelli L, Gambarini G. Cutting efficiency of Reciproc and WaveOne reciprocating instruments. J Endod. 2014;40(8):1228-30.
41. Metzger Z. The self adjusting file (SAF) system: An evidence-based update. J Conserv Dent. 2014;17(5):401-19.
42. Saha SG, Gupta RK, Bhardwaj A, Misuriya A, Saha MK, Nirwan AS. Comparison of the incidence of postoperative pain after using a continuous rotary system, a reciprocating system, and a Self-Adjusting File system in single-visit endodontics: A prospective randomized clinical trial. J Conserv Dent. 2018;21(3):333-8.
43. Pinturić V, Karlović Z. Noviteti u strojnoj instrumentaciji korijenskih kanala. Sonda 2012;13(23):74-8.
44. Cooke HG 3rd, Cox FL. C-shaped canal configurations in mandibular molars. J Am Dent Assoc. 1979;99(5):836-9.
45. Capar ID, Arslan H, Akcay M, Ertas H. An in vitro comparison of apically extruded debris and instrumentation times with ProTaper Universal, ProTaper Next, Twisted File Adaptive, and HyFlex instruments. J Endod. 2014;40(10):1638-41.
46. Plotino G, Grande NM, Testarelli L, Gambarini G. Cyclic fatigue of Reciproc and WaveOne reciprocating instruments. Int Endod J. 2012;45(7):614-8.
47. Kim HC, Kwak SW, Cheung GS, Ko DH, Chung SM, Lee W. Cyclic fatigue and torsional resistance of two new nickel-titanium instruments used in reciprocationmotion: Reciproc versus WaveOne. J Endod. 2012;38(4):541-4.
48. Roane JB, Sabala CL, Duncanson MG Jr. The "balanced force" concept for instrumentation of curved canals. J Endod. 1985;11(5):203-11.

6. ŽIVOTOPIS

Paola Rapanić rođena je 9.3.1994. u Zadru. Završava Osnovnu školu Manuš i V. opću gimnaziju Vladimir Nazor u Splitu. Godine 2012. upisuje Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu koji završava 2018. godine. Bila je članica sekcije za oralnu kirurgiju te je aktivno sudjelovala na I. Kongresu studenata Dentalne medicine s temom „Sinus lift - metode" pod mentorstvom doc. dr. sc. Marka Granića. Tijekom studija praktično znanje i iskustvo stječe asistiranjem u stomatološkoj ordinaciji.