



Sveučilište u Zagrebu  
Stomatološki fakultet

Ivan Kasumović

# **INOVATIVNI PRISTUPI U ENDODONTSKOJ TERAPIJI ZUBA**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2019.

Rad je ostvaren u: Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu; Zavod za endodonciju i restaurativnu stomatologiju

Mentor rada: dr. sc. Valentina Brzović Rajić, Zavod za endodonciju i restaurativnu stomatologiju, Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Lektor hrvatskog jezika: Martina Bunić, mag. philol. croat.

Lektor engleskog jezika: Gea Pandžić, mag. philol. angl. et mag. ling.

Sastav Povjerenstva za obranu diplomskog rada:

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_

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

Rad sadrži: 33 stranice

3 tablice

6 slika

1 CD

Rad je vlastito autorsko djelo, koje je u potpunosti samostalno napisano uz naznaku izvora drugih autora i dokumenata korištenih u radu. Osim ako nije drukčije navedeno, sve ilustracije (tablice, slike i dr.) u radu izvorni su 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 njihova podrijetla.

## **Zahvala**

Zahvaljujem svojoj mentorici dr. sc. Valentini Brzović Rajić na ukazanoj pomoći prilikom izrade ovog diplomskog rada.

Iskreno zahvaljujem svojoj obitelji koja mi je omogućila sve u životu.

## **INOVATIVNI PRISTUPI U ENDODONSTKOJ TERAPIJI ZUBA**

### **Sažetak**

Endodontsko liječenje zubi je terapijski postupak čija provedba podrazumijeva uklanjanje upalno promijenjene pulpe, smanjenje broja mikroorganizama u endodontskom prostoru, adekvatno trodimenzionalno punjenje korijenskih kanala te pravovremenu postendodontsku opskrbu. Mehaničko oblikovanje i čišćenje korijenskih kanala provodi se ručnim i strojnim instrumentima. Strojne tehnike instrumentacije inovativni su pristup u provedbi endodontske terapije zuba. Strojne endodontske sustave dijelimo na: rotacijske, recipročne, adaptivne i vibracijske. Rotacijski sustavi koriste pokret stalne rotacije uz manje brzine, recipročni sustavi izmjenjuju pokret instrumenta u smjeru suprotnom od smjera kazaljke na satu, adaptivni sustavi prilagođavaju smjer kretnje instrumenta u korijenskom kanalu, a vibracijski sustavi koriste pokrete unutra-van. Rotacijski sustavi F360 i F6 SkyTaper upotrebom superelastične NiTi legure i novog dizajna instrumenta koji u poprečnom presjeku imaju oblik dvostrukog slova S, pokazali su visoku učinkovitost u uklanjanju zaostatnog sloja, fleksibilnost, veću otpornost na ciklički zamor i lom te dobru prilagodbu različitim anatomijama korijenskih kanala.

Primjenom strojne instrumentacije tijekom čišćenja i širenja korijenskih kanala skraćuje se vrijeme potrebno za provedbu endodontske terapije, smanjuje se učestalost transportacije te povećava efektivnost terapije. Inovativnim tehnikama i materijalima, dijagnostičko-terapijski postupci u endodontskoj terapiji ostvaruju napredak i sugeriraju njihovu svakodnevnu kliničku primjenu.

**Ključne riječi:** instrumentacija, strojni sustavi, NiTi legure, sustav F360, sustav F6 SkyTaper

## **INOVATIVE APPROACHES IN ENDODONTIC TOOTH THERAPY**

### **Summary**

Endodontic dental treatment is a therapeutic procedure the implementation of which involves the removal of inflammatory pulp, reduction of the number of microorganisms in the endodontic space, adequate three-dimensional filling of the root canals and timely postendodontic supply. Mechanical shaping and the cleaning of root canals is performed using hand and machine tools. Machine instrumentation techniques are an innovative approach in the implementation of endodontic tooth therapy. Machine endodontic systems are divided into: rotary, reciprocal, adaptive and vibrational. Rotary systems use constant rotation at lower speeds, reciprocal systems rotate the instrument counter-clockwise, adaptive systems adjust the direction of the movement of the instrument in the root canal and vibration systems use inward-outward movements. The F360 and F6 SkyTaper rotary systems, using a superelastic NiTi alloy and a new S-shaped cross-sectional instrument design, have shown high efficiency in residual backbone removal, flexibility, greater resistance to cyclic fatigue and fracture and good adaptation to different root canal anatomies.

The use of machine instrumentation during root canal cleansing and expansion shortens the time required to perform endodontic therapy, reduces the frequency of transport and increases the effectiveness of therapy. With innovative techniques and materials, diagnostic and therapeutic procedures in endodontic therapy make progress and suggest their daily clinical application.

**Keywords:** instrumentation, machine systems, NiTi alloys, F360 system, F6 SkyTaper system

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. INSTRUMENTACIJA ENDODONTSKOG PROSTORA.....	4
2.1. Ručna instrumentacija korijenskih kanala.....	6
2.2. Strojna instrumentacija korijenskih kanala.....	8
2.2.1. Rotacijski strojni endodontski sustavi.....	11
2.2.2. Recipročni strojni endodontski sustavi.....	13
2.2.3. Adaptivni strojni endodontski sustavi.....	15
2.2.4. Vibracijski strojni endodontski sustavi.....	17
2.3. Dosadašnji rezultati učinkovitosti instrumentacije korijenskih kanala sustavima F360 i F6 SkyTaper.....	18
3. RASPRAVA.....	22
4. ZAKLJUČAK.....	25
5. LITERATURA.....	27
6. ŽIVOTOPIS.....	32

## **Popis skraćenica**

ADA - eng. American Dental Association, hrv. američko stomatološko udruženje

CCW - engl. Counterclockwise, hrv. u smjeru suprotnom od smjera kazaljke na satu

CM - engl. controlled memory, hrv. kontrolirana memorija

CW - engl. Clockwise, hrv. u smjeru kazaljke na satu

ISO - engl. International Organization for Standardization, hrv. međunarodna organizacija za standardizaciju

MTA - mineralni trioksidni agregat

SAF - engl. Self-Adjusting File, hrv. samopodešavajući instrument

TF - engl. twisted file, hrv. „zavijeni” instrument

## **1. UVOD**



Endodoncija je grana stomatologije koja proučava morfologiju, fiziologiju i patologiju zubne pulpe i okolnog potpornog tkiva te dijagnozu, prevenciju i liječenje oboljenja i povreda istih (1). Prvi tragovi o endodontskoj terapiji sežu u drevnu Kinu gdje se razvila teorija o crvu unutar zubi (tooth worm) koji uzrokuje bol, a bili su prvi koji su upotrebljavali arsen za liječenje pulpitisa (2). Suvremeni endodontski postupci podrazumijevaju primjenu inovativnih tehnika i materijala u svrhu promicanja kvalitetnije zdravstvene skrbi. Nove tehnologije, suvremeni dijagnostičko-terapijski postupci te biokompatibilni materijali dostupni su sve većem broju pacijenata zbog kontinuiranog unapređenja struke i tržišta u području dentalne medicine.

Endodontsko liječenje zubi je terapijski postupak čija provedba podrazumijeva uklanjanje upalno promijenjene pulpe, smanjenje broja mikroorganizama u endodontskom prostoru, adekvatno trodimenzionalno punjenje korijenskih kanala te pravovremenu postendodontsku opskrbu. Mehanička obrada korijenskih kanala od iznimne je važnosti u provedbi uspješnog endodontskog liječenja. Instrumentacijom endodontskog prostora nastoje se očistiti i oblikovati korijenski kanali. Uklanjanje upalnog i/ili nekrotičnog pulpnog tkiva jedan je od glavnih ciljeva endodontske terapije, a postiže se primjenom ručnih i/ili strojnih instrumenata. Dugi niz godina ručna instrumentacija je bila jedina tehnika instrumentacije u mehaničkom čišćenju i širenju korijenskih kanala sve do ranih 90-ih godina dvadesetog stoljeća kada su se na tržištu prvi put pojavili strojni endodontski sustavi koji su označili novi zaokret u terapiji (3). Strojne endodontske sustave dijelimo na: rotacijske, recipročne, adaptivne i vibracijske. Rotacijski sustavi koriste pokret stalne rotacije uz manje brzine, reciprocitetni sustavi izmjenjuju pokret instrumenta u smjeru suprotnom od smjera kazaljke na satu, adaptivni sustavi prilagođavaju smjer kretnje instrumenta u korijenskom kanalu, a vibracijski sustavi koriste pokrete unutra-van tijekom minimalno invazivne instrumentacije korijenskog kanala. Čišćenjem korijenskog kanala nastoje se eliminirati mikroorganizmi, organski ostaci, vitalno tkivo i ostala onečišćenja. Oblikovanjem je potrebno dobiti kontinuirani konični izgled koji je najuži u apikalnom, a najširi u koronarnom dijelu korijenskog kanala. Strojni endodontski sustavi skraćuju vrijeme kliničkog rada, omogućuju lakše i bolje oblikovanje korijenskog kanala, manje umaraju praktičara i smanjuju postoperativnu bol kod pacijenata (4).

Tijekom instrumentacije potrebno je konstantno ispiranje kako bi se uklonili mikroorganizmi i onečišćenja jer nakon mehaničke instrumentacije veliki dio kanala ostaje neočišćen, a primjenom irigansa kanal se dodatno dezinficira (5). Razvojem tehnologije, u svakodnevni klinički rad ordinacija dentalne medicine uvode se inovativne tehnike i terapijski

postupci. Razvijeni su novi sustavi aktivnog ispiranja korijenskih kanala koji zamjenjuju pasivno ispiranje iglom i špricom. U upotrebi su: pasivno ultrazvučno ispiranje, zvučno aktivno ispiranje, Rins Endo sustav i laserski aktivirano ispiranje. Aktivnim ispiranjem, koje se temelji na hidrodinamskom učinku, omogućen je dubok prodor sredstva za ispiranje u lateralne i akcesorne kanale, apikalni dio korijenskih kanala i dentinske tubuluse (6). Za punjenje korijenskog kanala široku kliničku primjenu imaju biokompatibilni materijali koji omogućuju regeneraciju kosti i dentina, imaju bolja antimikrobna svojstva i bolju adhezivnost u vlažnom okruženju; takvi su materijali: Biokeramika, mineralni trioksidni agregat (MTA), Biodentin, Bioagregat i dr. (7). Završni dio endodontske terapije čini postendodonska opskrba zubi koja za svrhu ima sprječavanje reinfekcije endodontskog prostora. Materijali i postupci koji se primjenjuju za postendodonsku opskrbu zubi ovise o količini preostalog zubnog tkiva, a moraju biti otporni na mehanički, termički i kemijski stres (8).

U odnosu na konvencionalne oblike liječenja i odabir materijala u području dentalne medicine, primjenom suvremenih dijagnostičko-terapijskih postupaka pacijent može u suradnji sa svojim liječnikom dentalne medicine neželjene učinke liječenja svesti na minimum te odabrati plan terapije kojim današnja endodontska terapija uspješno uspostavlja biološke procese i regeneraciju tkiva u svrhu očuvanja zubi u žvačnoj, estetskoj i fonetskoj funkciji.

Svrha ovog rada je prikazati inovativne strojne sustave u endodontskoj terapiji zuba.

## **2. INSTRUMENTACIJA ENDODONTSKOG PROSTORA**

Instrumentacija je postupak čišćenja i širenja korijenskog kanala koji podrazumijeva uklanjanje pulpnog tkiva i trodimenzionalno oblikovanje u svrhu adekvatnog punjenja i brtvljenja kanala materijalom za punjenje.

Danas se primjenjuju različite tehnike obrade korijenskih kanala od kojih su najčešće step-back i crown-down tehnika (Tablica 1).

Step-back tehnikom se primarno instrumentira apikalna trećina korijena, zatim srednja trećina, a na kraju koronarna trećina, te se postupno uvode sve veći instrumenti. Kod ove tehnike se preporučuje korištenje ručnih instrumenata. Crown-down tehnikom se primarno instrumentira koronarna trećina, a zatim srednja i apikalna trećina korijenskog kanala. Instrumenti koji se koriste kod crown-down tehnike mogu biti strojni i ručni (9).

Tablica 1. Tehnike obrade korijenskih kanala

Step-back tehnika (ručna)	Konvencionalni step-back Pasivni step-back
Crown-down (step-down) tehnika (ručna i strojna)	Crown-down bez pritiska Double flared Balanced forced
Hibridna tehnika	

## 2. 1. Ručna instrumentacija korijenskih kanala

Ručni instrumenti su se sve do 60-ih godina dvadesetog stoljeća izrađivali od čelika s udjelom ugljika, a kasnije su bili zamijenjeni instrumentima od nehrđajućeg čelika čime se dobila veća otpornost na koroziju prilikom sterilizacije, bolja efikasnost rezanja dentina i veća otpornost na lom. Najveći nedostatak instrumenata od nehrđajućeg čelika je smanjena savitljivost tijekom instrumentacije zavijenih korijenskih kanala, a kako bi se riješio takav problem proizvedeni su instrumenti od fleksibilnog nehrđajućeg čelika koji posjeduje veći stupanj savitljivosti. Danas široku primjenu imaju vrlo savitljive legure od nikal-titana (NiTi) (9, 11).

Postoje dvije tehnike proizvodnje instrumenata, strojna i klasična. Strojnom tehnikom se direktno na tokarskom stroju proizvode headstreami, svi NiTi instrumenti i neki K-tip instrumenti. U odnosu na instrumente iste veličine proizvedene klasičnom tehnikom, instrumenti dobiveni strojnom tehnikom su otporniji na lom. Klasična tehnika se temelji na uvijanju i brušenju žice, te se takvim načinom proizvode K-tip proširivača i strugača. Oni se razlikuju prema poprečnom presjeku koji može biti trokutastog, kvadratičastog ili romboidnog oblika. Proširivači imaju manji broj navoja u odnosu na strugače iste veličine (12).

ADA (American Dental Association) je postavila međunarodne standarde za promjer, dužinu, otpornost na lom, čvrstoću i otpornost na koroziju instrumenata (9). Ručni instrumenti dostupni su u tri dužine radnog dijela: 21, 25 i 31 mm. Dimenzije instrumenata određuju se prema promjeru na određenoj poziciji duž njegove dužine. Promjer na vrhu, gdje počinje rezna oštrica, označava se kao D0 i povećava se za 0,05 mm za svaku iduću veličinu do instrumenta #60, a onda za 0,10 mm za svaku iduću veličinu do #140. Držak instrumenta se može pojaviti u pet različitih boja koje se ponavljaju istim redom, a to su bijela, žuta, crvena, plava, zelena i crna koje odgovaraju veličinama instrumenata #15-#40, #45-#80 i #90-#140. Instrument veličine 08 ima sivi držak, a instrument veličine 10 ljubičasti. Nagib instrumenta povećava se za 0,02 mm po milimetru dužine. Vrh instrumenata je piramidalan i zatvara kut od  $75^{\circ} \pm 15^{\circ}$ , a noviji instrumenti imaju vrh drugačijeg oblika i kuta. Kako bi se izbjeglo urezivanje instrumenata u vanjsku stjenku zavijenog kanala, izrađuju se instrumenti s neagresivnim vrškom koji prate zakrivljenost kanala (9, 11). Proširivači se u korijenskom kanalu rotiraju u smjeru kazaljke na satu za  $90^{\circ}$  ako su četvrtastog ili  $120^{\circ}$  ako su trokutastog presjeka. Strugači se, osim rotacijskih kretnji, umeću u kanal do tražene duljine i tlače stijenke kanala, povlačeći

prema koronarno. Headstream strugači se koriste samo za struganje, gdje se dentin reže samo pri izvlačenju iz kanala i puno su učinkovitiji od K-strugača (9).

Najčešće primjenjivana tehnika kod ručne instrumentacije korijenskih kanala je step-back tehnika koja ostvaruje koničan oblik korijenskog kanala, a apikalni otvor se zadržava malim i u njegovom prvobitnom položaju. Step-back tehnika se pokazala dobrom kod ravnih kanala, dok kod zavijenih kanala može doći do jatrogenog oštećenja. Kako bi se smanjio broj jatrogenih oštećenja, razvijena je step-down tehnika koja prvo primjenjuje šire instrumente za oblikovanje koronarne trećine kanala, zatim manje instrumente za oblikovanje apikalne trećine. Oblikovanjem koronarne trećine kanala omogućen je pravocrtni pristup, poboljšana je taktilna kontrola, bolje ispiranje i uklanjanje dentinskih ostataka. Step-down tehnikom u odnosu na step-back tehniku smanjeno je začepljenje kanala i potiskivanje sadržaja kanala u periapikalno tkivo (10, 13).

Tijekom endodontskog liječenja važno je razvrstati i osigurati primjenu adekvatnog instrumenta, održavati instrumente provođenjem mjera dezinfekcije, čišćenja, sterilizacije i pohrane te rabiti instrumente prema propisanim protokolima instrumentacije.

## 2.2. Strojna instrumentacija korijenskih kanala

Uvođenje strojne instrumentacije i NiTi legura predstavljalo je veliki napredak u endodonciji. Napredak se očituje u kvaliteti obrade korijenskih kanala, skraćenom vremenu provedbe terapije pacijenta i značajnom smanjenju proceduralnih pogrešaka. Posljednjih nekoliko godina endodontskim instrumentima mijenja se dizajn, površinska i toplinska obrada NiTi legura te konstruiranje novih pogona za pokretanje (15).

Legure NiTi koje se koriste u liječenju korijenskih kanala sadrže oko 56% nikla i 44% titana te se ovisno o temperaturi pojavljuju u dvije kristalne strukture nazvane austenit (kubični oblik kristalne rešetke) i martenzit (heksagonalni oblik kristalne rešetke). Pri nižim temperaturama legura je u martenzitnoj fazi i ima izražena plastična svojstva, dok povišenjem temperature prelazi u međufazu (R-faza) i nakon toga prelazi u austenitnu fazu koja ima izražena svojstva superelastičnosti i vraćanja u prvobitni oblik (eng. *shape memory*) (Slika 1).



Slika 1. Usporedbe čeličnog (strugač #25) i NiTi (F360, F6 SkyTaper) instrumenta nakon savijanja

Legura u R-fazi ima najniži modul elastičnosti, dok martenzit ima veću elastičnost od austenita. Konvencionalni NiTi instrumenti uglavnom se sastoje od austenitne faze i imaju izražena svojstva superelastičnosti i vraćanja u prvobitni oblik (*shape memory*). Temperatura završetka austenitne faze je niža od tjelesne temperature te zbog toga instrument u korijenskom kanalu ima svojstvo superelastičnosti. Takvi instrumenti se proizvode postupkom brušenja što može imati negativne učinke na otpornost od loma, učinkovitost rezanja i otpornost na koroziju. Elektropoliranjem površine takvih instrumenata isključuju se negativni učinci i poboljšavaju se

njihova svojstva. U nastojanju proizvodnje fleksibilnije NiTi legure razvio se termomehanički postupak izrade M-žice (eng. *M-wire*). Temperatura završetka austenitne faze viša je od tjelesne temperature (43-50°C) i takav materijal u kliničkim uvjetima, osim austenitne faze, sadrži manji udio R-faze i martenzita. M-žica uz superelastičnost pokazuje veću fleksibilnost i veći otpor na ciklički zamor od konvencionalnog NiTi. Ubrzo nakon uvođenja M-žice razvija se novi instrument *Twisted file* (TF) čiji postupak proizvodnje uključuje tri nove metode: R-faznu toplinsku obradu, uvrtnje metalne žice i površinsko kondicioniranje. Takvi instrumenti također pokazuju veću fleksibilnost i veći otpor na ciklički zamor u odnosu na konvencionalni NiTi. Razvojem legure s većim udjelom martenzitne faze konstruirana je žica s kontroliranom memorijom (eng. *Controlled Memory wire*, CM) koja pri sobnoj i tjelesnoj temperaturi nema superelastična svojstva. Zbog pseudoelastičnosti martenzita nema tendenciju ispravljanja u zavijenom korijenskom kanalu, zadržava oblik u kojem je bila i ima povećanu otpornost na ciklički zamor u odnosu na M-žicu i konvencionalni NiTi (15, 16, 17, 18).

U proizvodnji instrumenata s kontroliranom memorijom razvijen je proces obrade električnim pražnjenjem (eng. *Electric Discharge Machining*) čime je povećana snaga i otpornost na lom. Prvi sustav koji koristi ovu tehniku proizvodnje je Hyflex EDM (Coltene, Altstätten, Švicarska). Zbog izvrsne kombinacije fleksibilnosti i otpornosti na lom omogućeno je smanjenje broja instrumenata potrebnih za čišćenje i oblikovanje korijenskih kanala (16, 19).

Postupkom brušenja žice s kontroliranom memorijom prije termičke obrade razvijena su dva zlatna (ProTaper Gold (Dentsply Sirona, Salzburg, Austrija), WaveOne Gold (Dentsply Sirona, Salzburg, Austrija)) i dva plava (ProFile Vortex Blue (Dentsply Sirona, Salzburg, Austrija), Reciproc Blue (VDW, Munich, Njemačka)) NiTi rotacijska sustava. WaveOne Gold i Reciproc Blue se koriste recipročnim kretnjama, dok ProFile Vortex Blue i ProTaper Gold rotacijskim kretnjama. NiTi legura nazvana MaxWire (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Švicarska) prva je u kliničkoj praksi koja kombinira efekt pamćenja oblika i superelastičnost. U korijenskom kanalu pokazuje efekt pamćenja oblika, a tijekom obrade kanala superelastičnost (16).

Osim obrade NiTi legura, u konstrukciji instrumenata važan je njihov dizajn. Instrumenti mogu imati režući vrh koji prolazi kroz uske i kalcificirane kanale i nerežući vrh



kod kojeg postoji minimalna mogućnost perforacije kanala za razliku od režućeg koji je agresivniji. Nagib instrumenta važna je značajka u dizajnu. Postoje instrumenti koji imaju konstantan nagib, ali različit promjer apikalnog vrha i instrumenti s konstantnim promjerom apikalnog vrha različitim konusom koji varira od .04 do .12. Radijalna površina (eng. *radial land*) je površina koja prolazi aksijalno od središnje osi, između žlijebova, do reznog ruba. Radijalna površina je potpora oštrici koja zajedno s nerezucim vrhom omogućuje pravilan položaj instrumenta u kanalu i sprječava nakupljanje dentinskih ostataka. Kut nagiba (eng. *rake angle*) je kut između reznog brida i poprečnog presjeka okomitog na uzdužnu os instrumenta. Pozitivni kut nagiba učinkovitije reže od zastupljenijeg negativnog i neutralnog kuta. Pozitivni kut može dovesti do loma instrumenta, dok su neutralni i negativni kutevi manje agresivni. Varijabilni spiralni kut (eng. *helical flute angles*) još je jedno od svojstava koja su poboljšala učinkovitost rotacijskih instrumenata. Prema definiciji, spiralni kut jest kut koji rezni bridovi zatvaraju s dužinskom osi instrumenta. Rastom spiralnog kuta od vrha prema ručki značajno je poboljšano uklanjanje dentinskih ostataka iz kanala (3, 20, 21).

### 2.2.1. Rotacijski strojni endodontski sustav

Tijekom provedbe endodontske terapije danas je na raspolaganju više od 160 automatiziranih instrumentacijskih sustava, proizvedenih iz različitih NiTi legura, termički ili na neki drugi način obrađenih, sa svojstvima superelastičnosti i memorije oblika. Dostupni su: rotacijski, recipročni, vibracijski i adaptivni endodontski sustavi (15). Trenutno se rotacijski sustavi povijesno mogu podijeliti na pet generacija, Tablica 2 (22).

Tablica 2. Podjela prema generacijama

	Karakteristike:	Primjeri nekih sustava:
1. Generacija	slabiji učinak rezanja, fiksni konus od .04 i .06	Profile, Quantec, System GT
2. Generacija	aktivni rezni rubovi, promjenjivi konus, elektropolirana površina	RaCe, ProTaper, K3
3. Generacija	termički obrađene legure, fleksibilnost, otpornost na lom	HyFlex, K3 XF, Vortex Blue
4. Generacija	rotacijske i recipročne kretnje	WaveOne, SAF
5. Generacija	Izmijenjen dizajn, smanjeno uvrtanje, otpornost na lom	Revo-S, HyFlex EDM, F360, F6 SkyTaper

Rotacijski endodontski sustavi koriste pokret stalne rotacije od 360° uz manje brzine. Rotacijska brzina je broj okretaja u minuti, a preporučene vrijednosti iznose 250-500 o/min. Veća brzina omogućuje bolju reznju učinkovitost, ali dovodi do prijeloma instrumenta zbog povećanog stresa, količine naprezanja i skraćenog vremena za „oporavak“ legure. Za sigurno kretanje cijelom dužinom kanala važno je korištenje optimalne brzine za instrument koju je preporučio proizvođač. Povećanjem brzine zbog obrnute proporcionalnosti dolazi do snižavanja okretnog momenta što smanjuje negativan učinak smanjene otpornosti na ciklički zamor. Okretni moment (tork) je sila koja djeluje na objekt u rotaciji. Kako se sila povećava,

povećava se otpor trenja i dovodi do stvaranja topline što može uzrokovati neugodu za pacijenta. Visoke vrijednosti okretnog momenta omogućuju učinkovitije i lakše rezanje, ali dovode do većeg rizika od „zaključavanja“ instrumenta i njegovog loma. Niže vrijednosti okretnog momenta uzrokuju smanjenje cikličkog zamora i manju mogućnost deformacije instrumenta čime im je produžena upotreba, ali imaju lošiju učinkovitost rezanja i teži prolazak kroz korijenski kanal. Manji okretni moment se koristi za manji i suženiji instrument, dok se veći zakretni moment koristi za veći i širi instrument. Idealan odnos između brzine i okretnog momenta ovisi o vrsti legure koja se primjenjuje u rotacijskom sustavu, a preporučena je od strane proizvođača kako bi se što bolje iskoristila svojstva materijala (23, 24, 25).

Važna karakteristika rotacijskih instrumenata odnosi se na njihov režući ili nerezajući vrh, što ih čini različito agresivnima. Prednost režućeg vrha je bolja sposobnost instrumentacije kalcificiranih kanala, ali i mogućnost grešaka prilikom obrade. Konicitet instrumenta također može varirati. Instrumenti jednakog koniciteta duž radnog dijela, ali različitog promjera apikalnog vrška, razlikuju se od instrumenata s promjenjivim ili gradirajućim konicitetom.

Na tržištu su dostupni kontinuirani rotacijski sustavi koji se mogu sastojati od većeg broja instrumenata za obradu korijenskog kanala kao što su: RaCe (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Švicarska), One Shape (Micro Mega, Besançon, Francuska), Protaper Next (Dentsply Sirona, Salzburg, Austrija), Revo-S (Micro Mega, Francuska) i dr., te sustavi koji koriste samo jedan instrument: Hyflex EDM, iRace (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Švicarska), Neoniti (Neolix, Chatres-La-Forêt, Francuska), F360 (Komet Dental, Lemgo, Njemačka), F6 SkyTaper (Komet Dental, Lemgo, Njemačka) i dr.

### 2.2.2. Recipročni strojni endodontski sustavi

Recipročni strojni endodontski sustavi izmjenjuju pokret instrumenta u smjeru obrnutom (eng. *Counterclockwise*, CCW) s onima u smjeru kazaljke na satu (eng. *Clockwise*, CW). Prvi put se recipročna kretanja spominje 1964., a 1985. predstavljena je „balanced-force“ tehnika koja izmjenjuje nejednake CW i CCW pokrete s ručnim instrumentima (26).

Ograničavanje kuta rotacije instrumenta u smjeru rezanja, koji je veći od kuta rotacije u suprotnom smjeru, dovelo je do razvoja recipročnog pokreta čime je značajno smanjena torzijska napetost instrumenta u zakrivljenom korijenskom kanalu. Svi današnji recipročni sustavi iz komercijalnih se razloga okreću u smjeru obrnutom od smjera kazaljke na satu (CCW) te im je za puni krug od 360° potrebno nekoliko ciklusa recipročnih pokreta. Uspoređivanjem recipročnog i kontinuiranog rotacijskog pokreta dokazano je da recipročni pokret omogućuje duži životni vijek instrumenta jer dolazi do povećanja otpornosti na ciklički zamor materijala, smanjenje torzijskog opterećenja, kraćeg vremena instrumentacije, dok kod oba pokreta nije vidljiva razlika u količini uklonjenog dentina i apikalnog transporta detritusa. Instrumenti koji koriste recipročni pokret su otporniji na lom (27, 28, 29).

Nedugo nakon što je Yared (30) napravio istraživanje na ProTaper F2 (Dentsply Sirona, Salzburg, Austrija) sustavu razvili su se sustavi koji su omogućili oblikovanje kanala jednim instrumentom Reciproc i WaveOne, proizvedeni od M-žice čime su im poboljšana svojstva fleksibilnosti i otpora na lom. Reciproc je omogućena CCW kretanja od 150° i CW kretanja od 30°, dok WaveOne ima CCW od 170° i CW od 50°. U CCW smjeru omogućeno je rezanje dentina i prodor instrumenta kroz kanal, dok CW smjer omogućava smanjenje opterećenja na instrument i čini ga otpornim na lom. Nakon konstruiranja CM-žice koja ima svojstvo pamćenja oblika i razvoja termomehaničkih postupaka obrade, razvijeni su inovativni sustavi WaveOne Gold i Reciproc Blue. Reciproc Blue je poboljšana verzija Reciproc sustava kojom je povećana fleksibilnost, otpor na ciklički zamor, a omogućava i prethodno savijanje instrumenta. Slično Reciproc Blue sustavu razvijen je WaveOne Gold sustav s karakterističnom zlatnom bojom instrumenta i poboljšanim svojstvima u odnosu na svog prethodnika (veća snaga i fleksibilnost). Na tržištu se pojavio novi sustav X1 Blue File (MK Life, Porto Alegre, Brazil) koji se koristi tehnikom termičke obrade kao Reciproc Blue, a sustav pokreta je jednak kao kod WaveOne Gold sustava. X1 Blue File koristi instrumente s trokutastim poprečnim presjekom, fiksnim konusom od 0,6 i veličinom instrumenata prema ISO standardu #20, #25 i #40 (15, 31, 32).

Endodontski motori koji pokreću recipročni strojni sustav dijele se na otvorene i zatvorene motore. Zatvoreni motor, starija verzija kod koje nisu moguće promjene kutova rotacije zamijenjena je novim otvorenim motorom gdje su moguće promjene kuta i brzine rotacije. Promjenama rotacije omogućeno je bolje prilagođavanje instrumenta kanalu, a svaki proizvođač opreme napominje optimalan kut rotacije kako bi se bolje iskoristila svojstva instrumenta. Zatvoreni motori koji se koriste su: ATR Technika (ATR), Elements motor (SybronEndo), Reciproc, WaveOne, a od otvorenih motora u upotrebi su ATR Vision (ATR, Pistoia, Italy), i Endo Dual (Acteon, Merignac, Francuska), SAF Pro System (ReDent-Nova, Ra'nana, Izrael) (29).

### 2.2.3 Adaptivni strojni rotacijski sustavi

Adaptivni rotacijski sustavi prilagođavaju smjer kretnje instrumenta u korijenskom kanalu. Kako bi se instrument prilagodio smjeru kretnje, razvijen je endodontski sustav nazvan TF (eng. *Twisted File*) Adaptive (SybronEndo, Orange, SAD).

TF Adaptive sustav koji se, osim posebno konstruiranih TF instrumenata, sastoji od specifično konstruiranog endodontskog motora (Elements Motor; SybronEndo) koji kombinira prednosti kontinuirane rotacijske i recipročne kretnje. Endodontski motor prilagođuje kretnje ovisno o stupnju stresa koji se tijekom instrumentacije razvije u korijenskom kanalu. Kada instrument nije ili je minimalno pod opterećenjem, gibanje je rotacija za 600° u smjeru kazaljke na satu (CW), nakon čega se zaustavlja i ponovno rotira u istom smjeru za isti iznos. Kod povećanog naprezanja instrumenta patentiran je algoritam koji omogućuje promjene u kretnji kako bi se smanjilo cikličko opterećenje i stres. Motor mijenja kutove rotacija i omogućuje recipročnu kretnju obrnutu od kazaljke na satu (CCW) do 50°, a u smjeru kazaljke (CW) do 370°. Kod recipročne kretnje kutovi rotacije nisu stalni nego se mijenjaju ovisno o anatomiji endodontskog prostora i stresu, te su veći u odnosu na recipročne endodontske sustave. U smjeru CW instrument reže dentin, dok se kod CCW se smanjuje stres i ciklički zamor. TF tehnologija koristi postupak uvijanja i termomehaničke obrade NiTi legure (R-faza) čime je poboljšano uklanjanje debrisa, fleksibilnost i izdržljivost instrumenta. TF Adaptive koristi dva seta, jedan za uže, a drugi za srednje i široke kanale, koji sadrže po tri instrumenta označenih crvenom, žutom i zelenom bojom. Zeleni se koristi na početku, dok crveni na kraju instrumentacije, Tablica 3 (33).

Tablica 3. Dimenzije TF Adaptive instrumenata

Veličina:	Zeleni	žuti	crveni
Uski	#40/.06	#25/.06	#35/.04
Srednji/Široki	#25/.08	#35/.06	#50/.04

TF Adaptive u odnosu na recipročne i kontinuirane rotacijske sustave ima veći otpor na ciklički zamor i manju torzijsku napetost što ga čini otpornim na lom. Zbog svojeg dizajna instrumenta efikasno uklanja debris iz korijenskog kanala i sprječava transport kroz apikalni

otvor. Ispitivanjem učinka TF Adaptive sustava u odnosu na ostale rotacijske sustave u oblikovanju S-oblika korijenskih kanala nije vidljiva značajna razlika (34, 35).

## 2.2.4 Vibracijski strojni endodontski sustavi

Sustav koji se ubraja u skupinu vibracijskih tehnika je SAF (Self Adjusting File, ReDent Nova, Ra'nana, Izrael), (Slika 2). Sustav koristi instrument koji se prilagođava obliku endodontskog prostora i ima mogućnost istovremenog ispiranja korijenskih kanala, a postiže minimalno invazivnu instrumentaciju korijenskih kanala. SAF koristi vertikalne vibracije od 0,4 mm, frekvencijom od 3000 do 5000 Hz. Rezultat toga je cirkumfleksna sila koja vrši pritisak na zidove korijenskog kanala, pri čemu bridovi NiTi rešetke prilikom vrtnje režu dentin. Prednost ovakvog sustava što cjelokupni postupak u jednom kanalu traje po dvije minute u dva ciklusa između kojih slijedi dodatno ispiranje. Izvrsno se prilagođuje okruglim i ovalnim kanalima, dok za razliku od rotacijskih sustava, s kojima je teško oblikovanje kanala spljoštenih u mezio-distalnom smjeru, SAF ima mogućnost prilagodbe. Sastoji se od stlačive NiTi rešetke cilindričnog oblika koja je šuplja u unutrašnjosti, debljine 120  $\mu\text{m}$  i promjera 1.5 do 2 mm. Zbog upotrebe NiTi legure instrument ima veliku otpornost na torzijske kretnje i zamor materijala, a kada je u potpunosti komprimiran SAF ima dimenziju instrumenta #20. Zbog te dimenzije otežano je instrumentiranje manjih kanala lateralnih zuba. Protok tekućine za ispiranje iznosi od 1 do 10 ml/min i može se individualno prilagoditi. Na tržištu su dostupne dvije veličine, promjera: 1,5 mm (u duljinama 21 mm, 25 mm i 31 mm) za uske korijenske kanale i 2 mm (u duljinama od 21 mm i 25 mm) za široke kanale. U usporedbi sa drugim rotacijskim sustavima SAF ima veću otpornost na lom instrumenta, manju mogućnost perforacije kanala, bolje uklanjanje mikroorganizama i zaostanog sloja, omogućuju lakše uklanjanje kalcijeva hidroksida i gutaperke. SAF i rotacijski sustavi uklanjaju približno jednaku količinu debrisa iz korijenskog kanala (29, 36, 37).



Slika 2. SAF sustav (Self Adjusting File, ReDent Nova, Ra'nana, Izrael)



### 2.3. Dosadašnji rezultati učinkovitosti rotacijske instrumentacije korijenskih kanala sustavima F360 I F6 SkyTaper

Od pojave prvog rotacijskog sustava do danas razvile su se brojne tehnike, instrumenti i sustavi koji su omogućili lakšu, precizniju i bržu obradu endodontskog prostora. Na tržištu je dostupan EndoPilot (Komet Dental, Lemgo, Njemačka) uređaj koji omogućuje primjenu dvaju različitih rotacijskih sustava: F360 i F6 SkyTaper (Slika 3). Karakterizira ih jednostavan slijed instrumentacije, fleksibilnost instrumenata, smanjen rizik pucanja i identičan moment sile za sve instrumente.



Slika 3. EndoPilot uređaj (Komet Dental, Lemgo, Njemačka)

Sustav F360 za obradu korijenskih kanala koristi jedan instrument. Jedna veličina instrumenta dostatna je za obradu kompletnog endodontskog prostora. Sustav sadrži četiri instrumenta u tri različite dužine (21, 25 i 31 mm) i istog koniciteta od .04. Za instrumentaciju užih kanala koristi se crveni instrument veličine #25, opcionalni instrument može biti zeleni instrument veličine #35, dok se u slučaju širih kanala koriste veličine #45 (bijela) ili #55 (crvena). Svi instrumenti koriste okretni moment od 1,8 Nm pa tijekom izmjene nije potrebno njegovo podešavanje. Instrumenti su sačinjeni od NiTi legure s presjekom u obliku dvostrukog slova S koji omogućuje veću fleksibilnost. Sadrže veliki prostor za čišćenje dentinskih ostataka

i zakrivljenu oštricu s dinamičnim povećanjem. Rotacijska brzina iznosi 250-350 o/min. Instrumenti su dostupni u sterilnom pakiranju isključivo za jednokratnu primjenu (38).

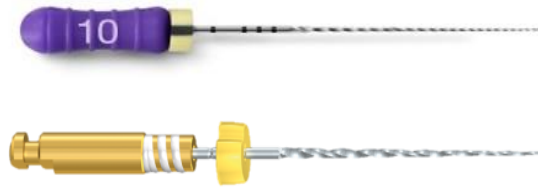
Sustav F6 SkyTaper također koristi samo jedan instrument za potpunu obradu korijenskog kanala koji je dostupan u tri različite dužine (21, 25 i 31 mm) i konstantnog je koniciteta od .06. Instrumenti su dostupni u pet različitih veličina koje odgovaraju ISO standardu: #20 (žuta), #25 (crvena), #30 (plava), #35 (zelena) i #40 (crna). Veličine od #20 do #30 koriste okretni moment od 2,2 Ncm, dok veličine od #35 do #40 koriste moment od 2,8 Nm. Brzina rotacije za sve veličine instrumenata iznosi 300 o/min. Instrumenti su građeni od konvencionalne NiTi legure s presjekom u obliku dvostrukog slova S, istog kao kod instrumenata iz sustava F360. Instrumenti su dostupni u sterilnom pakiranju i primjenjuju se jednokratno. Sustav F6 SkyTaper obrađuje kanale kontinuiranom rotacijskom kretnjom. F6 je fleksibilan sustav sa sveobuhvatnim rasponom iglica koje odgovaraju gotovo svim anatomijama korijenskih kanala (Slika 4) (39).



Slika 4. F6 SkyTaper instrumenti (#20, #25, #30, #35, #40)

Prije upotrebe obaju sustava proizvođač preporučuje korištenje svrdala za oblikovanje ulaska u korijenske kanale kako bi se olakšao pristup i prohodnost instrumentima za instrumentaciju korijenskog kanala. Nakon trepanacije i širenja ulaza u korijenski kanal rabi se ručni instrument veličine #10 ili #15 te potom strojna instrumentacija primjenom PathGlider (Komet Dental) instrumenta kako bi se osigurala prohodnost kanala i napravio put za daljnju instrumentaciju (Slika 5). PathGlider je dostupan u dvije veličine #15 i #20, konusa .03, okretnog momenta od 0,5 Ncm i brzine rotacije od 300 o/min. Instrument je napravljen od

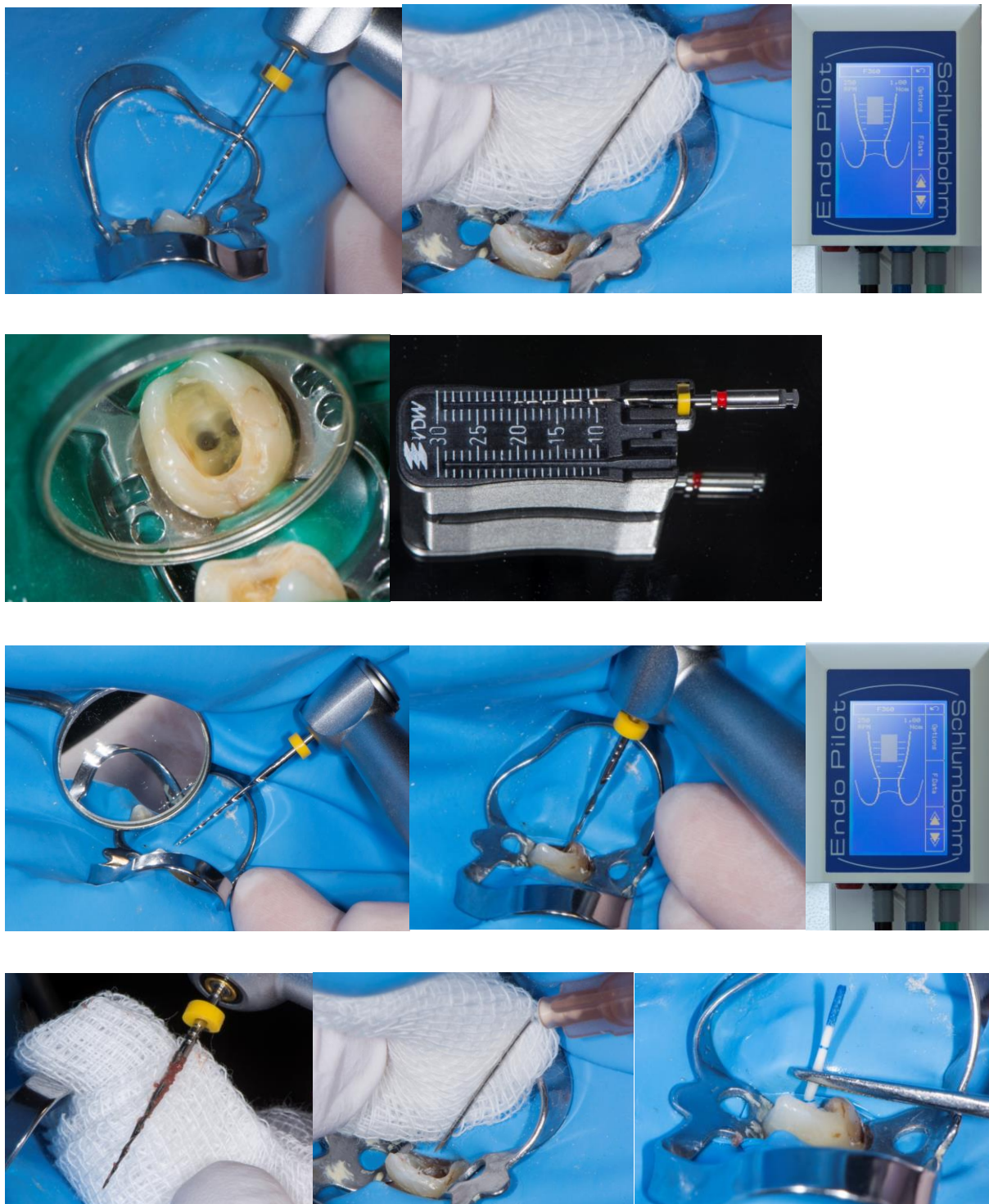
konvencionalne NiTi legure s tupim vrhom i deltoidnim presjekom za bolje pozicioniranje unutar kanala. U odnosu na ručni instrument, PathGlider smanjuje rizik od transportacije apeksa i skraćuje vrijeme rada.



Slika 5. Ručni instrument #10 i PathGlider

NiTi instrumenti zbog svojstava superelastičnosti (memorije oblika) efektivnije prate zavijenost korijenskih kanala, imaju manju učestalost transportacije te elastičnost pri savijanju i torziji prilikom instrumentacije. Strojnom obradom sustavima F360 i F6 koji rabe instrument dvostrukog presjeka pri vršku omogućena je dobra prilagodba u apikalnom dijelu te veća efikasnost rezanja. Instrumenti obaju sustava koriste se u kolječnicima s ograničenjem momenta snage i primjenom identičnog momenta sile za sve iglice.





Slika 6. Strojna instrumentacija primjenom Endopilot uređaja – F6 SkyTaper sustav (Preuzeto s dopuštanjem autorice dr.sc. Valentina Brzović Rajić)



Uvođenje strojnih tehnika instrumentacije u endodontsku terapiju predstavljao je veliki napredak u poboljšanju kvalitete i predvidljivosti pripreme korijenskih kanala te značajno smanjenje proceduralnih pogrešaka. Posljednjih godina NiTi endodontski instrumenti su mijenjali dizajn, površinsku i termičku obradu (15). Strojne tehnike instrumentacije korijenskih kanala omogućuju veću sigurnost, kraće kliničko vrijeme rada i bolju učinkovitost te olakšavaju rad terapeuta.

Rubio i suradnici (41) proučavaju uklanjanje zaostatnog sloja, održavanje anatomije korijenskog kanala te efektivnost instrumentacije na dentinskim površinama između četiriju različitih rotacijskih sustava jednakih veličina i koniciteta. Korišteni su: F360, Mtwo (VDW, Munich, Njemačka), RaCe i Hyflex. Očuvanje anatomije korijenskog kanala, koja je vrlo važna za trodimenzionalno punjenje i uspješnost endodontske terapije, bilo je podjednako za sve sustave. Sukladno tome nije bilo vidljive razlike između količine neinstrumentirane površine i uklonjenog zaostatnog sloja. Sustav F360 u odnosu na ostale rotacijske sustave pokazao je značajno kraće vrijeme instrumentacije.

Saleh i suradnici (42) proveli su istraživanje uspoređujući dva recipročna i dva rotacijska sustava kod oblikovanja korijenskih kanala S-oblika. Dokazali su da rotacijski sustavi F360 i OneShape, koji imaju manji konicitet u odnosu na recipročne sustave Reciproc i WaveOne, uzrokuju manju apikalnu transportaciju i oblikuju uže korijenske kanale. Recipročni sustavi uklonili su veću količinu dentina, osobito sa unutrašnje strane korijenskog kanala što je dovelo do transportacije kanala, dok su sustavi F360 i OneShape bolje pratili oblik kanala čime nisu značajno promijenili njegovu morfologiju. Najbolji rezultat u oblikovanju kanala ostvario je sustav F360. Vrijeme instrumentiranja kanala bilo je znatno kraće kod recipročnih sustava. Nije došlo do loma instrumenata, iako su rotacijski sustavi F360 i OneShape izrađeni iz konvencionalnog NiTi, koji ima manju fleksibilnost i otpornost na ciklički zamor od M-žice od koje su građeni recipročni sustavi.

Raidan i Pahncke (43) usporedili su HyFlex CM sa sustavom F360. Iako je sustav HyFlex CM izrađen od CM-žice koja ima svojstvo zadržavanja oblika, nije pronađena razlika u količini uklonjenog materijala iz kanala u odnosu na F360 građeni od konvencionalnog NiTi koji se vraća u svoj prvobitni položaj. Instrumenti s manjim poprečnim presjekom centralnije su položeni u korijenskom kanalu od onih sa širim presjekom (44).

Studija koju su proveli Kaval i suradnici (45) usporedila je otpornost na ciklički zamor između sustava F6 SkyTaper i rotacijskih sustava: K3XF (SybronEndo, Orange, SAD), OneShape i TruShape 3D (Dentsply Tulsa). Rezultati su pokazali da F6 SkyTaper ima značajnu veću otpornost na ciklički zamor, a razlog tome je njegov jedinstveni dizajn instrumenta koji u poprečnom presjeku ima izgled dvostrukog slova S. Stoga sustav F6 SkyTaper preventira mogući lom instrumenta u zakrivljenom kanalu naspram drugih rotacijskih sustava.

Prema istraživanju Kar i suradnici (46), najbolju efikasnost čišćenja korijenskih kanala pokazao je F6 SkyTaper sustav. Mjerena je količina zaostatnog sloja i debrisa kako bi se dokazala efikasnost čišćenja korijenskih kanala između sustava s jednim (F6 SkyTaper i NeoNiTi) i sustava sa više instrumenata (Mtwo i Silk (Mani)). F6 SkyTaper karakterizira dizajn vrška u obliku dvostrukog slova S s dvije režuće oštrice, velikog slobodnog prostora i malog promjera jezgre instrumenta.

Usporedbom sustava F360 i F6 SkyTaper koju su u istraživanju proveli Dagna i suradnici (47) nije pronađena razlika u uklanjanju zaostanog sloja iz koronarne i apikalne trećine kanala, ali jest u srednjoj trećini gdje je F6 SkyTaper uklonio veću količinu. Razlog je veći nagib instrumenta koniciteta .06 naspram koniciteta .04 F360 instrumenta.





Razvoj tehnologije posljednjih godina omogućio je veliki napredak u endodontskoj terapiji zuba. Danas se podjednako rabe ručni instrumenti i strojni endodontski sustavi. Značajniji razvoj događa se uvođenjem NiTi legura i novih načina pokretanja instrumenata. Glavna zadaća strojnih sustava je oblikovanje i širenje korijenskih kanala. Primjenom NiTi instrumenata i strojnih tehnika instrumentacije nastoji se poboljšati fleksibilnost, pozicioniranje instrumenata unutar kanala, veća otpornost na lom, učinkovitije uklanjanje debrisa i manji apikalni transport. Sustave F360 i F6 SkyTaper karakterizira kontinuirana rotacija. Promjenama u svom dizajnu u odnosu na ostale rotacijske sustave i primjenom instrumenta dvostrukog S presjeka na vršku pokazali su se kao vrlo učinkoviti sustavi u obradi kanala. Efikasnost rezanja dentina, fleksibilnost te prilagodba takvog instrumenta u korijenskom kanalu potvrđuju i rezultati recentnih kliničkih istraživanja.



1. Walton RE, Torabinejad M. Principles and practice of endodontics. 3rd ed. Philadelphia, London, New York, St. Louis, Sydney, Toronto: W.B.Saunders Co; 2002.
2. Aliuddin SK, Prakash P, Mohiuddin S, Ravula SR, Nallamilli LVS, Dutt AD. Historical Milestones in Endodontics; Review of Literature. *Int J Prev Clin Dent Res.* 2017;4(1):56-58.
3. Koch K, Brave D. Real World Endo: Design Features of Rotary Files and How They Affect Clinical Performance. *Oral Health.* 2002;92(2):39-49.
4. Haapasalo M, Shen Y, Qian W, Gao Y. Irrigation in Endodontics. *Dent Clin North Am.* 2010;54(2):291-312.
5. Schwartz RS, Rpbbins JW. Post Placement and Restoration of Endodontically Treated Teeth: A Literature Review. *J Endond.* 2004;30(5):289-301.
6. Jitaru S, Hodisan J, Timis L, Lucian A, Bud M. The use of bioceramics in endodontics – literature review. *Clujul Med.* 2016; 89(4): 470–473.
7. Miladinović M, Radić T, Bago Jurić I. Suvremene tehnike ispiranja korijenskih kanala u endodonciji. *Sonda.* 2013;14(26):12-4.
8. Glickman GN, Koch KA. 21st – Century Endodontics; *J Am Dent Assoc.* 2000;131(Suppl 1):39-46.
9. Sureshchandra B, Gopikrishna V. Grossman's Endodontic Practice. 13th ed. [Internet]. New Delhi, Philadelphia, Baltimore, New York, London, Buenos Aires, Hong Kong, Sydney, Tokyo: Wolters Kluwer Health; 2014 [cited 2019 Sep 1]. p. 314-315. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/265088248\\_Grossman's\\_Endodontic\\_Practice\\_-\\_13th\\_edition](https://www.researchgate.net/publication/265088248_Grossman's_Endodontic_Practice_-_13th_edition)
10. Kranjčić J, Majdandžić M, Pandurić V. Instrumenti u endodontskoj terapiji. *Sonda.* 2009;9(17):43-7.
11. Hülsmann M, Peters OA, Dummer PMH. Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. *Endod Top.* 2005;10(1):30-76.
12. Schafer, E. Root canal instruments for manual use: a review. *Endod Dent Traumatol.* 1997;13(2): 51-64.
13. Walton RE, Torabinejad M. Endodontics. Principles and Practice 4th ed. [Internet]. St. Louis: Saunders Elsevier; 2009 [cited 2019 Sep 4]. p. 258-276. Available from: [https://www.academia.edu/35988601/Endodontics\\_Principles\\_and\\_Practice\\_4th\\_Edition](https://www.academia.edu/35988601/Endodontics_Principles_and_Practice_4th_Edition).
14. Paliska J, Janković B. Ručna instrumentacija korijenskih kanala STEP-BACK tehnikom; *Sonda.* 2009;9(17):57-60.

15. Gavini G, dos Santos M, Caldeira CL, Machado MEL, Freire LG, Iglecias EF et al. Nickel–titanium instruments in endodontics: a concise review of the state of the art. *Braz Oral Res.* 2018;32(Suppl 1):67.
16. Zupanc J, Vahdat-Pajouh N, Schäfer E. New thermomechanically treated NiTi alloys – a review. *Int Endod J.* 2018;51(10):1088-1103;
17. Shen Y, Zhou H, Zheng Y, Peng B, Haapasalo M. Current Challenges and Concepts of the Thermomechanical Treatment of Nickel-Titanium Instruments. *J Endod.* 2013;39(2):163-172.
18. Thompson SA. An overview of nickel-titanium alloys used in dentistry. *Int Endod J.* 2000;33(4):297-300.
19. Singh H; Hyflex CM and EDM Files: Revolutionizing the Art and Science of Endodontics. *J Dent Health Oral Disord Ther.* 2016;5(7):182.
20. Soni MR, Hegde S, Mathew S, Madhu KS. Rotary Systems: An Insight. *J Dent Oro-facial Res.* 2014;10(2):16-21.
21. Sanghvi Z, Mistry K. Design Features Of Rotary Instruments In Endodontics. *J Ahmedabad Dent Coll Hosp.* 2011;2(1):6-11.
22. Kuzekanani M. Nickel–Titanium Rotary Instruments: Development of the Single-File Systems. *J Int Soc Prev Community Dent.* 2018;8(5): 386–390.
23. Khasnis SA, Kar PP, Kamal A, Patil JD. Rotary science and its impact on instrument separation: A focused review. *J Conserv Dent.* 2018;21(2):116-24.
24. Mangat P, Raina AA, Vaidya S, Bhattacharya A, Dhingra A, Sharma V. Torque and Speed in Endodontics: A Review. *Int J Ortl Care Res.* 2018;6(2):97-100.
25. Gambarini G. Rationale for the use of low torque endodontic in root canal instrumentation. *Endod Dent Traumatol.* 2000;16(3): 95–100.
26. Roane JB, Sabala CL, Duncanson Jr MG. The „balanced force“ concept for instrumentation of curved canals. *J Endod.* 1985;11(5):203-211
27. You SY, Bae KS, Baek SH, Kum KY, Shon WJ, Lee W. Lifespan of one nickel-titanium rotary file with reciprocating motion in curved root canals. *J Endod.* 2010;36(12):1991-1994.
28. Plotino G, Ahmed HMA, Grande NM, Cohen S, Bukiet F. Current Assessment of Reciprocation in Endodontic Preparation: A Comprehensive Review-Part II: Properties and Effectiveness. *J Endod.* 2015;41(12):1939-1950.
29. Çapar ID, Arslan H. A review of instrumentation kinematics of engine-driven nickel titanium instruments. *Int Endod J.* 2015;49(2):119-35.
30. Yared G. Canal preparation using only one Ni-Ti rotary instrument: preliminary observations. *Int Endod J.* 2008;41(4):339-344.

31. F. Ferreira, C, Adeodato I, Barbosa L, Aboud P, Scelza M, Scelza MZ. Movement kinematics and cyclic fatigue of NiTi rotary instruments: a systematic review. *Int Endod J.* 2016;50(2):143-152.
32. Webber J, Machtou P, Pertot W, Kuttler S, Ruddle C, West J. The WaveOne single-file reciprocating system. *Roots.* 2011;1(1):28-33.
33. Gambarini G, Glassman G. TF adaptive: a novel approach to nickel-titanium instrumentation. *Oral Health.* 2013;7(2):22-30.
34. Özyürek T, Demiryürek EÖ. Evaluation of effect of adaptive motion on shaping ability of twisted file nickel-titanium files in simulated S-shaped canals; *Turk Endod J.* 2017;2(1):17–20.
35. Özyürek T, Yilmaz K, Uslu G. Effect of adaptive motion on cyclic fatigue resistance of R-Endo nickel-titanium file. *Sau Endod J.* 2017;7(2):82-86.
36. Sharma P, Goel M, Verma S, Sachdeva GS, Sharma N, Kumar V. Entering A New Era in Endodontics with Revolutionary Single File Systems: A Comprehensive Review. *EC Dent Sci.* 2016;5(3):1100-1122.
37. Pinturić V, Karlović Z. Noviteti u strojnoj instrumentaciji korijenskih kanala. *Sonda.* 2012;13(23):74-78.
38. Komet Dental. F360 [Internet]. [cited 2019 Sep 9]; Available from: [https://www.kometdental.de/~ /media/KometDental/Brochures/SyncFolder/418689\\_pdf.pdf?3bc77338-b1c6-4f8d-95da-02b6c99bb5a9](https://www.kometdental.de/~ /media/KometDental/Brochures/SyncFolder/418689_pdf.pdf?3bc77338-b1c6-4f8d-95da-02b6c99bb5a9)
39. Komet Dental. F6 SkyTaper [Internet]. [cited 2019 Sep 9]; Available from: [https://www.kometdental.de/~ /media/KometDental/Brochures/SyncFolder/418704\\_pdf.pdf?8fb9a56f-a04c-48c2-8162-757abeea7fe5](https://www.kometdental.de/~ /media/KometDental/Brochures/SyncFolder/418704_pdf.pdf?8fb9a56f-a04c-48c2-8162-757abeea7fe5)
40. Poggio C, Dagna A, Chiesa M, Scribante A, Beltrami R, Colombo M. Effects of NiTi rotary and reciprocating instruments on debris and smear layer scores: an SEM evaluation. *J Appl Biomater Funct Mater.* 2014;12(3):256-62.
41. Rubio J, Zarzosa JI, Pallarés A. A Comparative Study of Shaping Ability of four Rotary Systems. *Acta Stomatol Croat.* 2015; 49(4): 285–293.
42. Saleh AM, Gilani V , Tavanafar S., Schäfer E. Shaping ability of 4 different single-file systems in simulated S-shaped canals. *J Endod.* 2015;41(4):548-552.
43. Ba-Hattab R, Pahncke D. Shaping Ability of Superelastic and Controlled Memory Nickel-Titanium File Systems: An In Vitro Study. *Int J Dent [Internet].* 2018 [cited 2019 Sep 9]; 2018:[about 5 p.]. Available from: <https://www.hindawi.com/journals/ijd/2018/6050234/>

44. Kandaswamy D, Venkateshababu N, Porkodi I, Pradeep G. Canal-centering ability: an endodontic challenge. *J Cons Dent.* 2009;12(3):3-9.
45. Kaval ME, Capar ID, Ertas H, Sen BH. Comparative evaluation of cyclic fatigue resistance of four different nickel-titanium rotary files with different cross-sectional designs and alloy properties. *Clin Oral Investig.* 2017;21(5):1527-1530.
46. Kar PP, Khasnis SA, Kidiyoor KH. Comparative Evaluation of Cleaning Efficacy using Four Novel Nickel-titanium Rotary Instruments: An in vitro Scanning Electron Microscope Study. *J Cont Dent Pract.* 2017;18(12):1135-1143.
47. Dagna A, Gastaldo G, Beltrami R, Chiesa M, Poggio C. F360 and F6 Skytaper: SEM evaluation of cleaning efficiency. *Ann Stom.* 2015;6(3-4):69-74.



Ivan Kasumović rođen je 3. rujna 1994. godine u Virovitici gdje završava osnovnu i srednju školu–smjer prirodoslovno-matematička gimnazija, a 2013. godine upisuje Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

U akademskoj godini 2017./2018. dobitnik je Rektorove nagrade za društveno koristan rad u akademskoj i široj zajednici. Bivši je član je Z(u)bora, prvog pjevačkog zbora stomatološkog fakulteta. Praktično znanje i iskustvo stječe asistiranjem u stomatološkoj ordinaciji.