

**UNIVERZITET U BEOGRADU
STOMATOLOŠKI FAKULTET**

Katarina R. Beljić-Ivanović

**UTICAJ RAZLIČITIH TEHNIKA
MAŠINSKE PREPARACIJE NA
ORIGINALNU ANATOMIJU KANALA
KORENOVA PRVIH MAKSILARNIH
MOLARA**

doktorska disertacija

Beograd, 2015.

**UNIVERSITY OF BELGRADE
SCHOOL OF DENTAL MEDICINE**

Katarina R. Beljić-Ivanović

**EFFECT OF DIFFERENT MACHINE
DRIVEN INSTRUMENTATION
TECHNIQUES ON THE ORIGINAL ROOT
CANAL ANATOMY OF
THE FIRST MAXILLARY MOLARS**

Doctoral dissertation

Belgrade, 2015.

MENTOR

Profesor dr Nevenka Teodorović
redovni profesor Stomatološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu

KOMISIJA ZA OCENU I ODBRANU ZAVRŠENE DOKTORSKE DISERTACIJE

Profesor dr Mirjana Vujašković
redovni profesor Stomatološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu

Profesor dr Aleksa Marković,
redovni profesor Stomatološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu

Profesor dr Ljubomir Petrović
redovni profesor Medicinskog fakulteta Univerziteta u Novom Sadu

DATUM ODBRANE 17. april, 2015. godine

Andreju koji je porastao i krenuo svojim putem .

REZIME

Ideja za istraživanje proizašla je iz problematike sa kojom se susreću terapeuti u kliničkom radu tokom endodontske preparacije zuba sa komplikovanim kanalnim sistemima i nedostataka literaturinih podataka o uticaju mašinskih tehnika instrumentacije na originalnu anatomiju kanalnog sistema prvih maksilarnih molara.

Osnovni cilj ove disertacije je pratio ideju istraživanja, na osnovu čega su postavljeni i konkretni zadaci, koji su rukovodili odabir relevantnih grupa prvih maksilarnih molara: I – zubi sa tri odvojena korena i morfološkim tipom Vertucci IV kanala u mezio-bukalnom korenu i II – zubi sa fuzionisanim korenovima. Na njima su sprovedena proučavanja parametara koji će definisati promene anatomskih detalja pre i posle instrumentacije kanala korena koristeći pet specifičnih sistema mašinske obrade: ProTaper Next, Revo-S, WaveOne, Tilos i Self Adjusting File (SAF).

Koristeći kompjuterizovanu tomografiju konusnog zraka (CBCT), uvedenu u endodonciju pre nepune decenije, na rastojanju od 1,0 i 0,1 mm duž svakog kanala merene su: debljine zidova korenskih kanala, dimenzije prečnika kanala iz dva osnovna pravca i površine poprečnih preseka kanala pre i posle mašinske preparacije.

Statističkim metodima analizirano je da li i na koji način primenjeni sistemi za mašinsku preparaciju utiču na originalnu anatomiju prvih maksilarnih molara i da li između njih postoje razlike.

Rezultati anatomskih karaktersitika dve grupe prvih maksilarnih molara pokazali su da su sve dimenzije krunice zuba na nivou dna krunične komore veće u grupi sa tri odvojena nego u grupi sa fuzionisanim korenovima. Takođe je pokazano da su rastojanja između cenatara ulaza u korenske kanale statistički značajno različite između ove dve grupe prvih maksilarnih molara, što je od izuzetnog kliničkog značaja, a bez sličnih nalaza u dostupnoj literaturi.

Promene dimenzije prečnika kanala posle preparacije su bile najmanje u njihovoj apeksnoj trećini, a statistički značajno veće na ulazu i u koronarnoj trećini kanala. Stepenn promena dimenzija prečnika razlikovao se između grupe sa tri odvojena i grupe sa fuzionisanim korenovima. U obe grupe zuba su najizrazitije promene vrednosti prečnika kanala bile na njihovom ulazu, a najmanje u apeksnoj trećini, i to posle primene svih pet tehnika instrumentacije.

Rezultati ispitivanja promena površine poprečnih preseka kanala i udela površine kanala u ukupnoj površini odgovarajućeg korena pre i posle preparacije pokazali su da su povećanja površine i udela površine kanala u površini korena bila najmanja u apeksnoj trećini svih kanala za svih pet tehnika mašinske instrumentacije, a veća u koronarnoj i srednjoj trećini. Pet mašinskih sistema su na različitim nivoima ispitivanih korenskih kanala u različitom stepenu uklanjali parakanalni dentin i time smanjivali ukupnu površinu odgovarajućeg korena. Uticaj tehnike preparacije je značajniji od uticaja lokalizacije, ali je evidentna interakcija između ove dve varijable.

Statističkom analizom objedinjenih rezultata za pojedinačne kanale ustanovljeno je da tehnike mašinske preparacije smanjuju površine poprečnih preseka P korena za 0,93%, DB korena za 0,86% i MB korena za 1,088 % i da ista tehnika u različitim kanalima ispoljava različite efekte.

KLJUČNE REČI:

Prvi maksilarni molar, preparacija kanala korena, mašinske tehnike, anatomija kanala korena, kompjuterizovana tomografija konusnog zraka

NAUČNA OBLAST:

Stomatološke nauke

UŽA NAUČNA OBLAST:

Endodoncija

UDK BROJ:

616.314.163-72(043.3)

A B S T R A C T

The idea for this study emerged from everyday problems that practitioners are faced in their clinical work during endodontic therapy of teeth with complex root canal anatomy, and due to a lack of information and sufficient data from the literature about influence of machine driven instrumentation techniques on the original anatomy of the root canal system of first maxillary molars.

Crucial aim of this dissertation followed the idea of the study, and upon that fact the major tasks were given in order to choose relevant group of maxillary first molars: A) teeth with three distinctive roots and with canal configuration of Vertucci type IV in the mesiobuccal root, and B) teeth with fused roots. Detailed evaluation of several parameters that will define changes of anatomical details were conducted before and after root canal preparation with five machine driven instrumentation techniques: ProTaper Next, Revo-S, WaveOne, Tilos and Self Adjusting File (SAF).

With the aid of Cone Beam Computed Tomography (CBCT), introduced in endodontics in the last decade, at the distance of 1.0 mm and 0.1 mm along each root canal the following measurements were conducted: canal walls thickness, dimensions of root canal diameters measured from two directions, and surface area of the root canal cross sections before and after mechanical preparation.

The influence, mode of effects and differences of those effects between applied machine driven techniques on the original anatomy of root canals in first maxillary molars were analyzed using appropriate statistical methods.

Results of the studies of the anatomical features of two groups of maxillary first molars showed that all dimensions of the tooth crown measured at the level of the pulp chamber floor were significantly greater in teeth with three distinctive roots than in those with fused roots. It was also shown that distances between centers of the canal orifices were significantly different between the two groups of maxillary first molars. These results are of great clinical importance, and with no similar findings in available endodontic literature.

Changes in the root canal diameters after mechanical preparation were least in the apical third, and significantly greater at the orifice and in the coronal third of all root canals irrespective to the instrumentation technique. Degree of changes in dimensions of

canal diameter was different between the group with three distinctive roots and group with fused roots. The most intensive changes of dimensions of the root canal diameter after preparation with all five machine driven systems were at the level of the canal orifice, and least at the apical third.

Results of measuring of surface area of the canal cross sections and the share of the canal surface area in the total surface area of the root cross section before and after preparation showed that those values were the least in the apical region of all canals, and significantly greater in the coronal and middle portion with all five instrumentation systems. At different levels of the root canals five tested machine driven techniques removed dentinal walls in different degree, decreasing total surface area of the root cross sections. Influence of the preparation technique was significantly stronger than the location of the canal area upon which instrument expressed its effect, but interaction between those two variables was evident.

Statistical analysis of the measuring values for each root canal showed that machine driven techniques in general reduced surface area of the cross section of the palatal root for 0.93%, of the distobuccal for 0.86%, and of the mesiobuccal root for 1,088 %. It was also emphasized that the same technique in different root canals produced different effects on the original anatomy of the first maxillary molars.

KEY WORDS:

First maxillary molars, root canal preparation, machine driven techniques, root canal anatomy, cone beam computed tomography

FIELD OF SCIENCE:

Dental sciences

SPECIFIC FIELD OF SCIENCE:

Endodontics

UDC NUMBER:

616.314.163-72(043.3)

SADRŽAJ

| | |
|--|----|
| 1. UVOD | 1 |
| 2. PREGLED LITERATU | 3 |
| 2.1 O anatomskim karatkeristikama i varijetetima kanalnog sistema prvih maksilarnih molara | 3 |
| 2.2 O kompjuterizovanoj tomografiji konusnog zraka i njegovoj primeni u endodonciji | 6 |
| 2. 2. 1 Intraoralne konvencionalne tehnike radiografisanja u endodonciji | 6 |
| 2. 2. 2 Usavršene ekstraoralne tehnike radiografisanja u endodonciji | 7 |
| 2. 3. O instrumentima i mašinskim tehnikama preparacije kanala | 16 |
| 3. CILJEVI, ZADACI I NULTA HIPOTEZA | 27 |
| 4. MATERIJAL I METODI | 28 |
| 4.1 Sakupljanje i čuvanje zub..... | 28 |
| 4.2 Odabir zuba za istraživanja | 28 |
| 4.3 Priprema zuba za istraživanja | 28 |
| 4.4 Metodi ispitivanja anatomskih parametara | 28 |
| 4.5 Mašinski instrumenti | 43 |
| 4.4.1 Svetlosna mikroskopija | 32 |
| 4. 4. 2 Skeniranje CBCT tehnikom | 31 |
| 4.6 Postupak preparacije kanala | 48 |
| 4.7 Statistička analiza..... | 49 |
| 5. REZULTATI | 50 |
| 5.1 Rezultati ispitivanja parametara originalne anatomije prvih maksilarnih molara | 50 |
| 5.1.1 Grupa sa tri odvojena korena | 52 |

| | |
|---|-----|
| 5.1.1 A) Dimenzije zuba na dnu krunične komore kod trokorenih prvih maksilarnih molara s konfiguracijom MB kanala Vertucci tipa IV | 60 |
| 5.1.1 B) Anatomske karakteristike kanala trokorenih prvih maksilarnih molara sa konfiguracijom MB kanala Vertucci tipa IV | 62 |
| 5.1.1 C) Debljina zidova kanala | 70 |
| 5.1.2 Grupa sa fuzionisanim korenovima | 73 |
| 5.1.2 A) Anatomske karakteristike kanala u fuzionisanom korenu | 75 |
| 5.1.2 D) Debljina zidova kanala zuba sa fuzionisanim korenovima | 79 |
| 5.1.2 E) Razlike vrednosti dimenzija između zuba sa tri odvojena korena i sa fuzionisanim korenovima | 82 |
| 5.2. Rezultati ispitivanja uticaja mašinskih tehnika preparacije na originalnu anatomiju korenskih kanala prvih maksilarnih molara | 89 |
| 5.2.1 Promene dimenzije prečnika kanala zuba sa tri odvojena korena i Vertucci IV tipom MB kanala posle mašinske preparacije | 92 |
| 5.2.2 Promene dimenzija prečnika kanala <u>zuba sa fuzionisanim korenovima</u> u zavisnosti od tehnike | 92 |
| 5.2.3 Promene površine poprečnih preseka kanala korena zuba sa tri odvojena korena i Vertucci IV tipom MB kanala u zavisnosti od tehnike mašinske preparacije | 109 |
| 5.2.3. A) Promene površine poprečnih preseka palatinalnog kanala | 119 |
| 5.2.3. B) Promene površine poprečnih preseka disto-bukalnog kanala u zavisnosti od tehnike mašinske preparacije | 128 |
| 5.2.3. C) Promene površine poprečnih preseka mezio-bukalnih kanala u zavisnosti od mašinske tehnike preparacije | 138 |
| 6. DISKUSIJA | 147 |

| | |
|---|-----|
| 6.1. Diskusija materijala i metoda | 147 |
| 6.2. Diskusija rezultata | 150 |
| 6.2.1 Diskusija rezultata pručavanja anatomije trokorenih prvih maksilarnih molara sa Vertucci tip IV konfiguracijom MB kanala | 151 |
| 6.2.2 Diskusija rezultata pručavanja anatomije grupe zuba sa fuzionisanim korenovima | 155 |
| 6.2.3 Diskusija rezultata pručavanja promena originalne anatomije kanala korena prvih maksilarnih molara posle primene mašinskih tehnika preparacije | 162 |
| 7.ZAKLJUČCI | 169 |
| 8.REFERENCE | 171 |

1. UVOD

Osnovni ciljevi endodontske terapije su detaljno hemo-mehaničko odstranjivanje ostataka pulpnog tkiva, nekrotičnog materijala, mikroorganizama i kanalnih iregularnosti. Oblikovanje kanala u kontinuirani pravilni konus omogućava efikasnu i obilnu irigaciju i adekvatnu opturaciju, što stvara uslove za sprečavanje nastanka, ili izlječenje već postojećeg apeksnog periodontitisa.

Prvi maksilarni molari imaju najkompleksniju i navarijabilniju anatomiju kanalnog sistema od svih zuba i zbog toga su od uvek meta istraživanja velikog broja autora. Najveći procenat neuspeha lečenja kanala korena kod maksilarnih molara je baš zbog njihove kompleksne kanalne morfologije, sa izrazitim varijacijama u meziobukalnom korenu. Problemi se mogu javiti već tokom preparacije pristupnog kaviteta. Nepronalaženje ulaza u sve kanale, nepoznavanje međusobnih odnosa kanala, nemogućnost detektovanja promene njihovog toka u jednom korenu konvencionalnom radiografijom, izostanak informacije o lokalizaciji i broju anatomskih foramena istog kanala tokom odontometrije, kao i odabir neadekvatne tehnike i/ili instrumenata za preparaciju dovodi do neuspeha endodontskog lečenja.

Novi milenijum je obeležen uvođenjem kompjuterizovane tomografije konusnog zraka (Cone beam computed tomography - CBCT) u kliničku endodonciju, kako za ispitivanje anatomskih karakteristika, tako i za dijagnostiku, planiranje i praćenje uspeha terapije. Klinička proučavanja uz pomoć CBCT su fokusirana na prikaz patoloških stanja, njihovog odnosa sa okolnim anatomskim strukturama i na uporedno registrovanje toka reparacionih procesa posle različitih terapijskih zahvata.

U cilju da kanalni sistem bude prepariran do željenog oblika, a endodontska terapija olakšana, predvidljiva i uspešna, razvijene su i uvedene mašinske tehnike sa specifičnim instrumentima za preparaciju kanala korena. Kanalne turpije od niktitanijumske legure izuzetne fleksibilnosti i izrazito veće mehaničke otpornosti od dotadašnjih čeličnih instrumenata, značajno izmenjena konstrukciona rešenja, pojednostavljene i redukovane sekvence tokom procedure preparacije kanala predstavljaju epohalna unapređenja u endodonciji.

Ideja za ova istraživanja proizašla je iz problematike sa kojom se susreću terapeuti u kliničkom radu tokom endodontske preparacije zuba sa komplikovanim kanalnim sistemima i nedostataka literaturinih podataka o uticaju mašinskih tehnika instrumentacije na originalnu anatomiju kanalnog sistema prvih maksilarnih molara.

2. PREGLED LITERATURE

2.1 O anatomskim karakteristikama i varijetetima kanalnog sistema prvih maksilarnih molara

Svaki zub može da ima manje ili veće varijacije interne anatomije, što je naročito izraženo kod molara obe vilice. Raznolikosti u broju i konfiguraciji korenova i korenskih kanala prvenstveno i najviše određuje priroda, tako da na njih terapeut ne može uopšte da utiče u smislu olakšanja ili poboljšanja endodontske preparacije. Međutim, anatomske razlike mogu nastati i zbog definicije različitih autora šta sve podrazumeva termin korenski kanal. Pojedini autori definišu jedan odvojen kanal kao onaj u kome se nalazi jedan odvojen ulaz na dnu komore, po drugima to je kanal koji može da bude instrumentiran do dubine od 3-4 mm od orificijuma, dok je po nekima jedan integralni kanal onaj koji se pruža do dubine od 16 mm od vrha intaktne kvržice. Najlogičnija definicija je ipak ona koju su formulisali Cantatore, Berutti i Castelucci da je to kanal koji može da se endodontski tretira i da ima jedan odvojen apeksni foramen [1].

Primenjene metodologije proučavanja, njihova preciznost i pouzdanost mogu da imaju veliki uticaj na registrovanje, interpretaciju i krajnje zaključke o morfološkim karakteristikama kanalnog sistema proučavanog zuba [2, 3]. Metodi su različiti i uvek su istorijski zavisili od tehnoloških mogućnosti određenog perioda i inventivnosti istraživača. Zato su ispitivanja na ekstrahovanim zubima uvek davala preciznije i atraktivnije prikaze rezultata nego kliničke metodologije, koje su bazirane na direktnom posmatranju ulaza u kanale uz primenu aparature za povećanje, na eksploraciji kanala instrumentima i na proučavanju intra-, ili ekstraoralnih radiografija [4]. Takođe je dokazano da varijacije kanalne anatomije mogu da postoje između različitih etničkih i starosnih grupa, a nešto ređe između polne pripadnosti [3, 5, 6, 7, 8].

Prvi maksilarni molari se u udžbeničkoj literaturi generalno opisuju kao najveći zubi u gornjoj vilici, sa potpuno razdvojena tri korena, jednim palatinalnim i dva bukalna i sa ukupno četiri kanala [9, 10]. Palatinalni koren (P) je najmasivniji, prav,

uglavnom okrugao na poprečnom preseku, sa jednim prostranim kanalom. Distobukalni koren (DB) je najčešće sa blagom mezijalnom povijenošću i jednim kanalom. Meziobukalni koren (MB) je ovalnog oblika, sa većim buko-palatinalnim (bp) promerom, uz blagu distalnu povijenost i najčešće sa dva kanala.

Međutim, anatomija kanalnog sistema ovog zuba je mnogo kompleksnija i varijabilnija, pogotovu u MB korenu, pa su baš oni zbog toga oduvek bili u žiži interesovanja mnogih istraživača [7, 11, 12]. Rezultati i podaci iz brojne literature nisu uniformni po pitanju broja kanala, pogotovu u MB korenu. Interesantno je da prema različitim autorima podaci o broju dva ili više kanala u ovom korenu značajno variraju: od samo 18,6% ili 25% [13] do 93,5% [14], ili 95,5% [4, 15].

Takođe, i jednokanalna morfologija palatinalnog i disto-bukalnog korena prvog maksilarnog molara ima određenih odstupanja. Nekoliko radova prikazuju DB korenove sa udvojenim kanalima, pri čemu se najčešće jedan kanal deli na dva u apeksnoj trećini, a broj ovakvih slučajeva varira od autora do autora [4, 16, 17, 18]. Slična je situacija sa palatinalnim korenom, gde se udvojenost korena, ili korenskih kanala, nalazi izuzetno retko.

Postojanje dva ili više kanala u jednom korenu zahtevalo je klasifikaciju njihovih morfoloških oblika i kombinacija, kako bi se rezultati istraživanja jasno i standardizovano prikazivali i upoređivali. Najviše su primenjivane dve kategorizacije koje su dali Weine i Vertucci, a koje svaka na svoj način i u određenom obimu prikazuju anatomske varijacije korenskih kanala [11, 19].

Kod prvih maksilarnih molara javlja se sporadično i fuzija pojedinih korenova i njihovih kanala. U veoma detaljnom preglednom članku Cleghorn sa saradnicima navodi da se učestalost fuzionisanih korenova kreće u zavisnosti od istraživača i metoda ispitivanja: od samo 0,4%, pa čak do 13,6% [3]. Sve navedene razlike se prvenstveno javljaju u zavisnosti od primenjene metodologije, da li su rađene u laboratorijskim ili kliničkim uslovima, a manje od starosne grupacije, polne ili rasne pripadnosti, a najmanje od broja ispitivanih uzoraka.

Metodi i sredstva koja se koriste za proučavanja unutrašnje morfologije detaljno i obimno su opisani u nekoliko revijalnih radova [3, 8] i magistarskoj tezi autora ovog doktorata [4].

Sam kraj dvadesetog veka i novi milenijum je obeležen razvojem kompjuterizovanih trodimenzionalnih radiografskih tehnika i njihovog uvođenja u stomatologiju i endodonciju, a samim tim i u oblast ispitivanja kanalne anatomije. U tu svrhu se najčešće koriste mikro-kompjuterizovana tomografija, koja je ograničena samo na laboratorijska *ex vivo* ispitivanja na ekstrahovanim zubima, a dodatni problem je veoma dugo vreme rada do postizanja kompletne informacije [2, 20, 21, 22, 23, 24]. Kompjuterizovana tomografija konusnog zraka (CBCT) se sve češće koristi u endodonciji, kako za ispitivanje anatomskih karakteristika, tako za dijagnostiku, planiranje i praćenje uspeha terapije. Mnoga CBCT proučavanja su fokusirana na prvi maksilarni molar i intrigantni kanalni sistem njegovog MB korena [7, 12, 25]. Visoko sofisticirana i usavršena trodimenzionalna (3D) softverska i hardverska tehnologija omogućava prikazivanje najfinijih detalja kanalne anatomije, kao što su glavni i akcesorni kanali, interkanalne komunikacije, anatomske otvori i slično. Uvođenjem novih algoritama i matematičkih modela omogućeno je izračunavanje parametara koji definišu poziciju kanala u korenu, njegov smer i stepen povijenosti u sve tri dimenzije, kao i uticaj instrumentacije i kvantifikaciju promena nastalih tokom preparacije različitim instrumentima i tehnikama preparacije kanala. Francesco Riitano je na inventivan i veoma jasan način pokazao dve važne činjenice: 1) da je kanalna anatomija značajno različita od one koju prikazuju intraoralne radiografije, i 2) da endodontski instrumenti nisu u stanju da adekvatno mehanički obrade kanalni prostor i njegove zidove. U zaključku navodi da dizajn i konstrukcija instrumenata mora mnogo preciznije da odražava realnost stvarnog, prirodnog oblika kanala [26].

2.2 O kompjuterizovanoj tomografiji konusnog zraka i njegovoj primeni u endodonciji

Radiografsko ispitivanje je jedna od osnovnih komponenti u procesu endodontskog zbrinjavanja obolelog zuba pacijenta, koja kompletira dijagnostiku, kontroliše tok terapije i pomoću koje se prati dugoročni ishod lečenja.

2. 2. 1 Intraoralne konvencionalne tehnike radiografisanja u endodonciji

Intraoralne retroalveolarne (periapiksne) radiografije su još uvek najuobičajeniji i najčešće primenjivan metod tokom endodontske procedure, jer mogu da obezbede korisne informacije o anatomiji korenova i korenskih kanala, odnosa i blizine okolnih anatomskih struktura i što je najvažnije, prikazu prisustvo i lokaciju periapiksnih i periradiksnih lezija. Shannon Patel je sa saradnicima [27] detaljno opisao ograničenja koje konvencionalni retroalveolarni snimci, ili kako se u svetskoj literaturi nazivaju periapiksne radiografije, imaju u endodontskoj dijagnostici:

a) Kompresija trodimenzionalne anatomije, tj. davanje dvodimenzionalne slike, ili “senkografa”, gde se svi detalji vide samo u mezo-distalnoj ravni. Variranjem sagitalne, tj. horizontalne angulacije tubusa za $10-15^{\circ}$, primenjujući princip paralakse na dodatnim retroalveolarnim snimcima, moguće je obezbediti bolju percepciju dubine i prostornih odnosa anatomskih detalja i periapiksnih lezija.

b) Geometrijska distorzija se obavezno dešava kada se primenjuje tehnika simetrale ugla (“bisektrise”). Zbog toga se u endodonciji skoro isključivo primenjuje paralelna tehnika, jer daje geometrijski mnogo tačnije i verodostojnije slike, uz konzistentno reprodukovanje apeksne anatomije. Pored značajnih teškoća tokom kliničkog snimanja paralelnom tehnikom, ona je mnogo manje verodostojna i precizna kod višekorenih zuba s divergentnim korenovima, pogotovu u regiji gornjih bočnih zuba, kao što su prvi maksilarni molari.

c) Anatomske smetnje uvek postoje zbog prisustva koštanih struktura vilica koje okružuju zub, jer su ili radiotransparentne ili radioneopustne. Što je atomska

“smetnja” kompleksnija to je veće smanjenje kontrastnosti u području od interesa, pa je samim tim teža i interpretacija njegove slike (imidža). Zbog toga se najčešće pribegava dodatnom snimanju iz različitog sagitalnog ugla, kao i variranjem nagibnog ugla tubusa.

d) Ponavljanje snimaka u različitim vremenskim periodima, u cilju praćenja i uporednog ispitivanja uspeha endodontske terapije, zahtevaju standardizaciju i preciznu reproduktivnost snimaka. Prevazilaženje ovog problema moguće je ostvariti pravljjenjem individualnog zagrižajnog šablona u regiji od interesa, fiksiranjem Rdg-filma i angulacijom tubusa u identičnu poziciju. Međutim, uvek postoji određeni stepen nekonzistentnosti, odn. odstupanja važnih detalja između uzastopnih snimaka, što može da dovede no netačnih interpretacija konkretne situacije.

Digitalna radiografija – radiovizigrafija (RVG), poznata još i kao **direktna digitalna radiografija (DDR)** je uvedena 1970. godine sa nekoliko značajnih prednosti u poređenju sa klasičnim retroalveolarnim snimanjem, o čemu iscrpno piše pregledni članak Groveor-ove i Shetty-jeve: smanjena radijacija za 50-76%, u zavisnosti s kakvim klasičnim Rdg filmovima se upoređuje (normalna brzina: 50-65%; ultrabrzi filmovi: 73-76%) [8]. Ostale prednosti su: brzina dobijanja slike bez procesa hemijskog razvijanja, kompjutersko deponovanje i raznolike modulacije imidža zahvaljujući softverskom programu. Osetljivost i rezolucija su nešto ispod nivoa klasičnih snimaka, a cena aparature je mnogostruko veća, obuka dugotrajnija, a problem kontrole infekcije, zbog korišćenja istog senzora za sve pacijente, predstavlja ozbiljan problem.

Radiokontrastni medijumi, iako veoma masovno primenjivani u medicini, veoma su ograničeno korišćeni u endodonciji, sa ciljem da se poboljša detekcija lateralnih i akcesornih kanala, ili praćenja apeksifikacije. Najčešće su to bili rastvori joda niskog viskoziteta, kao što je “Hypaque” (Ruddle, Santa Barbara, CA, USA) [8].

2. 2. 2 Usavršene ekstraoralne tehnike radiografisanja u endodonciji

Shannon Patel je 2009. godine sa Pit Ford-om, Dawood-om i Whaites-om dao iscrpan, detaljan i veoma jasno koncipiran pregledni rad o konvencionalnim i novim

tehnikama i tehnologijama u prikazivanju važnih slika – imidža za endodontologiju i endodontsku praksu [27].

Imidžing magnetna rezonanca (MRI) se koristi za ispitivanja lezija mekog tkiva pljuvačnih žlezda, temporomandibularnog zgloba (TMZ), tumora i planiranje postave implantata. Zbog slabe rezolucije, nemogućnosti razlikovanja tvrdih tkiva (gleđ – dentin), dugog vremena skeniranja, tj. zračenja pacijenta i veoma visoke cene, primena MRI je veoma ograničena, odnosno praktično neprimenljiva u endodonciji.

Ultrazvuk (UZ) može da se primenjuje u dijagnostici periapeksnih lezija, ali samo za određivanje veličine lezije, gde ima malo ili nimalo korteksne koštane lamele, i eventualno za razlikovanje granuloma od ciste. Obzirom da je interpretacija dobijenih UZ imidža ograničena na radiologa specijalistu, koji mora da ima esktenzivnu obuku, primena ove tehnike nije našla svoje mesto u endodontskoj praksi.

Kompjuterizovana tomografija (CT) je u medicini razvijena kasnih šezdesetih godina 20-og veka, koju je patentirao Hounsfield 1973. godine i time značajno unapredio dijagnostičke metode u radiologiji. Za svoj pronalazak je 1979. godine dobio Nobelovu nagradu za oblast medicine [27].

CT je metod ekstraoralnog radiografskog snimanja, koji stvara trodimenzionalne slike određenog objekta na osnovu serije dvodimenzionalnih sekcija, odnosno slojeva (“slajsova”). Tomografska slika (“imidž”) predstavlja poprečni presek odabranog “sloja” skeniranog dela tela. Višeslojni skeneri, tj. “multi-slice” (MSCT) imaju linijski poredak višestrukih detektora X-zraka, koji omogućavaju simultano dobijanje višestrukih sekcija (slojeva). Ovo je postignuto tako što se izvor X-zraka i detektori, zajedno unutar aparature, rotiraju oko pacijentove glave. Pacijent mora simultano da se pomera prema napred za svaki “slajs”. Slojevi se “slažu” i reformatizuju kako bi se dobile trodimenzionalne slike u više ravni: aksijalnoj, koronarnoj i sagitalnoj. Takvi “imidži” mogu da se vide u bilo kojoj ravni koju operator izabere, a može da se menja i interval između svakog sloja, bez ponovnog izlaganja pacijenta zračenju [27]. Informacije i slike, dobijene kompjuterizovanom tomografijom, sastavljene su od ogromne količine podataka, koji se sastoje od miliona trodimenzionalnih piksela,

nazvanih vokseli. CT vokseli su anizotropni, tj. nejedankih stranica, pri čemu visina kuboidnog vokseli zavisi od debljine CT zraka, odnosno debljine skeniranog sloja, što ograničava preciznost rekonstruisane slike u određenoj ravni [28].

Pored trodimenzionalnih imidža, CT ima i nekoliko drugih prednosti nad konvencionalnim radiografijama. Eliminirane su anatomske smetnje, tj. "senke", postoji visoko-kontrastna rezolucija, što omogućava raspoznavanje i diferencijaciju fizičke gustine tkiva sa manje od 1% razlike. Poređenja radi, konvencionalne radiografije imaju sposobnost diferencijacije tek kada postoji 10% razlike u fizičkoj gustini između dva susedna detalja koja se posmatraju.

Primena CT u medicini je počela sedamdesetih godina prošlog veka [29], a jedan od prvih radova o primeni ove tehnologije u endodonciji objavili su Tachibana i Matsumoto 1990. godine, i to za istraživanja anatomije kanalnog sistema korena i njihovog odnosa prema okolnim važnim strukturama [30]. Ispitivanja "treće dimenzije" na CT snimcima omogućavaju da se odredi broj korenova i kanala, mesto njihovog spajanja i razdvajanja. Huuonen sa saradnicima pokazuje da može da se utvrdi kvalitet opturacije, prisustvo neispunjenih kanala i periapikalnih lezija, što su sve relevantni činioci u odluci za ponovljeni endodontski tretman [31]. Međutim, primena medicinskih CT skenera u endodontskim istraživanjima bila je osporavana zbog nekoliko bitnih razloga, uključujući relativno nisku rezoluciju u poređenju s konvencionalnim radiografijama, kao i rasipanje zraka zbog metalnih objekata. CT je samo sporadično korišćen u *ex vivo* studijama na ekstrahovanim zubima, gde nije bilo potencijalne opasnosti od zračenja po pacijenta [32]. Međutim, kada je reč o studijama na ekstrahovanim zubima, mikro-CT je bio i ostao u apsolutnoj prednosti nad CT tehnologijom zbog mnogostruko veće preciznosti u prikazivanju važnih anatomskih detalja. Objektivne smetnje šire primene CT-a u kliničkoj endodonciji bile su velika doza efektivnog zračenja, visoka cena i činjenica da takvi skeneri isključivo mogu da se koriste u institucijama specijalno namenjenim za radiološka snimanja, što je dodatni problem da stomatolog uopšte dođe do CT aparata. Ovi problemi su prevaziđeni uvođenjem CBCT tehnologije [27, 28].

Kompjuterizovana tomografija podesivog otvora (TACT) je zasnovana na serijama radiografskih slika iz geometrijski različitih projekcija, a specijalni softver

rekonstruiše trodimenzionalne podatke svakog pojedinačnog sloja. Prednosti ove tehnike su sledeće: manja superpozicija anatomskih detalja, svega 1-2 puta veća radijacija, uz relativno sličnu rezoluciju sa konvencionalnim intraoralnim radiografijama, kao i odsustvo artefakata porekla metalnih restauracija na zubima [8, 27]. Međutim, detektovanje kanalne morfologije, posebno MB2 kanala gornjih maksilarnih molara, nije povećano u poređenju sa konvencionalnim intraoralnim tehnikama, a inferiorna je u odnosu na operacioni mikroskop. Kompleksnost okolne anatomije oko maksilarnih molara ograničava upotrebu TACT u endodonciji. Za sada se ona koristi samo za ispitivanja u *ex-vivo* uslovima [8, 27].

Spiralna kompjuterizovana tomografija (SCT) je uvedena u endodonciju kao dijagnostičko sredstvo koje značajno olakšava uvid u internu morfologiju mekog tkiva i skeletnih struktura, uz manji broj problema oko pokretanja pacijenta tokom skeniranja. Primena ovog metoda u stomatologiji je neverovatnom brzinom porasla tokom prethodne dve decenije, a u endodonciji je najviše korišćen za izučavanje i prikazivanje retkih aberacija korenova i kanala, i to najčešće kod gornjih i donjih molara [33, 34, 35].

Optička koherentna tomografija (OCT) daje slike poprečnih sekcija tkiva korišćenjem svetlosnog izvora blizu infra-crvene talasne dužine od 1300 nm, sa dubinskom rezolucijom od oko 10 μm . Rotirajuća igla sa providnim vrhom služi i kao izvor svetlosti, a istovremeno je i prijemnik i sprovodnik odbijenih talasa od objekta do kompjutera. U endodonciji se koristi za eksperimentalna ispitivanja izgleda zidova kanala korena ekstrahovanih zuba pre i posle preparacije [36].

Mikro-kompjuterizovana tomografija (MCT ili μCT) je razvojen kao nov i tehnološki usavršen metod, koji je postao veoma važan instrument u endodontskim studijama [20, 21, 37]. Posедуje visoku preciznost u prikazivanju detalja zbog visoke rezolucije, s veličinom piksela u poprečnim sekcijama od svega nekoliko mikrometara (μm). Usavršeni softverski i hardverski sistem smanjio je debljinu skeniranih slojeva sa 1,5mm za klasičnu CT, na svega 12,5 μm . Micro-CT pouzdano otkriva i najsitnije detalje spoljašnje i unutrašnje anatomije zuba u sve tri dimenzije, dajući rezultate na nivou preciznosti histoloških podataka [38]. Zbog toga se najviše i koristi za

proučavanja morfologije korenskih kanala [12], kao i promena anatomskih detalja kanala korena posle preparacije različitim instrumentima [22]. μ CT tehnika može da se koristi isključivo u *in vitro* uslovima na ekstrahovanim zubima [21, 37], što je eliminiše iz kliničke primene na pacijentima. Međutim, u apsolutnoj je prednosti nad ranijim metodima, jer je nedestruktivan, za razliku od tehnike pripreme uzdužnih sekcija brušenjem do otkrivanja korenskog kanala, gde je teško identifikovati male kanale i pratiti njihovu povijenost [8], ili od poprečnih sekcija u specijalnom kalupu, što je uveo Bramante sa saradnicima još 1987. godine, a široko primenjivan u mnogim radovima [39, 40].

Mikro-kompjuterizovana tomografija je usavršavana, a algoritmi, uvedeni u softverski program, omogućili su merenje osnovnih geometrijskih parametara korena i kanala, kao što su zapremina i veličina površine kanala. Takođe su primenjeni i specifični deskriptori, kao što je Structure Model Index (SMI – indeks strukture modela) i “debljina kanala” [2]. Korišćenjem ovih parametara, Ove Peters je sa saradnicima u nizu istraživanja sa visokom preciznošću i pouzdanošću pratio promene velikog broja varijabli, izmerene pre i posle endodontske instrumentacije kanala korena različitim tehnikama [41, 42, 43, 44, 45].

Kompjuterizovana tomografija konusnog zraka (Cone-beam Computed Tomography – CBCT), ili digitalna volumenska tomografija (Digital Volumetric Tomography – DVT) je najveće dostignuće i “proboj” u dentalnoj imidžing tehnologiji, jer kliničar po prvi put može da koristi bezopasan radiografski sistem da bi video područje od interesa u bilo kojoj ravni.

Kasnih devedesetih godina prošlog veka dve grupe istraživača, jedna japanska [46], a druga italijanska [47], radeći skoro istovremeno, ali potpuno nezavisno, razvile su novi tomografski skener za specifičnu primenu u maksilofacijalnom i dentalnom području. Tako je započela era CBCT, bez koje se danas teško može zamisliti potpuna i sigurna dijagnostika, planiranje i praćenje uspeha terapije u kliničkoj, ali i eksperimentalnoj endodonciji, i o kojoj se pojavljuju radovi u bezmalo svakom izdanju vodećih svetskih endodontskih časopisa.

CBCT ostvaruje celokupnu količinu trodimenzionalnih podataka u jednom jedinom sinhronizovanom rotiranju skenera za 180° ili 360° oko pacijentove glave. Za

razliku od CT, gde se pacijent sekvencijalno pomera, kod CBCT on sedi potpuno mirno, bez ikakvog promene pozicije. Koristi se jednostavan, direktan odnos između izvora snopa X-zraka konusnog oblika i senzora, tj. detektora. Ovaj sakuplja cilindrične ili sferične zapreminske podatke, što se opisuje kao “vidno polje” (field of view - FOW), a koje po potrebi može da se menja. Postoje četiri klasifikacije vidnog polja: 1) veliko, 2) srednje, 3) malo i 4) promenljivo. Skener sa velikim vidnim poljem generalno obuhvata područje od orbita do pršljenova kičme (16 x 16 cm), dok srednji skeneri prikazuju polje od ispod orbite do početka kičme (12 x 16 cm). Skeneri sa malim vidnim poljem mogu da variraju od 5 x 5 cm, pa do 9 x 9 cm, a promenljivi skeneri mogu da obuhvate polje od 8 x 9, ali i da ga smanje na 5 x 8 cm, ili čak na 5 x 5 cm, što ih čini posebno pogodnim za endodonciju. U detaljnom prikazu o kliničkom korišćenju i prednostima CBCT Oliviera ističe da nema boljeg načina za proučavanje broja, anatomskih oblika, lokacije korenskih kanala, apeksnog grananja, pozicije i broja foramena, ali i za određivanje radne dužine, od CBCT-ja sa malim vidnim poljem u HD modu [48].

CBCT podaci su sastavljeni od ogromnog broja trodimenzionalnih piksela (visina, širina i dubina), koji se nazivaju “vokseli” i koji su izotropni, tj. sve tri stranice vokal-kocke su jednake dužine, za razliku od anizotropnih CT voksel. Dužina stranice CBCT kockastih voksel se kreće između 80 i 400 μ m, tačnije, može da iznosi: 0,08mm, 0,125mm, pa sve do 0,4 mm. Hirsch i saradnici zaključuju da je kvalitet slike za čvrsta tkiva apsolutno superioran u poređenju sa CT imidžom, dok je zbog kraće ekspozicije nešto lošiji kontrast za meka tkiva [49]. Međutim, baš zbog brzog skeniranja, pulsni X-zraka i sofisticiranih prijemnih senzora, CBCT ima višestruko smanjenu radijacionu ekspoziciju pacijenta, što mu je i najveća prednost nad kompjuterizovanom tomografijom. Pored toga, CBCT koristi jednostavnije, tj. manje komplikovane softvere, pa samim tim i jeftinije hardvere, što im značajno smanjuje cenu u poređenju sa CT-om [28].

Kompjuterizovana tomografija konusnog zraka se sve češće koristi u endodonciji, kako za ispitivanje anatomskih karakteristika, tako i za dijagnostiku, planiranje i praćenje uspeha terapije. Tim Manocci - Patel, predvođen Ahlowalia-em [50], ističe da je prednost najnovije CBCT tehnologije jer obezbeđuje jednak kvalitet dobijenih imidža u *in vitro* eksperimentalnim istraživanjima, isto kao i u *in vivo* kliničkim uslovima.

U poređenju sa mikro-kompjuterizovanom tomografijom najvažnija prednost CBCT tehnike je da može da se primenjuje u kliničkim situacijama, na vilicama, ili delovima vilica pacijenta, a ne samo na ekstrahovanim zubima [6]. Pri tome rezolucija novih CBCT skenera može da bude i veća nego kod μ CT-a, što je presudno za detektovanje malih struktura sa visokim kontrastom (tvrdo tkivo), kao što su “nervni kanali” koji u sebi sadrže neurovaskularni snop [51], a što se upravo odnosi na mogućnost preciznog i detaljnog prikazivanja zuba sa kruničnom komorom i kanalom korena. Ova činjenica apsolutno pokazuje da je CBCT veoma moćno sredstvo za primenu u kliničkoj endodonciji, o čemu govore kompleksni radovi o primeni CBCT u rešavanju različitih situacija i problema u endodontskoj terapiji [52, 53, 54], kao i prikazi kliničkih slučajeva [55, 56].

Kompjuterizovana tomografija konusnog zraka prikazuje sve objekte u tri ravni simultano: aksijalnoj, sagitalnoj i koronarnoj, pa zbog toga može da prikaže kanalnu morfologiju jednako precizno kao i tehnika prebojavanja i prosvetljavanja na ekstrahovanim zubima. U studiji Tian-a i saradnika iz 2012. godine veliki uzorak CBCT imidža su simultano i potpuno odvojeno proučavali endodontista i oralni radiolog, kako bi se postigla saglasnost i sigurna potvrda nalaza: eksterna i interna morfologija, glavne ramifikacije kanala i anatomske forameni [57]. Metod procenjivanja i upoređivanja retroalveolarne radiografije sa CBCT snimcima sukcesivno od strane radiologa i endodontiste takođe su primenili Matherne i saradnici 2008. godine, konstatujući da se na intraoralnim snimcima nije otkrilo čak 40% kanala koji su bili detektovani CBCT tehnikom [58]. U drugoj studiji D'Adazio i njegov tim 2011. godine dokazuju preciznost i pouzdanost CBCT u ispitivanju unutrašnje anatomije zuba, u identifikaciji eksternih resorpcija, ili periapeksnih patoloških procesa, odnosno lezija i komplikacija koje je inače teško videti na običnoj radiografiji [59]. Takođe su dokazali njegovu superiornost u otkrivanju perforacija i ekscentričnih korenskih nadogradnji, kao i resorpcija na vestibularnoj i oralnoj površini korena. Retroalveolarna radiografija se pokazala boljom jedino u otkrivanju zalomljenih instrumenata. Godinu dana kasnije Patel i saradnici objavljuju uporedna ispitivanja mogućnosti intraoralne radiografije i CBCT u otkrivanju periapeksnih patoza pre terapije i posle godinu dana [60, 61]. Utvrđeno je da je CBCT značajno bolji u poređenju sa konvencionalnom ili digitalnom

radiografijom u otkrivanju periapeksnih patoza i u verodostojnosti rezultata procene zaceljenja endodontski tretiranih patoloških procesa apeksnog periodoncijuma.

CBCT ograničenog volumena, svojom osetljivošću i trodimenzionalnim prikazima, omogućava otkrivanje malih promena u strukturama tkiva, kao što su radiolucentne endodontske lezije, koje na intraoralnim radiografijama nisu vidljive. Zato je možda najinteresantnija i najizazovnija primena CBCT-a u endodontiji, i to baš u planiranju terapije i proceni uspeha endodontskog lečenja [28, 62], a pogotovu u donošenju odluke kako postupiti kod neuspelih kanalnih terapija. Imura i saradnici smatraju da bi, pre nego što se upustimo u retreatman, bilo korisno da se znaju razlozi perzistirajućeg apeksnog periodontitisa (AP), kako bi se preduzeli adekvatni koraci i fokusiralo na relevantne probleme i na taj način poboljšala prognoza lečenja [63]. Primenom CBCT otkriveno je da su AP za 33% više prisutni kod zuba sa neadekvatnim punjenjem, nego kod zuba sa kvalitetnom kanalnom opturacijom. Liang i saradnici, vođeni iskusnim Wesselink-om i Wu-om, na sekcijama CBCT detektuju 90% bukalnih i lingvalnih „arteficijelnih recesusa“ pored neadekvatnog kanalnog punjenja, dok retroalveolarnom radiografijom nisu otkrili ni jedan defekt te vrste [64].

CBCT tehnologija je veoma korisna u dijagnostici i kasnije tokom zbrinjavanja trauma zuba. Kao ekstraoralna tehnika snimanja mnogo je komfornija za pacijenta od konvencionalne intraoralne radiografije, gde je Rdg film uvek u predelu povrede. Grupa brazilskih autora nedavno je konstatovala da samo jednim skeniranjem i primenom adekvatnog filtriranja imidža mogu da se otkriju više i preciznije frakture bilo kog pravca i smera, za razliku od višestrukog intraoralnog snimanja sa različitim uglovima tubusa, koje često nije u mogućnosti da detektuje vertikalne i kose vestibulo-oralne frakture [65].

Međutim, CBCT tehnologija, kao i sve druge, ima određena ograničenja, o kojima piše Patel [28]. Rezolucija je nešto manja u poređenju s retroalveolarnim radiografijama: 15-20 parnih linija na mm^{-1} , dok CBCT sken ima samo 2-5 parnih linija po mm^{-1} . Najnovije softverske i hardverske tehnologije CBCT-a su podigli stepen rezolucije skoro do nivoa konvencionalne radiografije, uz uvođenje aparata specijalizovanih za endodontiju. Jednan značajan problem, koji može da utiče na kvalitet slike, jeste dijagnostička preciznost, zbog rasipanje i “tvrdoća” snopa, zbog velike gustine okolnih struktura, kao što je gleđ, metalni kočici u kanalu i koronarne

metalne restauracije. Na CBCT prikazima mogu da se stvore artefakti koji izgledaju kao crta (pruga), ili tamna traka između dva gusta objekta, odnosno između kanalnog punjenja i zida kanala, što greškom može da se proglasi za prazan prostor, tj. "recessus". Ovakvi artefakti nastaju zbog polihromatske prirode projekcije snopa X-zraka. Kada prolaze kroz gust objekat lakše se absorbiraju fotoni male energije, nego fotoni sa visokom energijom, pa zbog toga mogu da se dobiju pogrešna tumačenja. I na kraju, jedan manji problem je vreme skeniranja, koje traje 15-20 sekundi, za koje pacijent mora da stoji ili sedi potpuno miran [28].

Treba istaći da je, zbog korišćenja jonizujućeg zračenja, neophodno da se na osnovu čvrstih dokaza ustanove i razviju kriterijumi selekcije za primenu CBCT. Korist od ispitivanja ovom tehnikom mora da bude veća i da prevaziđe svaki mogući rizik, pa zbog toga endodontski slučajevi treba da budu procenjivani individualno, tj. primeniti je samo u slučajevima gde informacije konvencionalnim radiografijama (intraoralna retroalveolarna i ekstraoralni ortopantomograf), takozvani "skrining", ne daju dovoljnu količinu podataka da bi se obezbedilo pravilno i uspešno rešavanje endodontskog problema [28].

Početakom 2014. godine internacionalna grupa Evropskog udruženja endodontologa (European Society of Endodontology- ESE) sačinjena od eksperata iz ove oblasti: Patel S, Durack C, Abella F, Roig M, Shemesh H, Lambrechts P i Lemberg K, donela je stavove i kriterijume o primeni kompjuterizovane tomografije konusnog zraka u endodonciji [66].

Ključne stavke su sledeće:

- a) CBCT skeniranje treba uzeti u obzir tek posle sveobuhvatnog kliničkog ispitivanja i precizne analize adekvatnih konvencionalnih radiografija;
- b) prednosti i kvalitativne olakšice, koje se dobijaju primenom CBCT-a moraju da prevazilaze svaki mogući rizik;
- c) zahtev za CBCT skeniranjem treba da se razmatra samo ako će dodatne informacije sa trodimenzionalnih slika da pomognu u donošenju dijagnoze i/ili da obezbede izlečenje zuba sa endodontskim problemima;
- d) neophodno je vođenje i zapisivanje pune dokumentacije o opravdanosti CBCT snimanja.

2.3 O instrumentima i mašinskim tehnikama preparacije kanala

Uspjeh endodontskog lečenja zavisi od mnogo činilaca, ali jedan od najvažnijih koraka u terapiji kanala korena sigurno jeste njegova mehanička preparacija, koja mora da se izvede prema svim biološkim i tehničkim ciljevima. Instrumentacija kanala predstavlja ključni korak jer određuje efikasnost svih narednih procedura, a obuhvata mehanički debridman, stvaranje prostora za unošenje iriganasa i medikamenata i oblikovanje kanala za adekvatnu opturaciju. Apsolutno svi autori koji se bave istraživanjima tehnika preparacije i kanalnih instrumenata navode Schilder-ovu konstataciju, prihvaćenu kao “zlatni standard”, da “idealna preparacija kanala korena ima oblik ravnomerno izduženog levka, sa najmanjim dijametrom na apeksu, a najvećim na orificijumu kanala” [67, 68].

Međutim, u doba kada je Schilder formulisao “zlatni standard” nije bilo mašinskih instrumenata povećane koničnosti, koji uspješnije i efikasnije ostvaruju ovaj cilj, već je preparacija navedenog oblika postizana konvencionalnim ručnim, ISO standardnim instrumentima. Primena Gates-Glidden, Peeso, ili Largo mašinskih proširivača ipak je bila ograničena samo na orificijum i koronarni deo korenskog kanala. Osnovni nedostaci ručnih tehnika bile su česte greške u vidu a) stepenika (“laktova”) na zidovima kanala, b) transportacije apeksnog dela, odnosno fiziološkog foramena u vidu pešćanog sata - “zipova”, c) preterano proširivanje i slabljenje zidova kanala apeksne regije tokom preparacije apeksnog “stopa” ili “stepa”, tj. apeksne “matirce”, d) blokiranja kanala i f) perforacije zida kanala. S obzirom da su najčešće primenjivani pokreti turpijanja dolazilo je često do ekstruzije detritusa u periapeks, ili njegovog sabijanja i blokiranja apeksnog dela kanala. Čitav proces mehaničke preparacije je dugo trajao zbog primene velikog broja instrumenata.

Za preparaciju povijenih kanala primenjivala se tehnika cirkumferentnog turpijanja s ciljem savladavanja krivine kanala [69], prezakrivljenje instrumenata, ili rano koronarno proširivanje, sve u cilju optimalne instrumentacije apeksne krivine [70]. Paralelno ovoj, razvijena je i tehnika “balansirane sile” sa recipročnim rotacionim pokretima fleksibilnih ručnih turpija [69]. Kod izrazito zakrivljenih kanala, sa velikim stepenom povijenosti i malim poluprečnikom krivine, i pored prezakrivljenja instrumenta, bilo je teško završiti preparaciju u željenom obliku zbog nedovoljne

elastičnosti čeličnih instrumenata i sila koje teže da ih isprave u početni položaj [43, 45, 71, 72].

Poslednje decenije 20. veka u endodonciju su uvedeni i do danas neprestano razvijani sistemi mašinskih rotirajućih kanalnih instrumenata proizvedenih od nikel-titanijumske legure [73]. Buchler i Wang su 1963. godine slučajno otkrili nikel-titanijum, nazvan Nitinol, dok su za potrebe američke mornarice tragali za legurama koje su nemagnetske, otporne na dejstvo soli i vode [74]. Sa druge strane sveta u Šangaju je 1973. godine proizvedena legura nazvana "Nitalloy". Obe varijante su sačinjene od 56 mas.% nikla i 44 mas.% titanijuma. U nekim Ni-Ti legurama nikel može da se zameni malim procentom kobalta (< 2 mas.%) [74].

Nikel-titanijumska (Ni-Ti) legura poseduje jedinstvenu sposobnost da se vrati u početni originalni oblik posle izlaganja velikim deformacijama tokom procesa zagrevanja, što je nazvano "efekat memorisanja oblika". Ovo svojstvo daje instrumentima od Ni-Ti legure "super-elastičnost", koja omogućava da se vrati u početni oblik nakon rasterećenja od sila koje su dovele do njegove izrazite deformacije [75]. Super-elastičnost je praćena reverzibilnim transformacijama između austenitne i martenzitne faze, tako da mehaničke karakteristike Ni-Ti legure mogu lako da se menjaju malim varijacijama sastava, nečistoćama i toplotnim tretmanom [75, 76, 77]. Velika elastičnost i memorisanje oblika uslovljava da se endodontski instrumenti od Ni-Ti legure prave procesom brušenja, odnosno urezivanja određenog profila u centralno stablo Ni-Ti žice, za razliku od čeličnih kanalnih instrumenata, koji se fabrikuju uvijanjem prethodno profilisanog žičanog konusa.

Zbog navedene velike elastičnosti i svojstva "memorisanja oblika" endodontski Ni-Ti mašinski instrumenti tokom rotacije održavaju bolju centričnost u kanalu i samim tim pepariraju kanal pravilnijeg oblika u poređenju sa čeličnim ručnim K-turpijama i proširivačima [73, 78, 79, 80]. Fleksibilnost i posledično manja sila koja teži da ispravi savijen Ni-Ti instrument od izuzetne je važnosti kod preparacije povijenih kanala. NiTi kanalne turpije ravnomernije uklanjaju dentin sa spoljašnjih i unutrašnjih zidova krivina i ne dovode do značajnih promena stepena povijenosti, niti izmeštanja kanala u njegovom apeksnom segmentu, odnosno bolje čuvaju originalnu anatomiju kanala [81, 82, 83, 84, 85, 86, 87]. Pored ovoga, rotirajuće Ni-Ti turpije i proširivači mnogo bolje i brže šire i čiste uske kanale, sa neuporedivo manje opasnosti od nastanka devijacija

kanala, pa samim tim stvaraju optimalan oblik za njihovu kompletnu opturaciju [88, 89]. Međutim, tokom instrumentacije kanala sa izrazito velikim stepenom povijenosti i malim poluprečnikom krivine mogu da nastanu promene njihove originalne anatomije, koje uglavnom nisu statistički značajne. Castellucci [84] i Hülsmann [90, 91] ističu i diskutuju važnost izbora najadekvatnije tehnike i instrumenata da bi se postigla optimalna preparacija povijenih kanala.

Pored karakteristika specifičnih za Ni-Ti legure, važnu ulogu imaju konstrukciona rešenja, koja svaki od mnogobrojnih proizvođača unosi u proces dizajniranja i stvaranja novih rotirajućih Ni-Ti endodontskih instrumenata. Rzhanov i Belyaeva su 2012. godine [92] veoma detaljno i precizno opisali sve konstrukcione parametre endodontskih rotirajućih instrumenata. To su:

- a) oblik aktivnog – reznog dela,
- b) konstrukcija sečiva (oštrica koja odseca, ili zaravnjena ivica koja struže dentin),
- c) gustina, odnosno broj sečiva po jednom milimetru dužine, tj. rastojanje između dva uzastopna sečiva – (“pitch”),
- d) nagibni ugao sečiva prema aksijalnoj osi instrumenta (“helik ugao”),
- e) upadni ugao sečiva prema površini substrata koji seče (“rake ugao”),
- f) dubina žljebova između sečiva,
- g) oblik vrha instrumenta (aktivan, poluaktivan, pasivan),
- h) oblik poprečnog preseka instrumenta i
- i) koničnosti aktivnog - reznog dela.

Sve ove konstrukcione detalje kreiraju timovi stručnjaka različitog profila, u kojima se uvek nalaze i endodontisti, sa ciljem da kanalni sistem bude prepariran do specifično željenog oblika, a endodontsku terapija predvidljiva i uspešna.

Povećana koničnost rotirajućih instrumenata u odnosu na ISO standradnu od 2%, principijelno zahteva krunično-apeksnu, takozvanu “crown-down” tehniku preparacije kanala [32]. Ova tehnika je koncipirana i integrisana prvenstveno za mašinske tehnike sa rotirajućim Ni-Ti instrumentima i smatra se “zlatnim standardom” za najkvalitetniju instrumentaciju u modernoj endodonciji. Ona ispunjava zahteve za najoptimalniju preparaciju kanala: a) potpun i jasno vidljiv pristup kanalnom sistemu, b) kontinuiran oblik izduženog levka i c) očuvanje originalne kanalne anatomije [68, 70].

Iz opšte poznatih prednosti “crown-down” tehnike sa specifičnim sekvencama tokom preparacije [70, 93, 94] proizilaze i osnovne prednosti mašinskih Ni-Ti rotirajućih instrumenata sa povećanim konicitetom:

- a) manja površina kontakta sa bočnim zidovima kanala,
- b) mnogo ređe transportacije kanala i foramena, tj. bolje očuvanje originalne geometrije kanala,
- c) dovoljan prostor za ubacivanje instrumenata sa rastvorom za irigaciju,
- d) dovoljna širina i dubina za plasiranje lateralnih ili vertikalnih kompaktera,
- e) manje prebacivanje detritusa u periapeks,
- f) manje post-operacionih komplikacija,
- g) neuporedivo lakša i brža preparacija i
- h) bolji, sigurniji i predvidljiviji rezultati endodontskog lečenja [73, 83, 93, 95, 96].

U nastojanju da se smanji broj sekvenci i broj instrumenata koji se koriste, odnosno da se što više olakša i ubrza endodontski zahvat, proizvođači često pribegavaju povećanju stepena koničnosti rotirajućih Ni-Ti instrumenata. Međutim, kako Saber i saradnici 2013. godine zaključuju, preterano povećanje koniciteta može da ima neželjene efekte na instrument koji se rotira u kanalu u smislu povećanja torzionih sila i opasnosti od frakture, pogotovu ako se koriste u suženim i sklerotizovanim kanalima [97]. Izrazita koničnost može da ispolji negativan efekat i na koren zuba zbog povećanog i koncentrisanog pritiska na okolne zidove kanala. Koristeći ekstrahovane zube da Silva i saradnici su dokazali da mašinske turpije veće koničnosti i poprečnog preseka razvijaju značajno veći stres nego oni sa ISO konicitetom [98]. Grupa autora, predvođena HC Kim-om je analizom finalnih elemenata pokazala da SAF endodontska turpija, sa specifičnom šupljom mrežastom konstrukcijom, bez centralnog metalnog stabla, razvija 8-10 manji pritisak na bočne zidove u poređenju sa ProTaper i ProFile turpijama 6% koničnosti [99].

Rundquist i Versluis [100] su dali objašnjenja i analizirali kojim mehanizmima preterano uklanjanje parakanalnog dentina neminovno slabi koren. Tokom opturacije kompresivnim tehnikama mogu da nastanu male prskotine i naprsline, koje perzistiraju duže vremena zahvaljujući određenom stepenu elastičnosti korenskog dentina. Međutim, kada zub primi dodatna opterećenja tokom mastikacije, kao i preko

restauracije sa kanalnom retencijom, ove latentne pukotine tokom vremena najčešće postaju kompletne frakture.

Nikl-titanijumski rotirajući instrumenti imaju neke nedostatke koji neminovno uslovljavaju da terapeut preduzme određene mere opreza kada primenjuje mašinske tehnike preparacije. Tokom rotacije u kanalu korena instrument koji se rotira trpi dve vrste stresa usled zamora materijala: a) torzioni i b) fleksuralni stres, tj. ciklični zamor. Oba fenomena predstavljaju opasnost od loma, tj. frakture, ili kako se još naziva “separacije” instrumenta. Zbog fenomena memorije oblika i super-elastičnosti lom Ni-Ti instrumenata se najčešće dešava bez prethodno vidljivih deformacija na reznom delu instrumenta [43].

Otpornost na torziju je izuzetno značajna kod svih mašinskih rotirajućih tehnika, jer tokom procesa širenja kanala instrument trpi otpor čvrstih dentinskih zidova kanala. Kod višestrukih preopterećanja materijala i dostizanja maksimalnog obrtnog momenta, tj. torzije, određen deo kanalne turpije biva zaustavljen – zaglavljen u kanalu korena, dok motor i dalje nastavlja sa rotacijom i tako dolazi do prekomerne distorzije i frakture instrumenta. Torzioni lom zavisi od anatomije kanala, mehaničkih karakteristika legure, konstrukcije i broja obrtaja instrumenta, ali najviše od manipulacije, obučenosti i opremljenosti operatora [73, 75]. Ni-Ti legure poseduju znatno veću otpornost na torziju u poređenju sa čeličnim instrumentima, što svojim radovima iz 2011. dokazuju Basrani [101] i Yum sa saradnicima [102], zbog čega su mašinske tehnike preparacije sigurnije, lakše i brže, a samim tim sve popularnije u endodontskoj kliničkoj praksi [73].

U cilju kontrole obrtnog momenta i granične otpornosti na torziju rotirajućih instrumenata uvedeni su prvo kolenjaci sa ograničenim obrtnim momentom (“torque – limited”) [103], a nešto kasnije električni endo-motori, koji softverskim programom kontrolišu nivo torzionog opterećenja za različite instrumente (“high-“ i “low-torque control” [104, 105]. Na taj način mogućnost “torzione frakture” svedena je na minimum.

Ciklični zamor se dešava kada je rotirajući instrument izložen ponovljenim ciklusima savijanja u odnosu na centralnu osu u povijenim kanalima. Polovina instrumenta prema spoljašnjem zidu krivine je u istezanju, a druga polovina prema unutrašnjem zidu krivine je izložena sabijanju, tj. pod kompresijom, što neizbežno dovodi na kraju do njegovog loma posle određenog broja ciklusa [73, 75]. Otpornost

instrumenta na ciklični zamor i posledičnu frakturu zavisi od velikog broja činioca: a) metalurških svojstava Ni-Ti legure, b) konstrukcije instrumenta (koničnost, poprečni presek, debljina centralnog stabla), c) brzine rotacije, d) načina sterilizacije, e) broja korišćenja, tj. vremena provedenog u rotaciji, f) tehnike preparacije, g) irigacije i lubrikacije, h) stepena korozije i i) obučenosti operatora [106, 107, 108, 109, 110].

Međutim, konfiguracija kanala, odnosno stepen povijenosti, a još više radijus krivine i njena lokalizacija u kanalu, predstavljaju predominantni faktor koji utiče na ciklični zamor i otpornost rotirajućeg instrumenta na frakturu, što direktno određuje dugotrajnost njegove upotrebe. Instrument je u uskim i oštro povijenim kanalima, kakvi su najčešće kod višekorenih zuba i višekanalnih korenova, izložen opterećenjima iz nekoliko pravaca i različite prirode: tenziji, savijanju izvan aksijalne ose i torziji. Opšti zaključak je da prečnik krivine kanala, tj. oštrina krivine ima najnegativniji efekat na otpornost rotirajućih instrumenata na ciklični zamor [111, 112, 113].

Na osnovu velikog broja istraživanja nesumnjivo je dokazano da lokalizacija krivine u korenskom kanalu ima veliki uticaj na otpornost na različite stresove i dugotrajnost rotirajućeg instrumenta [112, 114, 115]. Lopes je sa saradnicima utvrdio da krivine locirane u srednjem delu kanala izazivaju značajno veću koncentraciju sila istezanja i kompresije na rotirajući instrument i time uzrokuju značajno veći ciklični zamor u poređenju sa krivinama u apeksnoj trećini kanala [115]. Ovakvo ponašanje objašnjava se činjenicom da se kumulativni efekat cikličnih stresova povećava sa prečnikom centralnog stabla i krutošću instrumenta, odnosno da veća masa legure trpi veće deformacije svoje kristalne strukture. Zato se rotirajuća kanalna turpija lomi u delu sa većom debljinom centralnog stabla. Tanji deo pri vrhu instrumenta je elastičniji i samim tim otporniji na ciklični zamor u apeksno povijenim kanalima [74, 114, 116].

Timovi stručnjaka različitog profila i proizvođači endodontskih instrumenata neprekidno razvijaju i daju stomatolozima nova konstrukciona rešenja mašinskih kanalnih instrumenata, kao i usavršene tehnike preparacije. Evolucija mašinskih Ni-Ti instrumenata se može svrstati u tzv. "generacije", izraz koji više odgovara marketinškim potrebama, ali daje i uvid u suštinske razlike na osnovu njihove konstrukcije i dizajna aktivnog dela.

A) Prvu generaciju predstavljaju kanalne turpije sa simetričnim i ravnomerno raspoređenim sečivima, kao što su: ProFile, Quantec, GT File, Hero 642, Flex Master i sl.

B) Druga generacija su instrumenti sa asimetričnim dizajnom i nejednakim rastojanjem između sečiva: RaCe, ProTaper, K3, Hero Shaper i drugi.

C) Treća generacija instrumenata je sa usavršenim metalurškim rešenjima Ni-Ti legure, koja je podvrgavana temperaturnim tretmanima u cilju postizanja veće elastičnosti i otpornosti na stresove. Takva legura je nazvana M-wire (M-žica), a kanalni instrumenti pokazuju manji rizik od frakture usled cikličnog zamora, pogotovu kada je instrument izložen ekstremnim deformacijama svoje originalne geometrije [117, 118]. Instrumenti izrađeni od M-wire Ni-Ti varijante su GT X, TF–Twisted File, WaveOne, Reciproc, ProTaper Next, i drugi. Ovakva tehnologija je dozvoljavala da se rotirajući instrumenti prave uvrtnjem niki-titanijumske žice različitog poprečnog preseka, a ne samo mehaničkim urezivanjem željenog profila sečivnih ivica i žljebova između njih.

D) Jedinstveno “generacijsko” rešenje predstavlja SAF, Ni-Ti mašinski instrument koji nema centralno stablo, već je baziran na “adaptivnoj tehnologiji koja poštuje anatomiju kanala i na minimalno invazivnoj endodonciji”[119]. Tim stručnjaka predvođen Zvi Metzger-om objavio je čitav niz istraživanja ovog kanalnog instrumenta sa detaljnim opisom njegovog dejstva u kanalu [119, 120]. SAF predstavlja šuplju turpiju oblika mrežaste cevi, koja može da se komprimuje i adaptira prema konfiguraciji zidova kanala (Self Adjusting File – samo-adaptirajuća turpija) sa sopstvenim irigacionim sistemom [120]. Najveća prednost SAF tehnologije je optimalna preparacija kanala, uz ravnomerno uklanjanje parakanalnog dentina, detritusa, razmaznog sloja, pa čak i ostataka starog kanalnog punjenja sa svih zidova kanala [121, 122, 123, 124].

E) Posebnu, “petu generaciju” predstavljaju za sada samo dva poznata mašinska Ni-Ti instrumenta, koji imaju izmeštenu osu rotacije izvan centralne aksijalne osovine, što im omogućava vijugave, odnosno “zmijolike” kretanje tokom rotacije u kanalu.

Prvi je Revo-S, napravljen od konvencionalne Ni-Ti legure, sa asimetričnim poprečnim presekom trouglastog oblika i sa nejednakim stranicama, pa samim tim i ekscentričnom osom rotacije [100]. Jedno od malobrojnih uporednih istraživanja ovog sistema sproveo je Fayyad sa saradnicima i pokazao da je Revo-S siguran instrument, sa odličnim održavanjem centričnosti i bez transportacije apeksnog dela povijenih kanala,

uz umereno uklanjanje parakanalnog dentina [125]. Basrani i sar. u svom radu iz 2011. nalaze da Revo-S ima dovoljnu otpornost na torziona opterećenja, tako da može da bude višekratno upotrebljavan, što ima velikog praktičnog značaja [100]. Oprečne zaključke donose Bürklein i njegove kolege, koji pokazuju da Revo-S tokom preparacije povijenih kanala dovodi do njihovog ispravljanja i gubitka radne dužine više nego Mtwo i Hyflex CM [126].

ProTaper Next, načinjen od M-wire i pravouganog poprečnog preseka, “lansiran” je krajem prošle godine. Najaktuelnija istraživanja nekolicine autora su već pokazala superiorne fizičke karakteristike i manje ekstruzije detritusa u poređenju sa mašinskim Ni-Ti instrumentima sa centralnom osom rotacije [127,128, 129].

Grupe istraživača, kao što je italijanski tim predvođen Gambarini-jem, Plotino-m i Grande-om [112, 113, 116, 130], nemački tim Schäfer – Hülsmann - Bürklein - Dammaschke [81, 82, 90, 104, 105], ili Ove Peters i Frank Paqué sa nekoliko različitih saradnika [41, 43, 44, 131], u kojima učestvuju endodontisti, tehnolozi i drugi profili stručnjaka, sistematično testiraju, inoviraju i usavršavaju Ni-Ti legure i konstrukcione detalje rotirajućih instrumenata. Sav rad na pronalaženju novih instrumenata i tehnologija ima za krajnji cilj kvalitetniju endodontsku terapiju, uspešno zbrinutog i zadovoljnog pacijenta.

F) Početkom 21. veka obnovljena je ideja o recipročnim kretnjama kanalnih turpija, sa ciljem smanjenja stresova na instrument tokom preparacije, a ujedno i poboljšalo kvalitet obrađenog kanala [132]. Istraživanja o kvalitetu i sigurnosti u radu sa recipročnim tehnikama tzv. “šeste generacije”, WaveOne i Reciproc, pokazala su značajno povećanje otpornosti na ciklični zamor ovih kanalnih instrumenata [133, 134, 135, 136, 137], tako da primena novih endo-motora i kolenjaka osvaja endodontsku praksu. Berutti i njegovi saradnici pokazuju da WaveOne turpija sa recipročnim kretnjama čuva kanalnu anatomiju bolje od ProTaper sistema pune rotacije [138]. Grupa brazilskih autora predvođena Lopes-om pokazala je da WaveOne ima značajno veću otpornost na savijanje u poređenju sa Reciproc-om, što objašnjavaju konstrukcijom i dizajnom poprečnog preseka njihovog centralnog stabla [139]. Iako dobijeni laboratorijskim testiranjem, ovi rezultati mogu da ukažu na optimalnije ponašanje Reciproc-a u izrazito povijenim kanalima u kliničkim situacijama.

Međutim, najnovija kvantitativna ispitivanja Bürklein-a i Schäfer-a govore o povećanoj ekstruziji detritusa u apeksni periodoncijum koju izazivaju recipročni sistemi u poređenju sa instrumentima pune rotacije [140, 141]. Lu i saradnici navode dva razloga za fenomen potiskivanja i prebacivanja debrija u periapeks, upoređujući Mtwo-R i Reciproc, koji imaju isti poprečni presek [142]. Prvo, Mtwo ima kontinuiranu rotaciju, što obezbeđuje bolju evakuaciju detritusa prema kornonarno, odnosno van kanala. S druge strane, Reciproc svojom naizmeničnom rotacijom vodi instrument da kontinuirano napreduje kroz kanal i to može da potisne debri prema apeksu i dalje u apeksni periodoncijum. Drugi razlog leži u razlici dizajna vrha ova dva instrumenta. Reciproc ima pasivan, gladak vrh koji može da potisne debtritrus prema apeksu, dok Mtwo-R ima aktivan vrh, koji reže dentin i potiskuje ga prema žljebovima radnog dela instrumenta, a ovi dalje taj detritus evakušu prema kornarno. S druge strane, Tinoco i saradnici konstatuju da su WaveOne i Reciproc ekstrudirali apeksno značajno manju količinu test-bakterija nego sekvence BioRace sistema sa tri turpije i punom rotacijom [143].

Mašinske tehnike sa punom ili recipročnom rotacijom mogu da dovedu do nastanka finih naprslina u apeksnom parakanalnom dentinu [144]. Grupa indijskih autora [145] je ustanovila da najveći rizik za nastajanje mikro-prskotina stvaraju instrumenti pune rotacije sa izrazitim konicitetom (ProTaper), dok recipročne kretnje omogućavaju smanjenje stresa pre nego što kanalna turpija (WaveOne) krene da napreduje dublje kroz kanal, što su pokazali Berutti i njegov tim [146]. Nasuprot ovom radu su rezultati istraživanja Bürkleina i sar. [147] koji pokazuju da preparacija kanala korenova mandibularnih centralnih sekutića instrumentima sa punom (Mtwo i ProTaper) i recipročnom rotacijom (Reciproc i WaveOne) dovodi do defekata u korenskom dentinu, ali da u apeksnih 3 mm recipročni instrumenti izazivaju statistički značajno više nekompletnih prskotina od instrumenata sa punom rotacijom. Autori objašnjavaju činjenicom da nagle promene smeru rotacije kod recipročne tehnike, pogotovu u predelu vrha instrumenta, izazivaju veći stres na okolni dentin, za razliku od sistema sa punom rotacijom, pri čemu instrument razvija ravnomerniji i postepeniji pritisak na parakanalni dentin.

G) Najnoviji trend u endodonciji jeste uvođenje mašinskih tehnologija i tehničkih rešenja koje koriste “samo jedan instrument za sve vrste kanala” – “sedma generacija”.

Ideja nije nova, jer ju je 2008. godine promovisao Ghasan Yared primenjujući već postojeću F2 turpiju iz ProTaper Universal sistema, sa nejednakim recipročnim kretnjama [132]. Ovakav pristup prvenstveno prizilazi iz želje i zahteva praktičara da imaju sistem koji je jednostavan i pouzdan za postizanje ne samo bioloških i mehaničkih, već ergonomskih i ekonomskih zahteva endodonticije. Tehnološki koncepti “jednog instrumenta”, u zavisnosti od dizajnera i proizvođača, koriste punu ili recipročnu rotaciju Ni-Ti turpija različite konstrukcije radnog dela: WaveOne, Reciproc, OneShape, itd. [148, 149, 150]. Međutim, takvi sistemi uglavnom uvek zahtevaju dodatni koncept prethodnog ostvarenja prohodnosti uskih i povijenih kanala do veličine prvog “samo jednog instrumenta”, čiji najmanji kalibar odgovara veličini #20 ili #25. To se ostvaruje ručnim čeličnim instrumentima tipa K-turpija ili proširivača od #0,08 do #15, a sve češće Ni-Ti rotirajućim instrumentima malog koniciteta (PathFile, G-File, ProGlider), a promera najčešće od 0,10 - 0,17 mm. Najnovija istraživanja Bürklein-a i saradnika na dva sistema “ samo jednog instrumenta”, OneShape i Reciproc, pokazala su da su oba sigurna i efikasna za primenu i u povijenim kanalima, da zadržavaju centričnost i originalnu anatomiju kanala, a da je rad sa njima brži nego sa konvencionalnim rotirajućim sistemima [151]. Tinoco i njegov tim su pokazali da sistemi sa jednim instrumentom: WaveOne i Reciproc dovode do značajno manje ekstruzije *Enterococcus faecalis*-a u periapeks od BioRace sistema koji koristi tri sukcesivne turpije za instrumentaciju kanala [143].

Principijelno, vodeći proizvođači endodontskih instrumenata propagiraju primenu “samo jednog mašinskog instrumenta za sve kanale” ciljano na stomatologe opšte prakse, koji pretežno tretiraju jednostavnije kanalne sisteme, čime u mnogome olakšavaju i ubrzavaju endodontsku preparaciju. Međutim, specijalisti endodonticije skoro po pravilu koriste više instrumenata i hibridne tehnike, koje najčešće sami moduliraju i prilagođavaju od slučaja do slučaja, obzirom da se bave izuzetno komplikovanim kanalnim sistemima i tretmanima neuspelih endodontskih lečenja.

I na kraju, bez obzira da li je koncept tehnologije za preparaciju kanala korena zasnovan na većem broju, ili “samo jednom instrumentu za sve kanale”, preovladalo je i sporovodi se generalna tendencija proizvodnje sterilisanih instrumenata u pojedinačnom “blister” pakovanju (kombinacija celuloidne i aluminijumske folije) za jednokratnu upotrebu. “Jednokratno” znači rad u jednom zubu, ili za jednog pacijenta u više zuba u

istoj poseti. Ovakav način primene apsolutno sprečava opasnost od prenošenja infekcije, obzirom da čitav proces čišćenja i sterilizacije kanalnih instrumenata nije moguće u potpunosti ostvariti. S druge strane, jednokratna upotreba značajno smanjuje mogućnost loma mašinskog instrumenta tokom rada u kanalu, jer neminovno trpi manja opterećenja, a isključen je i negativan uticaj na njegova metalurška svojstva tokom višestrukog čišćenja i sterilisanja.

O ekonomskom efektu i dugoročnoj isplativosti kanalnih instrumenata za jednokratnu upotrebu postoje oprečni stavovi i kalkulacije, ali je sigurno da proizvođači neće biti na gubitku, a da će stomatolozi naći najadekvatnija objašnjenja i rešenja za sebe i svoje pacijente.

3. CILJ, ZADACI I NULTA HIPOTEZA

Cilj ove studije je:

- ispitati uticaj različitih instrumenata za mašinsku preparaciju na originalnu anatomiju kanala prvih maksilarnih molara.

Zadaci:

- a) na osnovu anatomskih karakteristika definisati grupe uzoraka na kojima će se sprovoditi dalja istraživanja
- b) izmeriti debljine zidova korenskih kanala i definisati kritične zone korenova
- c) izmeriti dimenzije kanala korena pre i posle njihove instrumentacije
- d) izmeriti površinu poprečnih preseka korenova i kanala pre i posle instrumentacije
- e) analizirati da li i na koji način primenjeni sistemi za mašinsku preparaciju utiču na originalnu anatomiju prvih maksilarnih molara i da li između njih postoje razlike.

Nulta hipoteza:

Nema statistički značajnih promena anatomije korenskih kanala prvih maksilarnih molara pre i posle mašinske preparacije.

4. MATERIJAL I METODI

4.1 Sakupljanje i čuvanje zuba

Materijal za obavljena istraživanja bili su ekstrahovani humani prvi maksilarni molari osoba oba pola, starosti od 25 do 50 godina. Na osnovu saglasnosti Etičkog odbora Stomatološkog fakulteta u Beogradu za izvođenje ove eksperimentalne studije, zubi su sakupljeni na Klinici za oralnu hirurgiju Stomatološkog fakulteta u Beogradu, a ekstrahovani su zbog sledećih indikacija: uznapredovala parodontopatija, nemogućnost endodontskog ili oralno-hirurškog lečenja, protetička i/ili ortodonska terapija.

Neposredno posle vađenja zubi su ostavljani u 4%-tnom rastvoru natrijumhipohlorita tokom 2h, u cilju uklanjanja mekih tkiva periodoncijuma sa površine korenova. Ostaci mekog tkiva i konkremenata otklanjani su skalpelom i ultrazvučnim instrumentima. U skladu sa potvrđenim saznanjima da nema značajnih anatomskih razlika u korenskom i kanalnom sistemu između levih i desnih prvih maksilarnih molara [4, 15], ekstrahovani zubi iz obe gornje vilice su potapani i čuvani do dalje obrade u fiziološkom rastvoru sa 0,2% timola, u frižideru na temperaturi od 4°C [152].

4.2 Odabir zuba za istraživanja

Prvi kriterijum za selekciju neposredno posle ekstrakcije bio je da su isključeni svi zubi sa naprsim ili polomljenim korenovima, očiglednom resoprijom vrha bilo kog od korenova i zubi sa masivnim razaranjima, ili restauracijama kruničnog dela (fiksni protetički radovi).

Ukupan broj sakupljenih prvih maksilarnih molara bio je 183. Prvi primenjeni kriterijum za njihovu podelu bio je prema spoljašnjoj morfologiji korenova:

- 1) zubi sa jasno odvojena i razvijena tri korena
- 2) zubi sa jasno sjedinjena – fuzionisana dva korena u jedan, ili sva tri u jedan
- 3) zubi sa odvojena četiri korena, bez obzira na njihovu veličinu.

Zubi prve i druge grupe su uvršćeni u eksperimentalni materijal.

4.3 Priprema zuba za istraživanja

Sve pripreme kruničnog dela zuba rađene su primenom viskoturažnog kolenjaka sa vodenim sprejom. Pomoću volfram-karbidnog cilindričnog svrdla zaobljenog vrha E 0153/012 (Dentsply/Maillefer, Ballaigues, Switzerland) uklonjeni sav karijes i postojeći ispuni, a okruglim svrdlima sa produženom drškom E0123/ 014 (Dentsply/Maillefer) urađena je trepanacija i uklanjanje krova krunične komore. Zatim je krunica zuba skraćivana dijamantskim cilindričnim svrdlom do nivoa 2 mm koronarno od gledno-cementne granice, posle čega su svi bočni zidovi pristupnog kaviteta i krunične komore definitivno obrađeni i izravnati karbidnim koničnim svrdlom sa pasivnim vrhom Endo Z (Dentsply/ Maillefer).

Naslage sekundarnog i tercijarnog dentina na podu kruničnog cavum-a dentis u predelu ulaza u korenske kanale postepeno i pažljivo su uklanjane pomoću specijalnih ultrazvučnih nastavaka "Start-X" 1 i 2 (Dentsply/Maillefer). Ulazi u kanale su otkrivani vizuelno uz pomoć lupe uvećanja 3,5 x i zatim pronalazeni i potvrđivani sondiranjem pomoću endodontskog instrumenta Micro Opener (Dentsply/Maillefer), bez ikakvog ikakvog proširivanja njihovog otvora.



Slika 1 Ispitivanje prohodnosti kanala kanalnim proširivačima

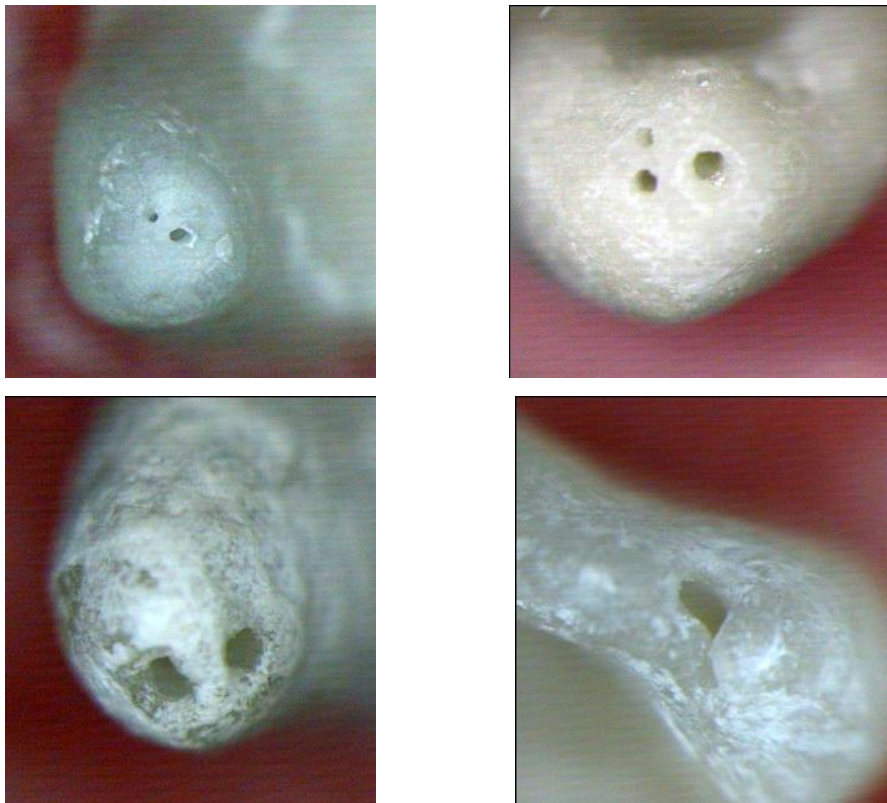
Primenom K-tip ručnih kanalnih proširivača (K-reamers, VDW, Munchen, Germany), veličine 06, 0,8 ili 10, u zavisnosti od originalnog promera kanala, proverena je i utvrđena prohodnost svakog pojedinačnog korenskog kanala, sve do pojave vrha instrumenta na anatomskom foramenu, praćeno lupom pri uvećanju od 3,5 x.

4. 4 Metodi ispitivanja anatomskih parametara

4. 4. 1 Svetlosna mikroskopija

1) *Broj anatomskih foramena*

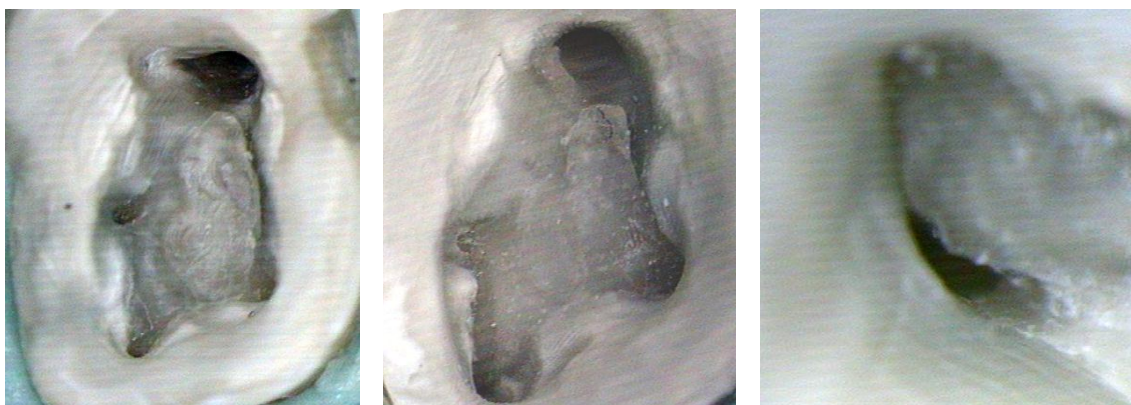
U daljem postupku je posle obilne irigacije 4,2% rastvorom NaOCl pregledan vrh svakog pojedinačnog korena pod uvećanjem mikroskopa od \times i evidentiran je broj anatomskih foramena. Pozicioniranje svakog pojedinačnog korena za najbolju vizuelizaciju i ugao snimanja anatomskog foramena postizano je fiksiranjem kruničnog dela zuba u ploču roze voska. Fotografija je prebacivana u program Adobe Photoshop CS5 i sačuvana u računaru.



Slika 2 Vrhovi različitih korenova sa anatomskim otvorima

2) *Broj ulaza u kanale*

Zubi su pojedinačno postavljeni u blok otisne mase ZetaPlus (Czermak, Rovigo, Italy) sa zaštićenim vrhovima korenova celuloidnom folijom. Dno krunične komore sa orificijumima je pregledano i fotografisano pod uvećanjem mikroskopa od \times , a fotografije prebacivane i sačuvane u istom Photoshop programu. Uvećanja i alati programa omogućili su detaljno analiziranje broja i oblika ulaza u kanal(e). Evidentiran je broj ulaza u kanale i definisan oblik za svaki pojedinačni orificijum. Pored ove uloge, ova serija fotografija je u daljem istraživanju usaglašavana - "mečovana", sa CBCT skenovima u nivou dna krunične komore.



Slika 3 Ulazi u korenske kanale prvih maksilarnih molara

4. 4. 2 Skeniranje CBCT tehnikom

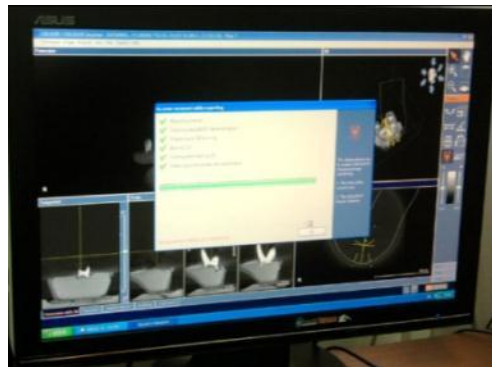
Skeniranje zuba rađeno je tehnikom kompjuterizovane tomografije konusnog zraka na skeneru tipa Galileos® (SIRONA Dental System, Bensheim, Germany) u visokoj rezoluciji. Da bi se snimanja izvodila pod identičnim i konzistentno reproduktibilnim uslovima, specijalno su dizajnirani i napravljeni plastični kalupi oblika sličnog kašikama za uzimanje otisaka gornje vilice. Kalupi su adaptirani prema ležištu za bradu pacijenta na CBCT aparatu, sa mogućnošću fiksacije i vraćanja u identičan položaj tokom višestrukog snimanja. Na osnovu probnih snimanja, definisani su uslovi pod kojima su skenirani svi uzorci.



a)



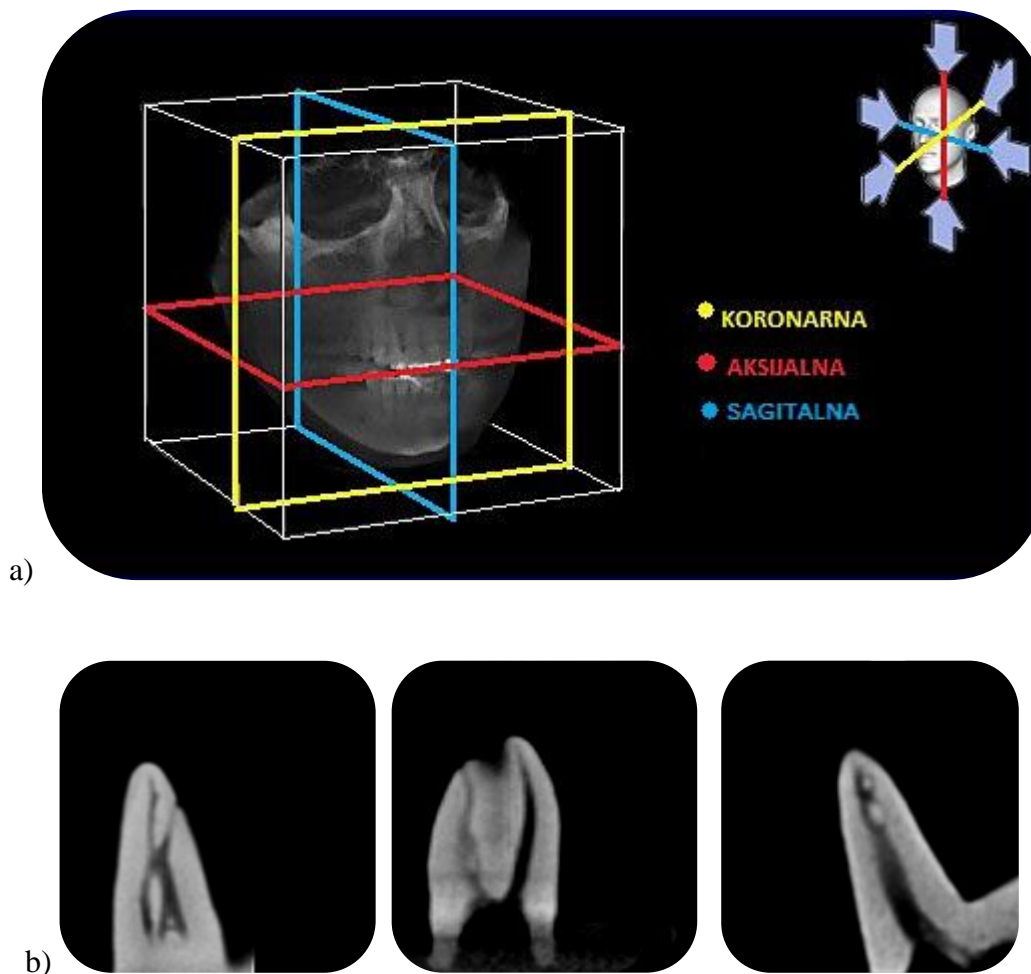
b)



c)

Slika 4 a) Uzorci zuba fiksirani u kalupu; b) Kalup sa zubima fiksiran u ležištu za bradu; c) Analiza imidža u softverskom programu

U jedan plastični kalup raspoređivano je po pet zuba. Analiza originalne morfologije kanalnog sistema korenova svih uzoraka prvih maksilarnih molara rađena je u softverskom programu 3D Galaxis (SIRONA Dental System). Uzorci su analizirani iz sve tri ravni: a) aksijalne, b) sagitalne i c) koronarne.



Slika 5 a) Prikaz ravni snimanja; b) preseči uzoraka prvih maksilarnih molara iz ssagitalne i koronarne ravni

3) *Kategorizacija konfiguracije kanala*

Za svaki koren je urađena kategorizacija kanala prema Vertucci-jevoj klasifikaciji.

Tip 1: jedan kanal polazi od krunične komore, ide integralno duž celog korena i završava se jednim apeksnim otvorom.

Tip 2: dva odvojena kanala od krunične komore, na određenom nivou korena spajaju se u jedan kanal, koji se na vrhu korena završava jednim foramenom

Tip 3: jedan kanal polazi od krunične komore, na određenom nivou korena račva se u dva kanala, koja se u apeksnom delu ponovo spajaju i završavaju jednim apeksnim otvorom.

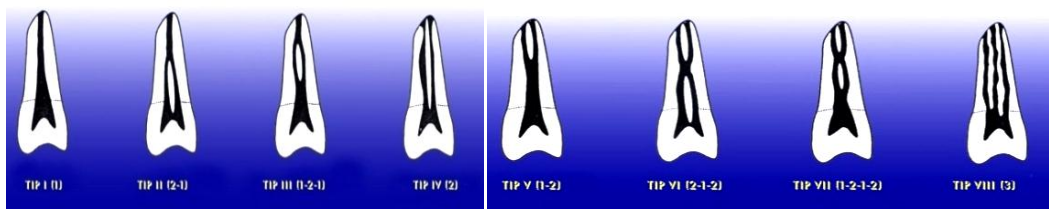
Tip 4: dva kanala polaze od krunične komore, idu odvojeno duž celog korena i završavaju se sa dva apeksna otvora.

Tip 5: jedan kanal polazi od krunične komore, pri vrhu korena se deli i završava sa dva apeksna formena.

Tip 6: Dva odvojena kanala polaze od komore, na određenom nivou korena se spajaju u jedan kanal, da bi se u apeksnom delu račvao i na vrhu korena završio sa dva odvojena apeksna otvora.

Tip 7: jedan kanal polazi iz krunične komore, na određenom nivou korena račva se u dva kanala, na određenom nivou korena se ponovo spaja u jedan kanal i u apeksnoj tećini se račva i završava sa dva odvojena formena.

Tip 8: tri kanala polaze od krunične komore, integralno idu duž celog korena i završavaju se sa tri odvojena apeksna otvora.



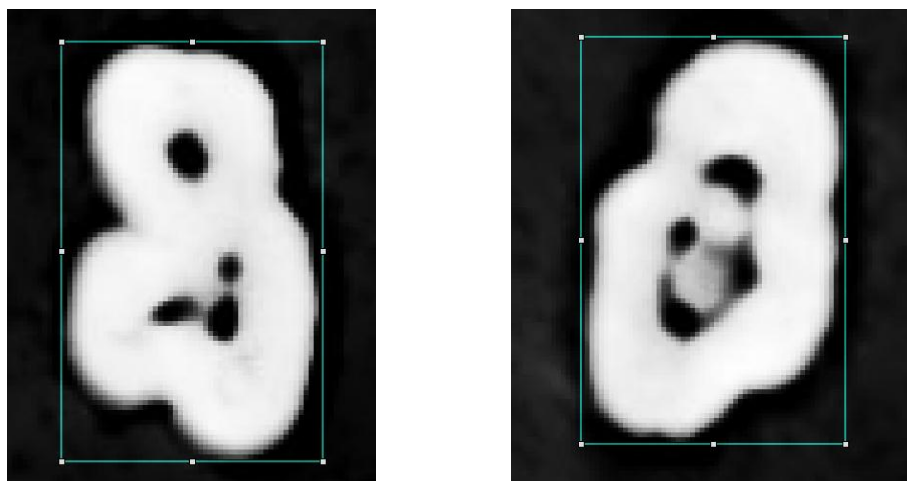
Slika 6 Shematski prikaz kategorizacije po Vertucci-ju

Uzorci čiji su kanali odstupali od klasifikacije po Vertucci-ju klasifikovani su po originalnoj klasifikaciji.

Merenja su obavljena u nivou dna krunične komore za sve uzorke u softverskom program 2D Sidexis (SIRONA Dental System). Registrovani su sledeći parametri:

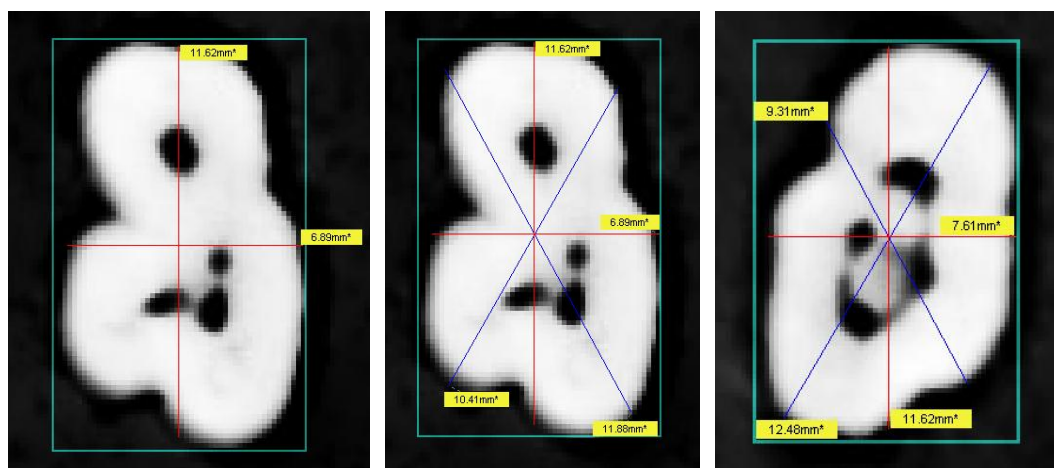
4) *Promer zuba*

Zbog geometrijski nepravilnog oblika i neravnih kontura zuba teško je definisati pravce i tačke merenja. S ciljem da merenja budu što preciznija i reproduktibilnija, oko zuba je ocrtavan četvorougao čije su stranice tangirale najjisturenije tačke na mezijalnoj, bukalnoj, distalnoj i palatinalnoj ivici zuba.



Slika 7 Aksijalni preseki prvih maksilarnih molara na nivou ulaza u kanale sa povučenim orijentacionim tangentama

Promer zuba je meren u četiri smeru: a) mezio-distalni (M-D); b) buko-palatinalni, c) meziopalatinalni-distobukalni (MP-DB) i d) distopalatinalni-meziobukalni (DP-MB).



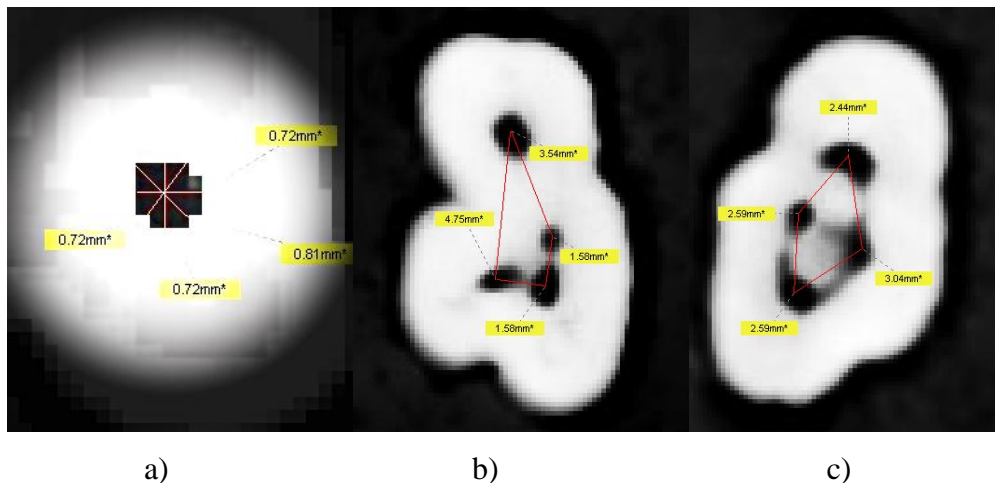
Slika 8 Pravci merenja promera zuba na nivou orificijuma kanala korena

5) "Dentinska mapa"

Na dnu krunične komore definisan je "centar gravitacije" za svaki pojedinačni orificijum.

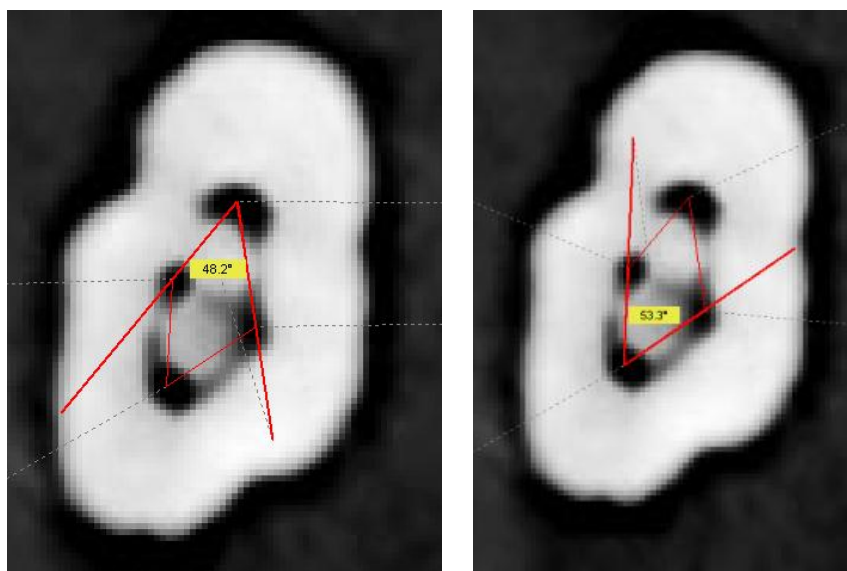
Svaki centar gravitacije predstavlja početak ose gravitacije kanala. Centri su spajani linijama, a izlomljena zatvorena linija formirala je odgovarajuću višegaonu

geometrijsku sliku. Tako je dobijena slika rasporeda ulaza u kanale na dnu komore. Mereno je rastojanje između centara gravitacije svakog orificijuma, izraženo u milimetrima sa preciznošću 1/100-og dela milimetra.

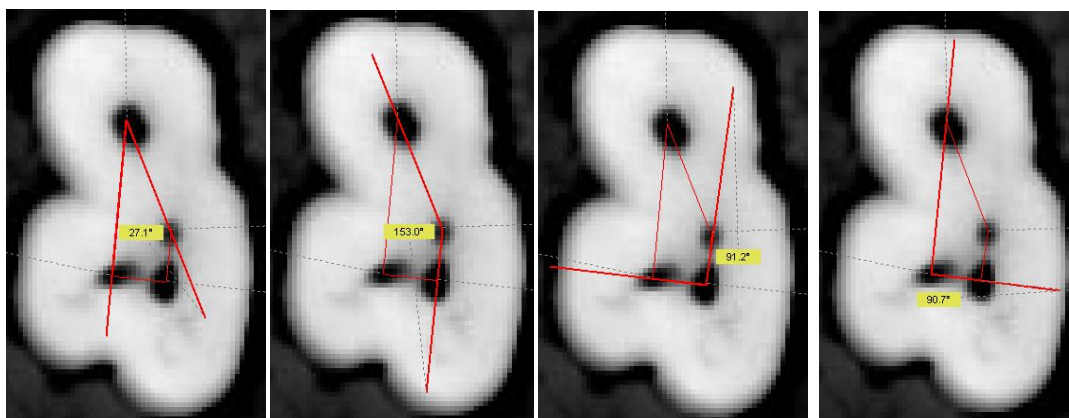


Slika 9 a) Pozicioniranje centra gravitacije kanala; b) i c) vrednosti rastojanja između centara gravitacije ulaza u kanale

Izmereni su i uglovi između stranica dva susedna orificijuma, izraženi u stepenima ($^{\circ}$), čime se dobila prostorna orijentacija i položaj ulaza u kanale jedan prema drugom.



Slika 10 Prikaz vrednosti uglova između različitih ulaza u kanale



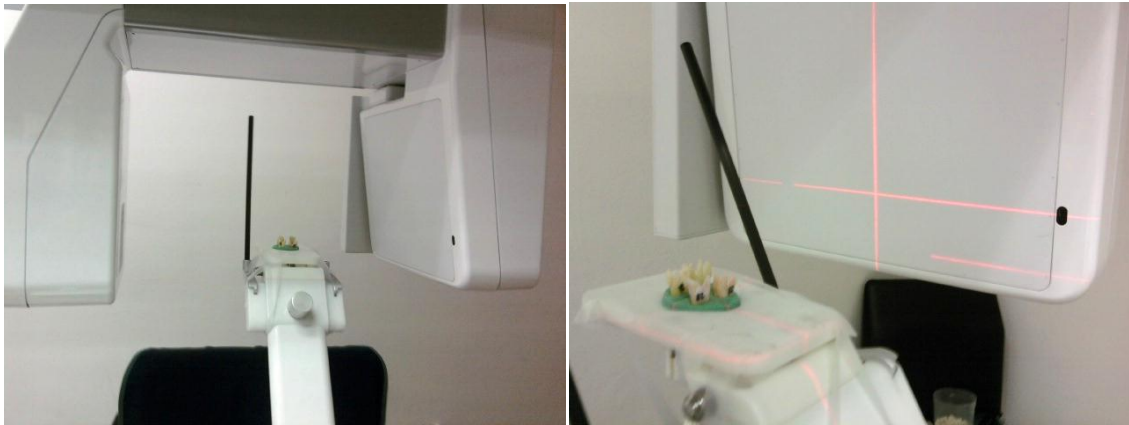
Slika 11 Uglovi između linija koje povezuju dva susedna orificijuma

Posle opisanih merenja podaci su statistički obrađeni i određivana je korelacija između registrovanih parametara: a) broja ulaza u kanale i broja anatomskih otvora; b) broja ulaza i broja kanala; c) broja kanala i broja anatomskih foramena; d) rastojanja između orificijuma i broja kanala u korenu i e) rastojanja između ulaza u MB1 i MB2 kanala i konfiguracijskog tipa kanala.

Kao najprikladnija i najhomogenija grupa za praćenje uticaja preparacije različitim mašinskim tehnikama na originalnu anatomiju kanala izabrana je grupa zuba sa konfiguracijom kanala u MB korenu po Vertucci tipu IV. To je bio drugi kriterijum za odabir uzorka jer je u tipu IV MB2 kanal potpuno odvojen i nezavisan od MB1 kanala, pruža se celom dužinom MB korena i završava se na njegovom vrhu sopstvenim foramenom. Od ukupno 48 zuba, slučajnim izborom su iz dalje procedure odstranjena tri, kako bi se jednom od pet tehnika preparisao jednak broj uzoraka od po devet u svakoj grupi.

Dalja merenja su rađena na ovoj grupi i na grupi od 32 zuba sa fuzionisanim korenovima, jer do sada na njima nisu obavljena istraživanja ovakvog tipa.

Uzorci iz navedene dve grupe ponovo su snimani na CBCT aparatu Scanora 3DX (Soredex, Tusula, Finland). Korišćeno je malo polje snimanja (SFO- Small Field of View) sa rezolucijom od 100 μm . Ovaj postupak je omogućio dobijanje većeg broja podataka iz regije od interesa, koji su bili neophodni za dalja proučavanja.



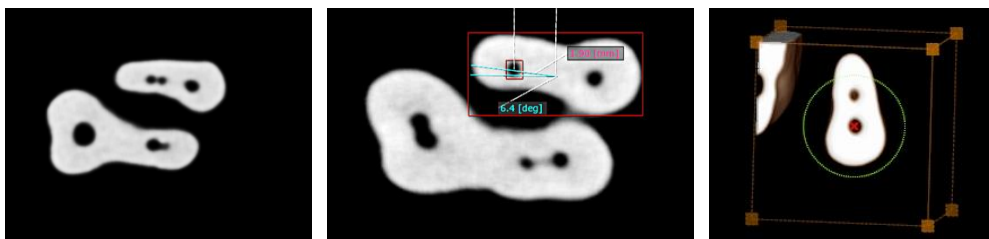
Slika 12 Kalup sa uzorcima na postolju CBCT skenera i lasersko pozicioniranje



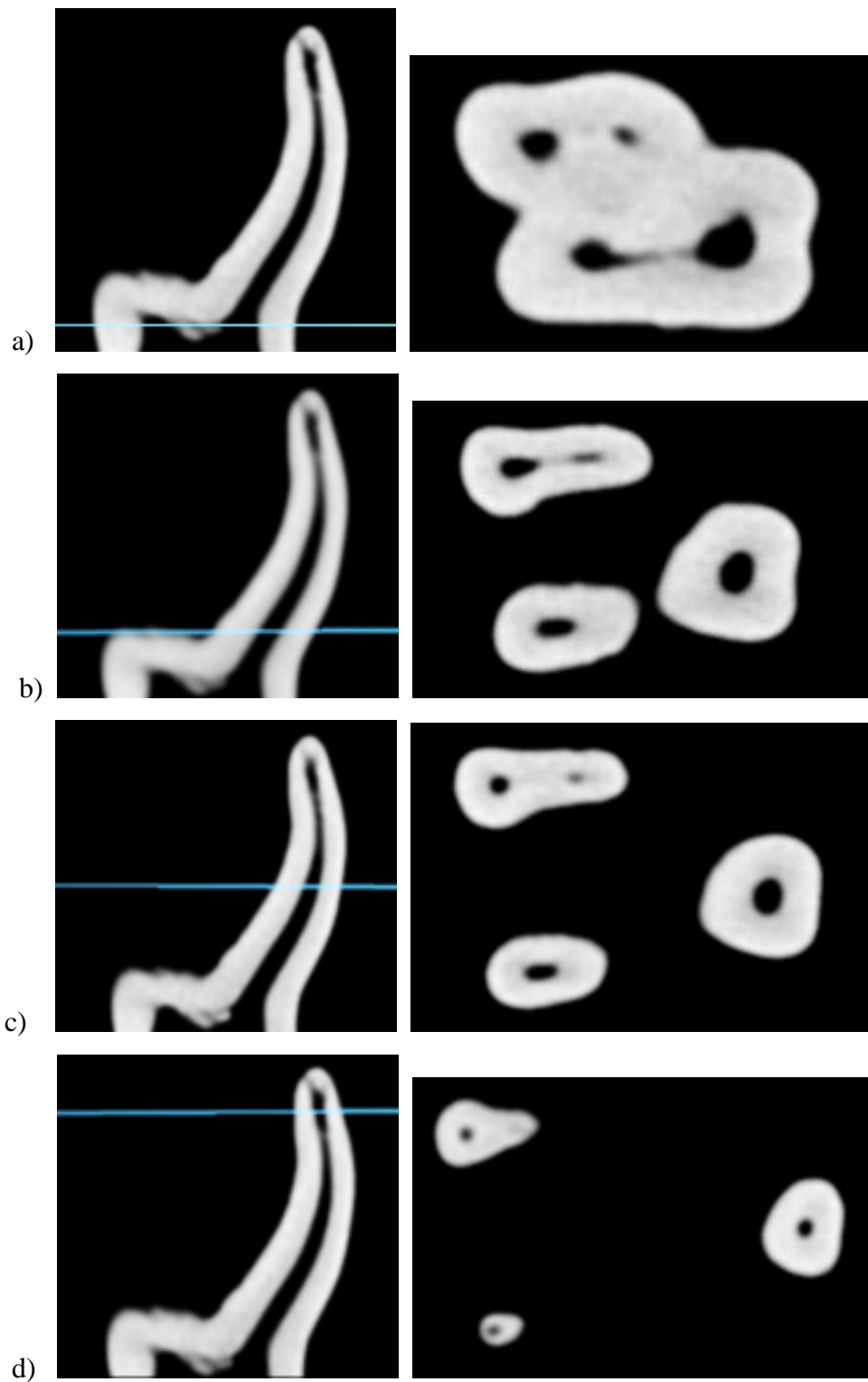
Slika13 Displej sa komandama za elemente snimanja

Dalja analiza je rađena u OnDemand 3D Application (CyberMed, Seoul, South Korea).

Na aksijalnim – poprečnim CBCT skenovima obavljena su merenja na svakom milimetru dužine pojedinačnog kanala korena. Vrednosti su prikazane na četiri nivoa svakog kanala: nivo ulaza u kanal, krunična, srednja i apeksna trećina.



Slika 14 Aksijalni preseci na različitim nivoima korena

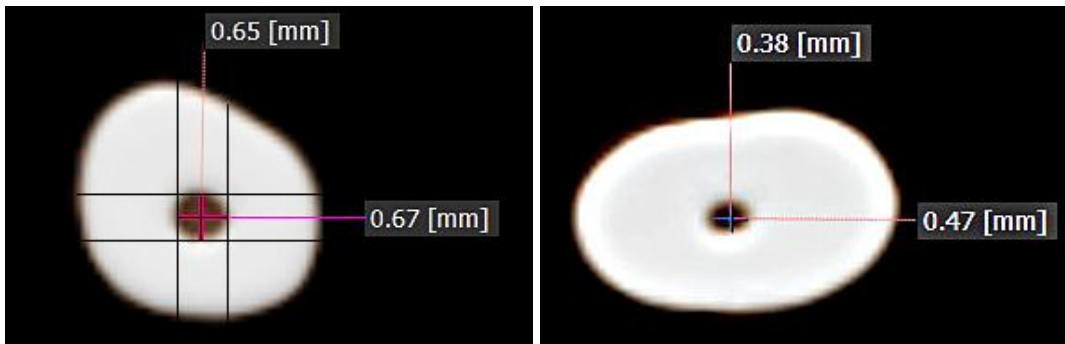


Slika 15 Prikaz preseka iz sagitalne i aksijalne ravni na četiri nivoa merenja:
 a) orificijum b) krunična, c) srednja i d) apeksna trećina

6) Dimenzije prečnika kanala

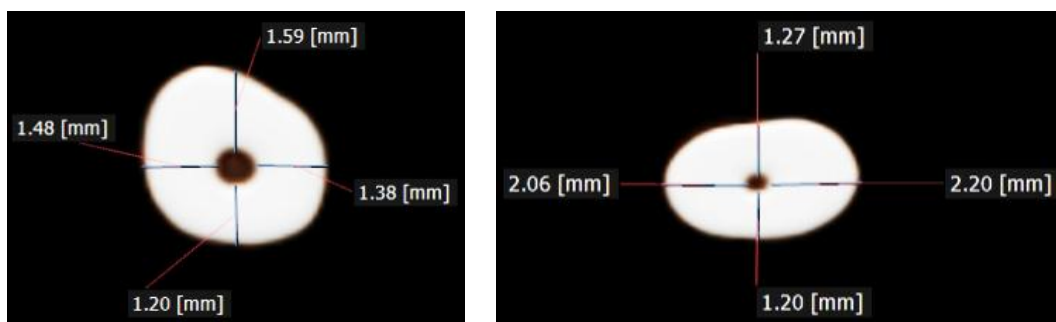
Dimenzije prečnika kanala su registrovane u MD i BP smeru. Ove mere su definisale:

- „debljinu kanala“; dimenzije prečnika izražene u milimetrima određivale su u kom smeru je kanal širi i olakšavale su kategorizaciju oblika kanala.
- oblik kanala



Slika 16 Dimenzije palatinalnog kanala u kruničnoj trećini

Tačke dodira prečnika sa dentinom kanala bile su referentna mesta za dalja merenja debljine zidova kanala korena. Time se dobija informacija o prisustvu ili odsustvu promena originalne anatomije kanala tokom preparacije.

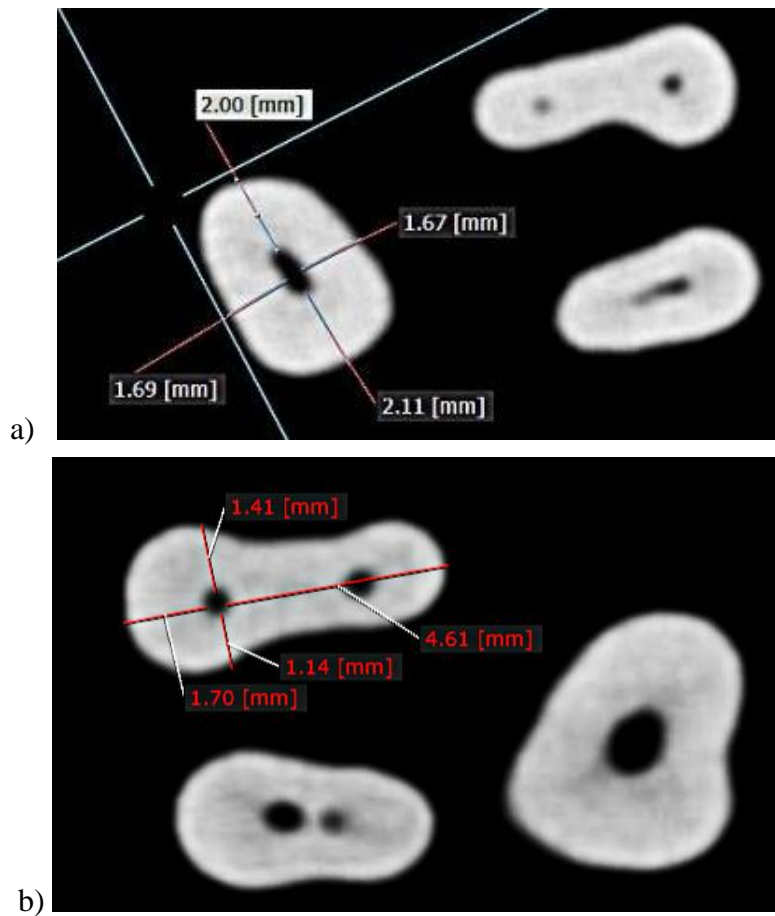


Slika 17 Pozicioniranje tačaka (kota) merenja debljine zidova locirani na mestu dodira prečnika kanala sa dentinskim zidom kanala

Ova merenja su urađena u MD i BP pravcu, a daju nam informacije o prisustvu ili odsustvu kontakta instrumenta tokom preparacije sa zidovima kanala korena i diktiraju dalji metod ispitivanja promene originalne anatomije.

7) Debljina zidova

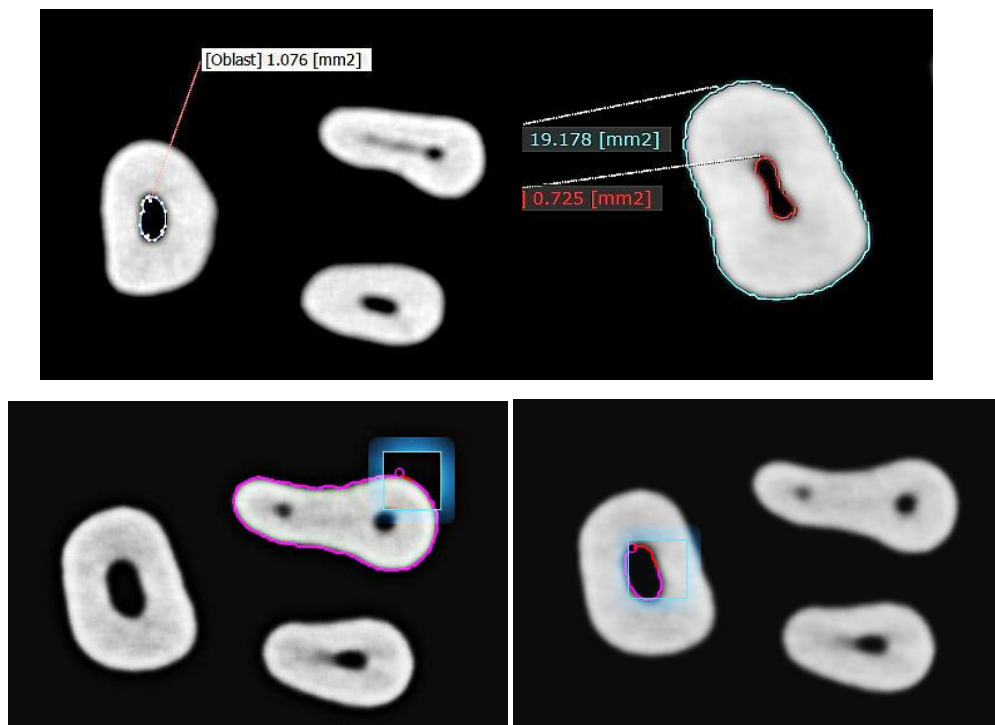
Debljina zidova sa preciznošću od 1/100 dela milimetra merena je od tačke dodira prečnika sa unutrašnjim obodom kanala do spoljašnje površine korena u četiri smeru: mezijalno, distalno, bukalno i palatinalno. Debljina zidova je korišćena za određivanje kritičnih zona korena. Ova merenja i dobijene dimenzije su uticale na odabir i pronalaženje najadekvatnijeg metoda ispitivanja promene originalne anatomije.



Slika 18 Pozicioniranje uzorka prema orijentacionim ravnima i debljine dentinskih zidova za a) P kanal i b) MB1 kanal

8) Površine poprečnih preseka korenova i kanala

Površine poprečnih preseka korenova i kanala su korišćene kao sekundarni derivat merenja za praćenje uticaja mašinskih instrumentacija na originalnu anatomiju kanala kroz registrovanje razlika između merenih površina pre i posle preparacije. Ovaj parameter definiše gubitak tvrdog tkiva (dentina) na različitim nivoima korena.



Slika 19 Prikazi merenja površina poprečnih preseka korenova i kanala

Radi sistematičnije interpretacije rezultata i zbog različite dužine korenskih kanala, vrednosti su prikazane sa četiri nivoa merenja: ulaza u kanale, koronarne, srednje i apeksne trećine.

Od 45 zuba sa jasno izražena tri korena i Vertucci IV tipom konfiguracije dva kanala u MB korenu formirano je pet grupa sa po devet zuba u svakoj grupi. Svi kanali iste grupe bili su preparisani jednom od pet mašinskih tehnika: ProTaper Next, Revo S, WaveOne, Tilos i SAF.

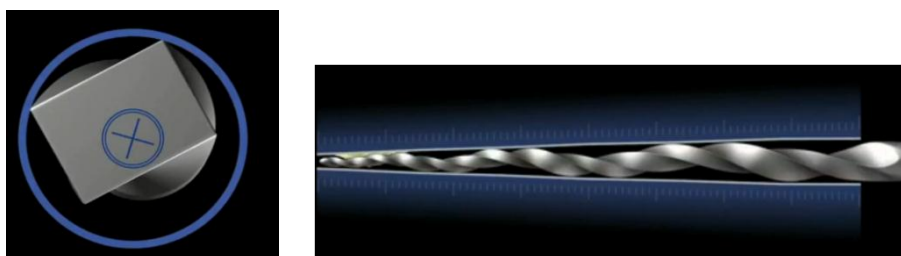
Od 32 zuba sa fuzionisanim korenovima iz dalje procedure su odstranjena dva uzorka: jedan sa fuzijom u jedan jedinstven koren i kanal i drugi koji je imao šest pojedinačnih kanala. Formirane su tri grupe sa po deset uzoraka, koji su preparisani primenom tri mašinske tehnike: RevoS, WaveOne i SAF

4.5 Mašinski instrumenti

1. grupa

ProTaper Next (Dentsply/Maillefer, Ballaigues, Switzerland) – komplet instrumenata za punu rotaciju sa jedinstvenim dizajnom pravougaonog poprečnog preseka, sa izmeštenim centrom - osom rotacije, koji uslovljava asimetrične, “vijugajuće” pokrete tokom rotiranja u kanalu.

Promenljiva multikoničnost duž sečivnog dela je rastućeg ili opadajućeg procenta, u zavisnosti od osnovnog promera na vrhu. Instrument je izrađen od temperaturno modifikovane Ni-Ti legure, tzv. M-žice (M-wire).



Slika 20 Prikaz poprečnog i uzdužnog preseka ProTaper Next instrumenta

| | Taper [%] mm | Active part lengths | | | | | | Tip Ø |
|----|-----------------|---------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------|-------|
| | | 16mm | 13mm | 9mm | 6mm | 3mm | 1mm | |
| X1 | 6% 1.16 | 6% 0.98 | 7.5% 0.70 | 6.5% 0.49 | 5% 0.31 | 4% 0.21 | 0.17 | |
| X2 | 4% 1.20 | 6% 1.11 | 7% 0.84 | 7% 0.63 | 6% 0.43 | 6% 0.31 | | |
| X3 | 5% 1.20 | 5% 1.09 | 6% 0.89 | 6% 0.71 | 7.5% 0.53 | 7.5% 0.38 | 0.30 | |
| X4 | 4.5% 1.20 | 5% 1.13 | 5% 0.93 | 6% 0.78 | 6.5% 0.60 | 6.5% 0.47 | | |
| X5 | 4% 1.20 | 4% 1.14 | 4% 0.98 | 5% 0.84 | 6% 0.68 | 6% 0.56 | 0.50 | |
| | | | | | | | | |

Slika 21 Set ProTaper Next instrumenata sa konstrukcionim podacima

Kanalne turpije imaju sukcesivno sledeće vrednosti promera i koničnosti na svom vrhu: X1 = 0,17mm, 4%; X2 = 0,25, 6%; X3 = 0,30mm, 7%; X4 = 0,40mm, 6%

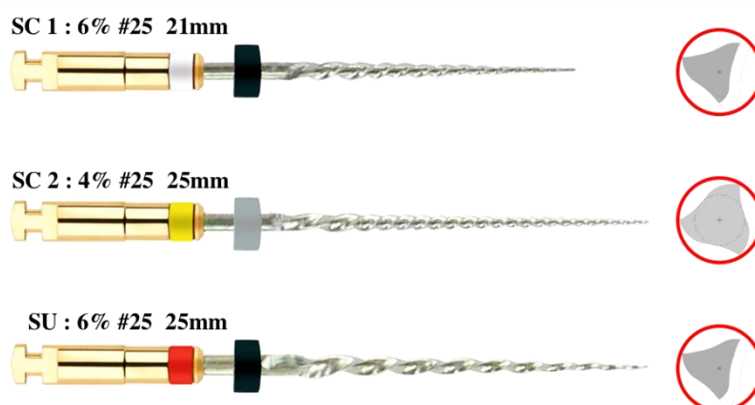
i X5 = 0,50mm, 6%. Konicitet se prema kraju aktivnog dela menja ka nižim vrednostima u cilju povećanja fleksibilnosti dela turpije koji je sa manjim efektom širenja kanala.

Vrh ProTaper Next turpija je gladak – pasivan. Rastojanja između sečiva, tj. njihova gustina, kao i ugao između sečiva i izdužne ose instrumenta su promenljivi duž reznog dela.

2. grupa

Revo S (MicroMega, Besançon, France) – komplet Ni-Ti instrumenata za punu rotaciju sa konstantnim konicitetom i jedinstvenim asimetričnim rasporedom tri sečivne ivice u odnosu na izmešten centar rotacije - omogućava “zmijolike kretnje” tokom okretanja turpije u kanalu.

Kanalne turpije za osnovno oblikovanje (oznaka S) imaju trouglast poprečni presek, ali sa nejednakim rastojanjem ivice sečiva od centralne ose glavnog stabla turpije. Konkretno, postoje tri različita poluprečnika, svaki za jedan od tri sečiva.



Slika 22 Osnovni set od tri Revo-S turpije sa konstrukcionim podacima

Revo S turpije imaju sukcesivno sledeće vrednosti promera i koničnosti na svom vrhu, ali varijabilan poprečni presek: SC1= 0,25mm, 6% - asimetrična sečiva nejednakih poluprečnika; SC2= 0,25mm, 4% - simetričan trouglast poprečni presek; SU - “Univerzalno oblikovanje” kanala = 0,25mm, 6% - asimetričan poprečni presek sa nejednakim poluprečnicima sečivnih ivica.

Kanalne turpije za apeksno finiranje (oznaka AS) imaju trouglast i asimetričan poprečni presek kao kod SU turpije. Konicitet u apeksnih 5 mm im je konstantan 6%, a

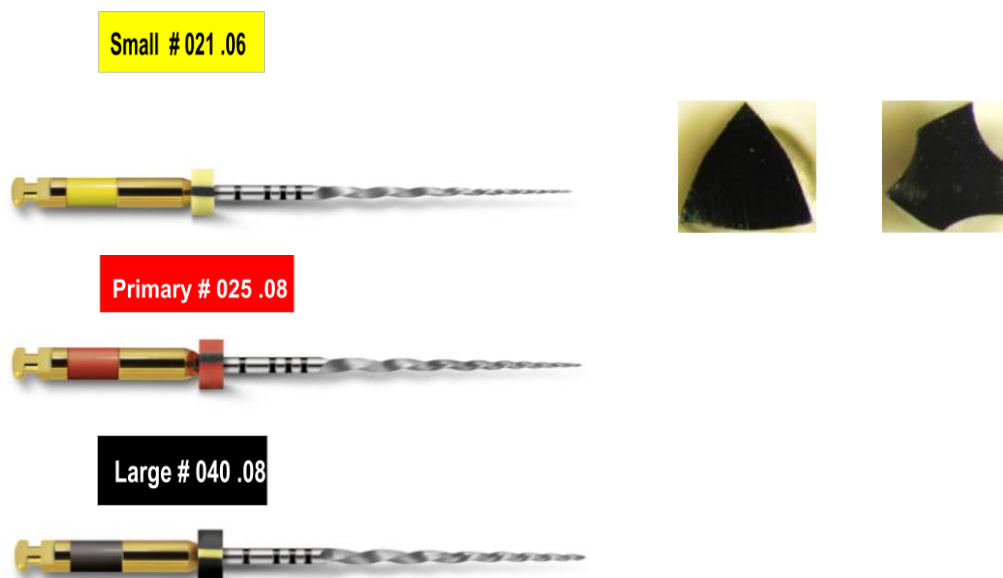
deo ka dršci turpije, dužine 13 mm, je bez ikakvog koniciteta. Promer na vrhu je: 0,30, 0,35 i 0,40mm. Vrhovi svih turpija su glatki - pasivni. Rastojanja između sečiva i ugao između sečiva i izdužne ose instrumenta su promenljivi duž reznog dela.

3. grupa

WaveOne (Dentsply/Maillefer, Ballaigues, Switzerland) – instrumenti za mašinsku tehniku sa recipročnom rotacijom nejednakog stepena. Ciklus započinje delimičnom rotacijom u levo za 150° , kada sečiva uklanjaju dentin, a zatim sledi pasivna rotacija u desno za 30° , tokom koje se sečiva oslobađaju od zidova kanala. Na ovaj način potpun ciklus od 360° obave tri uzastopne recipročne rotacije od po 120° .

Pravac sečiva WaveOne je s leva u desno - obrnut od ISO standardnog. Zato je veća rotacija u levo aktivni - rezajući, a manja, desna rotacija je “relaksirajući” deo ciklusa. Poprečni presek WaveOne-a je trouglastog oblika, ali je promenljiv duž reznog dela turpije. U apeksnoj i srednjoj trećini sečiva su dvostruka, najveće gustine, pa je to i najefikasniji rezajući deo instrumenta. Pri dršci je jednostruko sečivo, sa većim međusobnim rastojanjem za bolju evakuaciju detritusa. Vrh instrumenta je poluaktivan – samo dve, od šest reznih ivica, idu do vrha turpije.

Sistem čine tri instrumenta: mali = 0,21mm, 6% (žut prsten); osnovni= 0,25mm, 8% (crveni prsten) i veliki= 0,40mm, 8% (crni prsten).



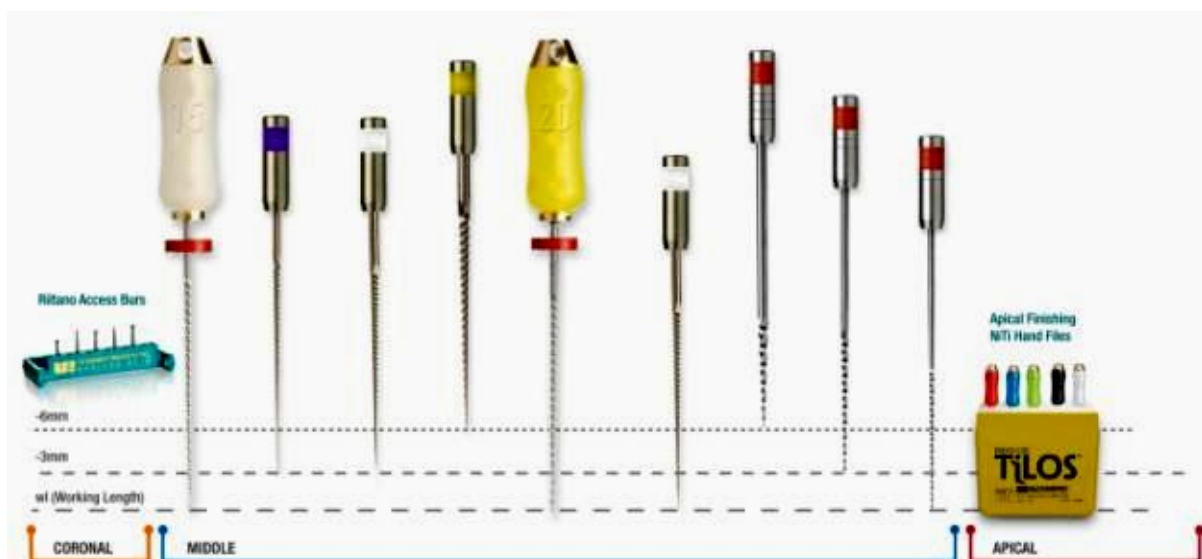
Slika 23 Komplet od tri instrumenta WaveOne sa prikazom poprečnih preseka

4. grupa

Tilos (Ultradent, South Jordan, UT, USA) – hibridni sistem čeličnih i Ni-Ti instrumenata. Oni su kombinacija dobrih performansi “step-back” i “crown-down“ tehnika sa recipročnom rotacijom instrumenata jednakog stepena (30^0). Sve turpije su četvorougarnog poprečnog preseka, po tipu K-turpija.

Prvi komplet se sastoji od tri čelične turpije za oblikovanje kanala (“shaping files”) sa sledećim promerima na vrhu i konicitetom reznog dela: 1 = 0,10 mm, 2%; 2 = 0,13 mm, 3%; 3 = 0,13 mm, 4%. Drugi komplet sastoji se od tri Ni-Ti “prelazne” (transitional) turpije sa sledećim promerom na vrhu i konicitetom reznog dela: 1 = 0,25 mm, 8%; 2 = 0,25 mm, 6%; 3 = 0,25 mm, 4% i 4 = 0,25 mm, 2%.

Pored turpija za mašinsku recipročnu rotaciju, postoje kompleti čeličnih turpija za postizanje inicijalne prohodnosti (od #0,08 mm do #0,20 mm; 2%) i Ni-Ti ručnih instrumenata za postizanja radne dužine i za preparaciju apeksne regije (od #0,25 mm do #0,80 mm; 2%).



Slika 24 Komplet Tilos i sekvence instrumentacije kanala

5. grupa

SAF – Self Adjusting File (ReDent Nova, Raanana, Israel) – jedinstven samoadaptirajući instrument, bez centralnog metalnog stabla, s vertikalnim kretnjama od 0,4 mm i slobodnom rotacijom od 80 o/min.



Slika 25 Prikaz SAF kanalnih instrumenata različitih promera

SAF turpija je dizajnirana u vidu mrežaste cevi, sa zidovima od tankih, lučno isprepletanih NiTi vlakana između dve osnovne uzdužne trake, koje se asimetrično spajaju na vrhu. Ovakva konstrukcija omogućava ekstremnu kompresiju, promenljivost i prilagodljivost oblika prema konfiguraciji kanala u sve tri dimenzije.

Promer SAF turpije može biti: 1) od 1,5mm sa kompresijom do veličine K-turpije #20 (0,20 mm) i 2) od 2,0 mm sa kompresijom do veličine K-turpije #35 (0,35mm).

SAF turpija je povezana sa sopstvenim sistemom za irigaciju (VATEA), pri čemu irigans konstantno protiče kroz centralnu šupljinu i bočne otvore u mrežastoj strukturi, slobodno duž čitavog lumena kanala korena.

4. 6 Postupak preparacije kanala

Svi kanali su prvo preparisani tačno do radne dužine rotirajućim NiTi instrumentima PathFile (Dentsply/Maillefer), čija je koničnost 2%, primenjujući sukcesivno veličine #13, #16 i #19. Ovim se postigla laka i sigurna prohodnost i uniforman promer svakog kanala za prijem svih pet ispitivanih NiTi mašinskih instrumenata, čiji vrhovi imaju promere koji tačno odgovaraju najvećem promeru PathFile #19.



Slika 26 Komplet PathFile NiTi rotirajućih kanalnih instrumenata za postizanje prohodnosti kanala pre primene mašinskih sistema preparacije

Preparacija kanala korena je dalje obavljena tačno prema uputstvima proizvođača, striktno poštujući sekvence, tehniku i specifičnosti primene svakog sistema i svakog pojedinačnog instrumenta. Bukalni kanali (DB, MB1, MB2 i ako postoji i MB3) preparirani su do instrumenta veličine #25, a palatinalni kanali do instrumenta veličine #40. Za irigaciju je korišćen natrijum-hipohlorit 2%, a kao lubrikant EDTA Cream (MicroMega, Besançon, France). Finalno ispiranje svakog kanala je obavljeno sukcesivno rastvorima 2%-tnog natrijum-hipohlorita, 10% liminske kiseline i destilovanom vodom.

Posle instrumentacije svakom od pet navedenih tehnika uzorci su snimani pod identičnim uslovima i ponovljena su merenja na svim nivoima, poštujući sve definisane parametre merenja i analize. Razlike u dimenzijama prečnika pre i posle preparacije pokazuju u kom pravcu instrument ima snažniji efekat širenja i preoblikovanja kanala. Ova procedura se sprovela da bi se registrovao uticaj preparacije različitim mašinskim tehnikama na originalnu anatomiju kanala korena prvih maksilarnih molara.

4.7 Statistička analiza

U ovoj studiji korišćene su deskriptivne i analitičke statističke metode.

Od deskriptivnih korišćeni su:

- apsolutni i relativni brojevi (n, %)
- mere centralne tendencije (aritmetička sredina, medijana)
- mere disperzije (standardna devijacija, interval varijacije).

Od analitičkih statističkih metoda korišćeni su testovi razlike, parametarski i neparametarski.

Parametarski testovi korišćeni u ovoj studiji su: t test, ANOVA i ANOVA ponovljenih merenja

Neparametarski testovi korišćeni u ovoj studiji su: Man-Whitney U test, Wilcoxon test i Kruskal-Wallis test.

Rezultati su predstavljeni tabelarno i grafički.

Svi podaci su obrađeni u SPSS 20.0 (IBM korporacija) softverskom paketu.

5. REZULTATI

5.1 Rezultati ispitivanja parametara originalne anatomije prvih maksilarnih molara

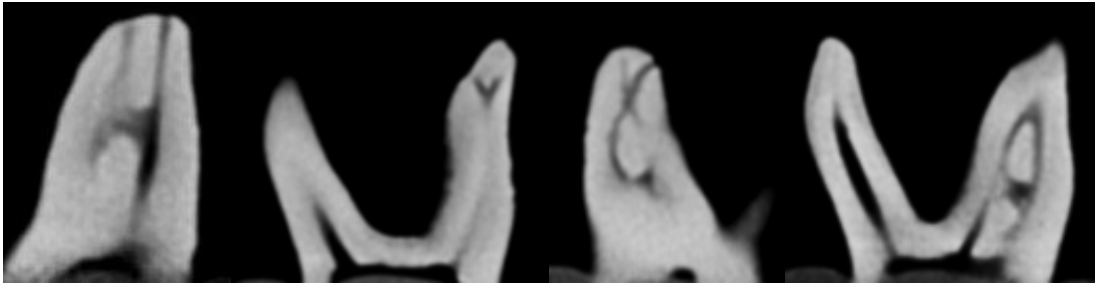
U ovu studiju bilo je uključeno ukupno 183 ekstrahovana prva maksilarna molara. Od ovog broja 147 zuba (80,3 %) je bilo sa tri korena, 32 (17,5 %) sa fuzionisanim korenovima i četiri zuba (2,2 %) sa četiri jasno razdvojena korena, bez obzira na njihovu veličinu.

5.1.1 Grupa sa tri odvojena korena

Na tabeli 1 prikazana je zastupljenost pojedinih konfiguracijskih tipova kanala u MB korenu prema Vertucci-jevoj klasifikaciji kod 147 uzoraka prvih maksilarnih molara sa tri jasno definisana korena.

Tabela 1 Zastupljenost konfiguracijskih tipova kanala u MB korenu trokorenih prvih maksilarnih molara prema Vertucci klasifikaciji

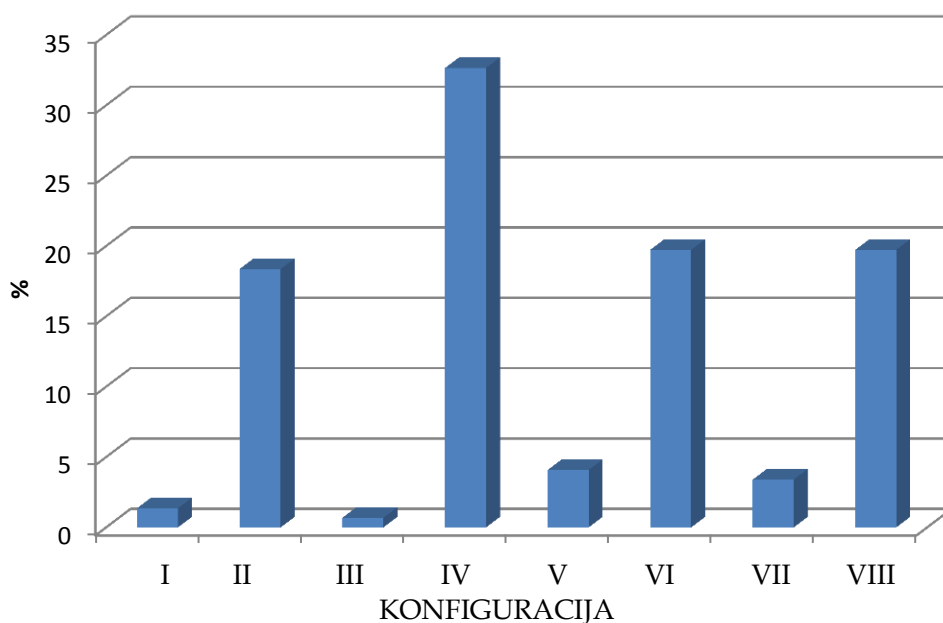
| Konfiguracija po Vertucci-ju | N | % |
|------------------------------|----|-------|
| I | 2 | 1.36 |
| II | 27 | 18.3 |
| III | 1 | 0.68 |
| IV | 48 | 32.66 |
| V | 6 | 4.08 |
| VI | 29 | 19.73 |
| VII | 5 | 3.40 |
| VIII | 29 | 19.73 |



Slika 27 Sagitalni i koronarni preseki na CBCT snimcima sa različitim tipovima konfiguracije kanala u MB korenu

Grafikon 1 prikazuje distribuciju uzoraka prema konfiguracijskom tipu MB kanala kod prvih maksilarnih molara sa tri jasno definisana korena.

Grafikon 1 Distribucija zastupljenosti konfiguracijskih tipova kanala u MB korenu trokorenih prvih maksilarnih molara prema Vertucci-jevoj klasifikaciji



Iz tab. 1 i graf. 1 vidi se da u MB korenu najčešće postoje dva odvojena kanala (32,66%) definisana kao tip IV po Vertucci klasifikaciji, značajno ređe tip VI i VIII (po 19,73%), slično i tip II (18,3%).

Utvrđeno je da od 48 prvih maksilarnih molara s Vertucci tipom IV postoji 41 zub (85,4%) sa četiri, a 7 zuba (14,6%) ima pet ulaza u korenske kanale.

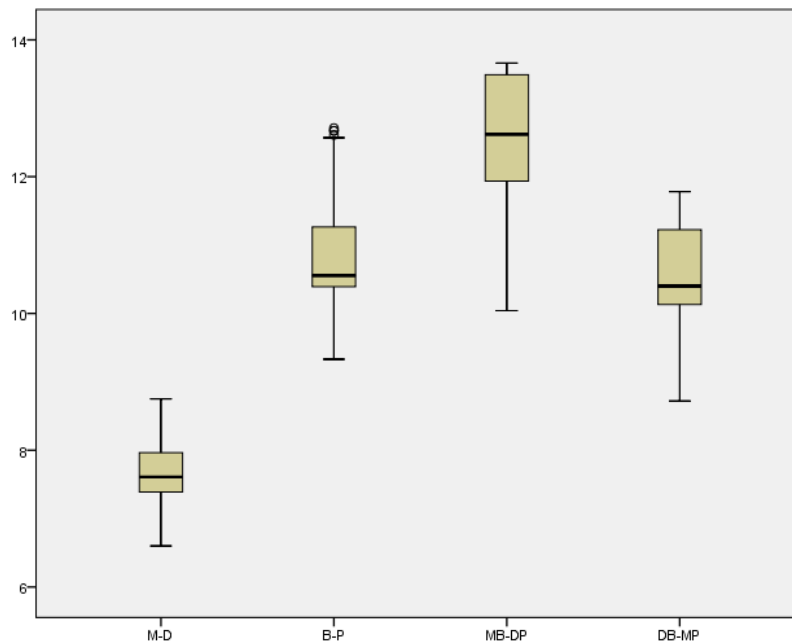
5. 1. 1. A) Dimenzije zuba na dnu krunične komore kod trokorenih prvih maksilarnih molara s konfiguracijom MB kanala Vertucci tipa IV

U tabeli 2 prikazana je deskriptivna statistička analiza dimenzija zuba u milimetrima na dnu krunične komore u odnosu na četiri pravca merenja.

Tabela 2 Dimenzije zuba (mm) na dnu koronarnog kavuma (n=48)

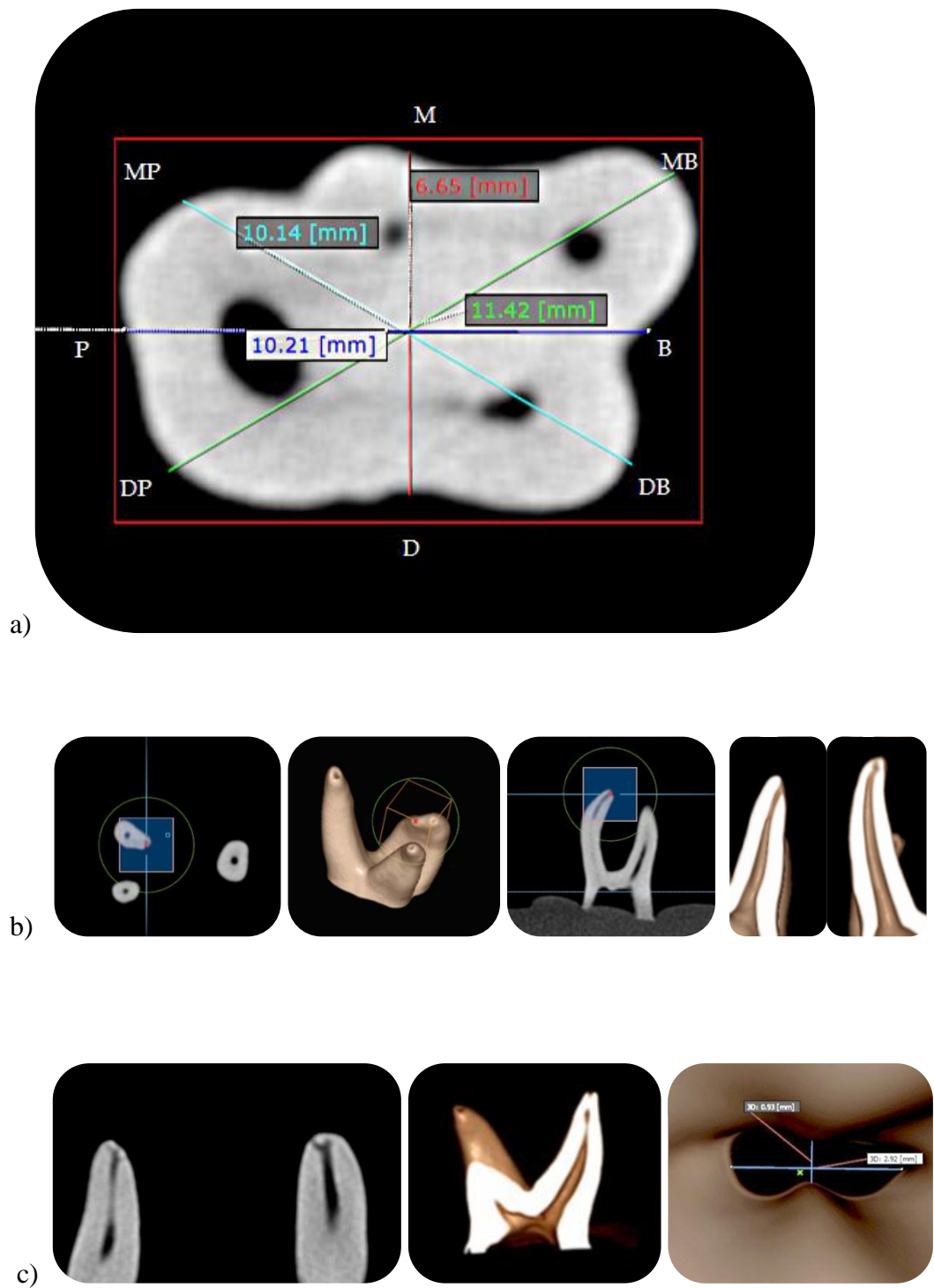
| | Aritmetička sredina | SD | Median | Minim | Maxim | α_3 | α_4 |
|-------|---------------------|-----|--------|-------|-------|------------|------------|
| MD | 7.64 | .45 | 7.61 | 6.60 | 8.75 | .117 | -.111 |
| BP | 10.89 | .87 | 10.55 | 9.33 | 12.71 | .693 | .089 |
| MB-DP | 12.55 | .84 | 12.62 | 10.04 | 13.66 | -.584 | .120 |
| DB-MP | 10.51 | .81 | 10.40 | 8.72 | 11.78 | -.420 | -.249 |

Grafikon 2 prikazuje je distribucija dimenzija zuba na dna krunične komore.



Grafikon 2 Distribucija dimenzija zuba na dnu koronarnog kavuma

Dimenzije zuba su najmanje u MD (7,64 mm) , dok su najveće u dijagonalnom MB-DP smeru (12,55 mm).



Slika 28 Dimenzije zuba (a) na dnu krunične komore ; (b i c) prikaz analize kanala i korena

Na osnovu rezultata ovog uzorka dobijeno je da su koeficijenti varijacije za dimenzije sledeći:

MD (mezio-distalno) CV=0,05

BP (buko-palatinalno) CV=0,07

MB-DP (mezio distalno-buko palatinalno) CV= 0,06

DB-MP (disto bukalno-mezio palatinalno) CV=0,07

Svi koeficijenti varijacije upućuju da se radi o vrlo homogenom uzorku.

Na tabeli 3 i grafikonu 3 prikazane su dimenzije stranica četvorougla u milimetrima koga formiraju centri ulaza u kanale na dnu koronarnog kavuma i njihova statistička analiza.

Tabela 3 Dimenzije stranica (mm) četvorougla na dnu kavuma (n=39)

| | Aritmetička sredina | SD | Median | Minim | Maxim | α_3 | α_4 |
|---------|---------------------|-----|--------|-------|-------|------------|------------|
| mb1-mb2 | 3.20 | .41 | 3.06 | 2.62 | 3.88 | .318 | -1.313 |
| bm2-p | 3.92 | .62 | 3.91 | 2.83 | 4.72 | -.409 | -1.282 |
| p-db | 4.76 | .39 | 4.67 | 4.16 | 5.47 | .336 | -1.072 |
| db-mb1 | 3.57 | .34 | 3.60 | 2.63 | 4.20 | -.293 | 1.014 |

Iz tabele se vidi da je najduža stranica p-db (4,76 mm), dok je najkraća stranica mb1-mb2 (3,20 mm).

Odnos aritmetičke sredine i standardne devijacije, kao i odnos medijane i aritmetičke sredine ukazuje da se radi o homogenom uzorku. Koeficijenti varijacije su sledeći:

mb1-mb2 CV=0,12

mb2-p CV=0,15

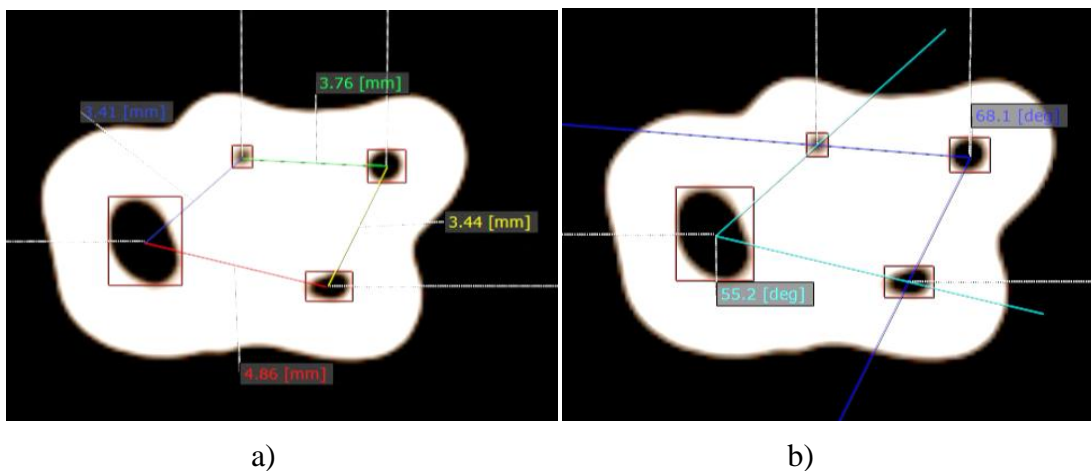
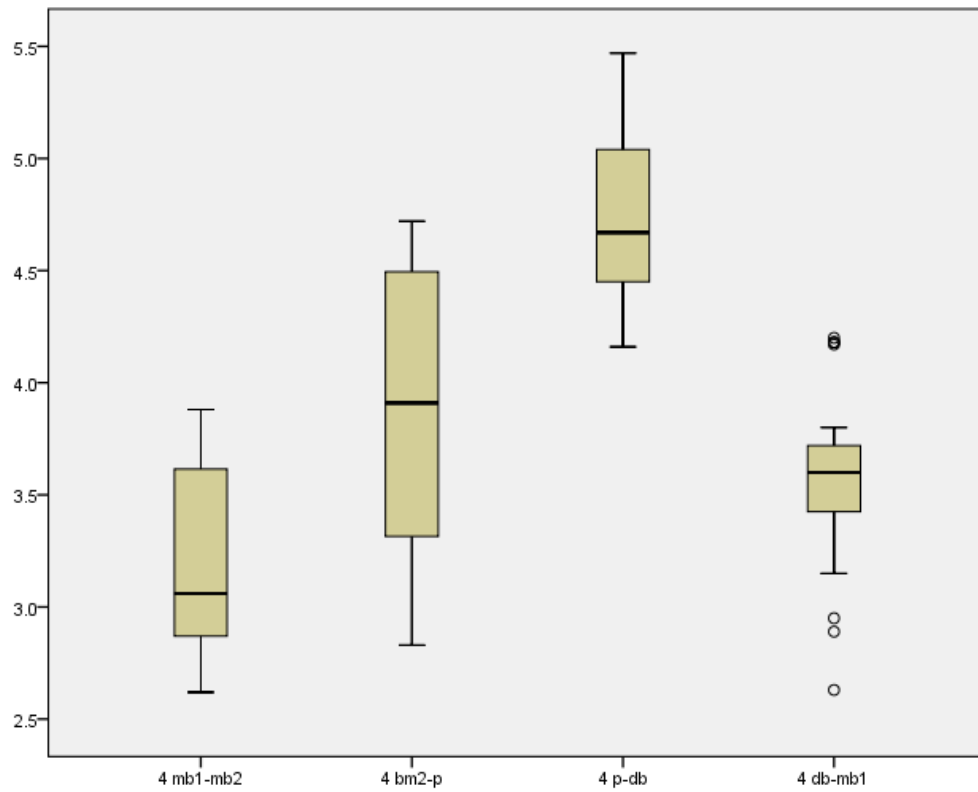
p-db CV=0,08

db-mb1 CV=0,22

Koeficijenti varijacije su mali, a vrednosti mere oblika raspodele (α_3 i α_4) takođe ukazuju na homogenosti merenog uzorka.

Grafikon 3 prikazuje distribuciju dužine stranica četvorougla između centara ulaza u kanale.

Grafikon 3 Distribucija dužine stranica četvorougla



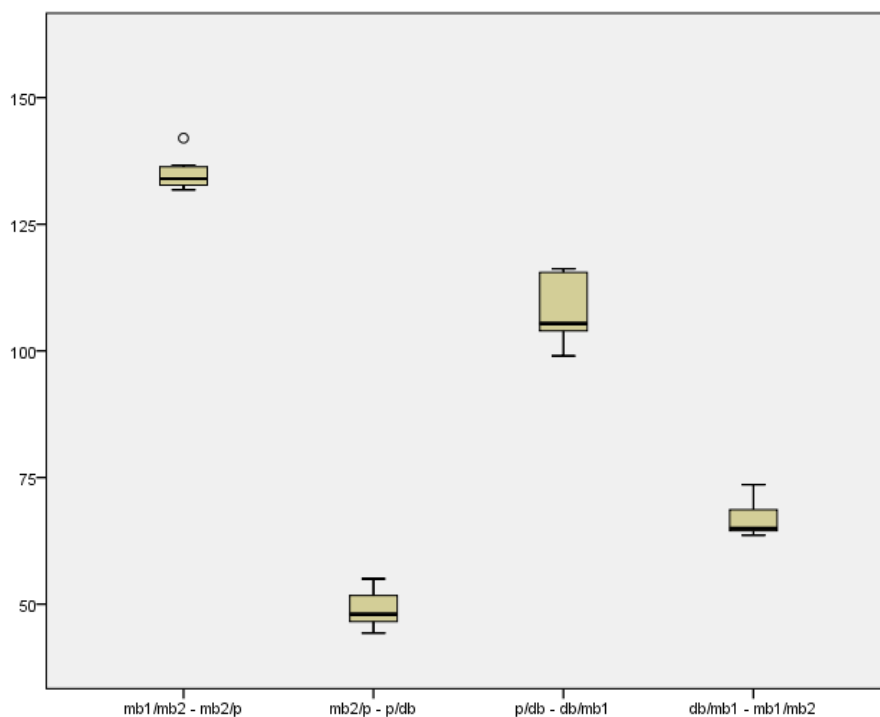
Slika 29 Dužine stranica koje povezuju četiri orificijuma (a) i vrednosti uglova u stepenima (deg) u četvoruglu (b)

Vrednosti uglova u stepenima u četvorouglu koga zaklapaju stranice koje povezuju centre ulaza u kanale i statistička analiza prikazani su na tabeli 4 i grafikonu 4.

Tabela 4 Statistička analiza vrednosti uglova ($^{\circ}$) četvorougla koga zaklapaju stranice između centara ulaza u kanale

| | Aritmetička sredina | SD | Median | Minim | Maksim |
|------------------|---------------------|---------|----------|--------|--------|
| mb1/mb2 - mb2/p | 135.1286 | 3.54904 | 134.0000 | 131.80 | 142.00 |
| mb2/p - p/db | 49.1143 | 3.81376 | 48.0000 | 44.30 | 55.00 |
| p/db - db/mb1 | 108.5000 | 7.06140 | 105.4000 | 99.00 | 116.20 |
| db/mb1 - mb1/mb2 | 66.9286 | 4.02190 | 65.0000 | 63.60 | 73.60 |

Na grafikonu 4 prikazana je distribucija vrednosti uglova u stepenima koje zaklapaju stranice četvorougla između centara ulaza u kanale.



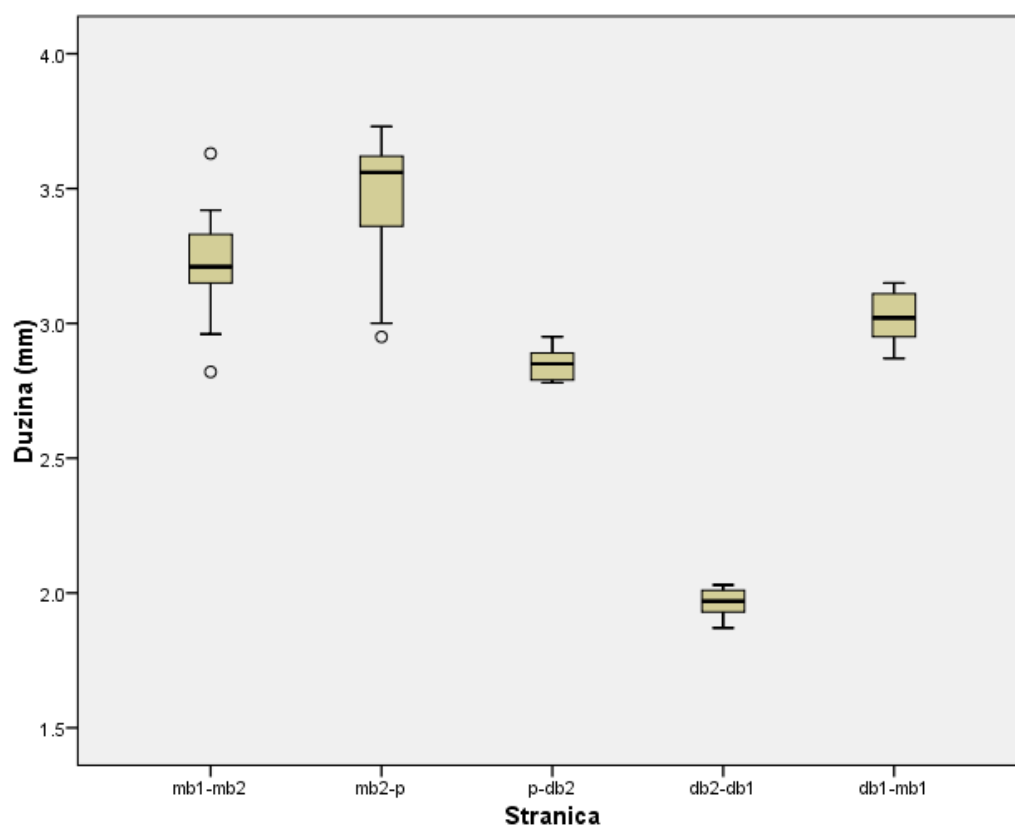
Grafikon 4 Distribucija vrednosti uglova ($^{\circ}$) u četvorouglu

Iz tab. 4, graf. 4 i slike 30 se vidi da je najmanji ugao između stranice koja spaja mb2/p ulaz i stranice četvorougla koja spaja p/db ulaz ($49,114^{\circ}$). Najveći ugao je između stranice koja spaja mb1/mb2 ulaz i stranice koja spaja mb2/p ulaz ($135,128^{\circ}$).

Tabela 5 i grafikon 5 prikazuju dimenzije stranica petougla u milimetrima koga formiraju centri ulaza u pet korenskih kanala na dnu koronarnog kavuma kada su prisutna dva DB kanala: DB1 i DB2.

Tabela 5 Deskriptivna statistika dužine stranica (mm) u petouglu

| | Aritmetička sredina | SD | Median | Minim | Maxim | α_3 | α_4 |
|---------|---------------------|-----|--------|-------|-------|------------|------------|
| mb1-mb2 | 3.21 | .24 | 3.21 | 2.82 | 3.63 | .080 | .397 |
| mb2-p | 3.44 | .28 | 3.56 | 2.95 | 3.73 | -1.050 | -.238 |
| p-db2 | 2.85 | .06 | 2.85 | 2.78 | 2.95 | .428 | -1.089 |
| db2-db1 | 1.96 | .06 | 1.97 | .87 | 2.03 | -.603 | -1.069 |
| db1-mb1 | 3.02 | .09 | 3.02 | 2.87 | 3.15 | -.123 | -1.331 |



Grafikon 5 Distribucija dužina stranica između ulaza u kanale koji obrazuju petougao

Iz tabele 5 i sa grafikona 5 se uočava da je najduža stranica između ulaza u mb2 i p kanal (3,44 mm), dok je najkraća koja spaja db1 i db2 ulaz (1,96 mm).

Vrednosti predstavljaju veoma homogen uzorak, što dokazuje odnos aritmetičke sredine i standardne devijacije, medijane i aritmetičke sredine, kao i mere oblika raspodele (α_3 i α_4). Takođe, male vrednosti koeficijenta varijacije ukazuju na homogenost uzorka:

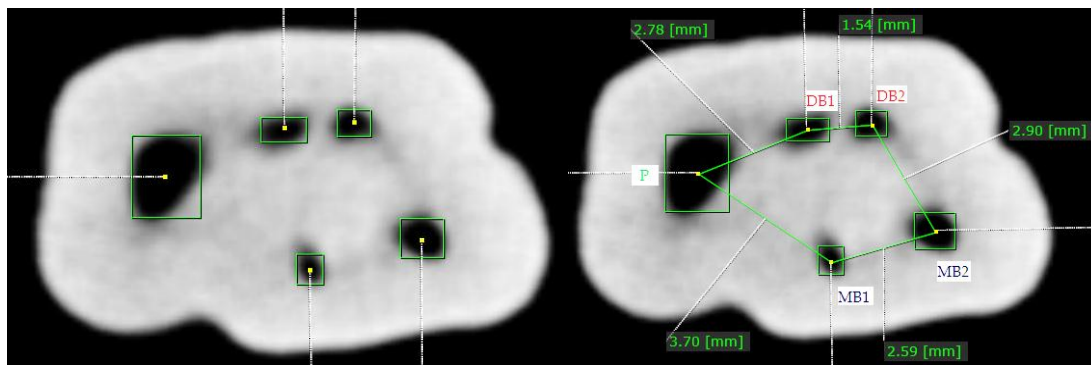
mb1-mb2 CV = 0,07

mb2-p CV = 0,08

p-db2 CV = 0,02

db2-db1 CV = 0,02

db1-mb1 CV = 0,02

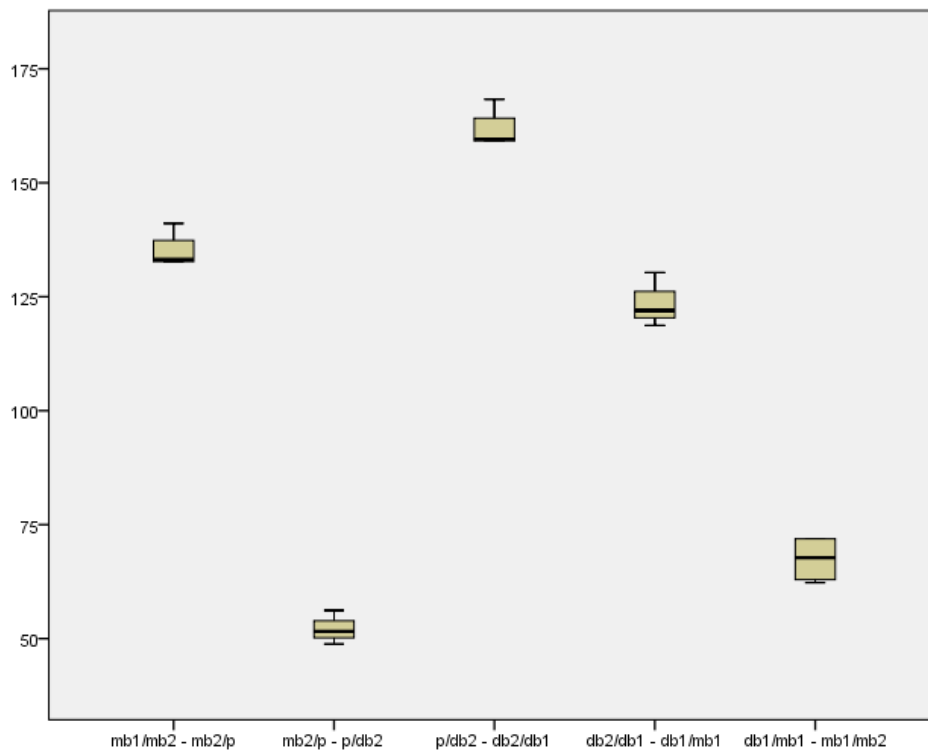


Slika 30 Pozicioniranje i merenje dužine stranica između centara ulaza u kanale kod petougla

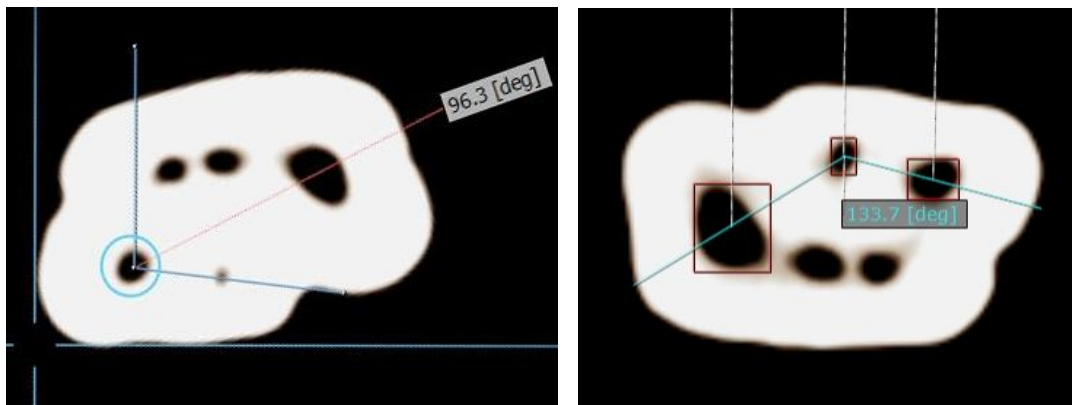
Vrednosti uglova u stepenima ($^{\circ}$) i njihovu distribuciju u petouglu, koga zaklapaju stranice između centara ulaza u kanale zuba sa Vertucci tipom IV konfiguracijom MB kanala i dva DB kanala, prikazani su na tabeli 6 i grafikonu 6.

Tabela 6 Statistička analiza vrednosti uglova ($^{\circ}$) u petouglu koga zaklapaju stranice između centara ulaza u kanale

| | Aritmetička sredina | SD | Median | Minim | Maksim |
|-------------------|---------------------|---------|----------|--------|--------|
| mb1/mb2 - mb2/p | 135.0250 | 4.07216 | 133.1500 | 132.70 | 141.10 |
| mb2/p - p/db2 | 52.0500 | 3.06540 | 51.6000 | 48.80 | 56.20 |
| p/db2 - db2/db1 | 161.6750 | 4.43274 | 159.6000 | 159.20 | 168.30 |
| db2/db1 - db1/mb1 | 123.2500 | 4.95076 | 122.0000 | 118.70 | 130.30 |
| db1/mb1 - mb1/mb2 | 67.4250 | 5.19447 | 67.7500 | 62.30 | 71.90 |



Grafikon 6 Distribucija vrednosti uglova u petouglu



Slika 31 Određivanje vrednosti uglova između stranica petougla na aksijalnom preseku CBCT snimka prvog maksilarnog molara sa dva MB i dva DB kanala.

Sa tabele 6 uočava se da najveći ugao zaklapaju stranice p/db2 - db2/db1, čija je maksimalna vrednost iznosila $168,30^{\circ}$. Najmanja vrednost je izmerena između stranica mb2/p – p/db2 i iznosila je $56,20^{\circ}$.

5. 1. 1. B) Anatomske karakteristike kanala trokorenih prvih maksilarnih molara sa konfiguracijom MB kanala Vertucci tipa IV

Na tabeli 7 prikazana je procentualna zastupljenost morfoloških tipova kanala prema Vertucci-jevoj klasifikaciji u palatinalnom (P) i distobukalnom (DB) korenu.

Tabela 7 Zastupljenost morfoloških tipova kanala u P i DB korenu

| Koren | tip | N | % |
|-------|-----|----|------|
| P | I | 40 | 83.3 |
| | V | 8 | 16.7 |
| DB | I | 31 | 64.6 |
| | II | 9 | 18.8 |
| | V | 8 | 16.7 |

Najveći procenat uzoraka (83,3%) je sa jednim kanalom u P korenu. U 16,7% postoji grananje na dva kanala. U DB korenu najčešće je prisutan jedan kanal (64,6%). Postoji visok procenat udvojenosti kanala (35,5%), i to 18,8% po Vertucci tipu II i 16,7% po tipu V.

Testiranje je pokazalo da razlika u procentualnoj zastupljenosti morfoloških tipova kanala između P i DB korena nije statistički značajna na konvencionalnom nivou značajnosti od 0,05.

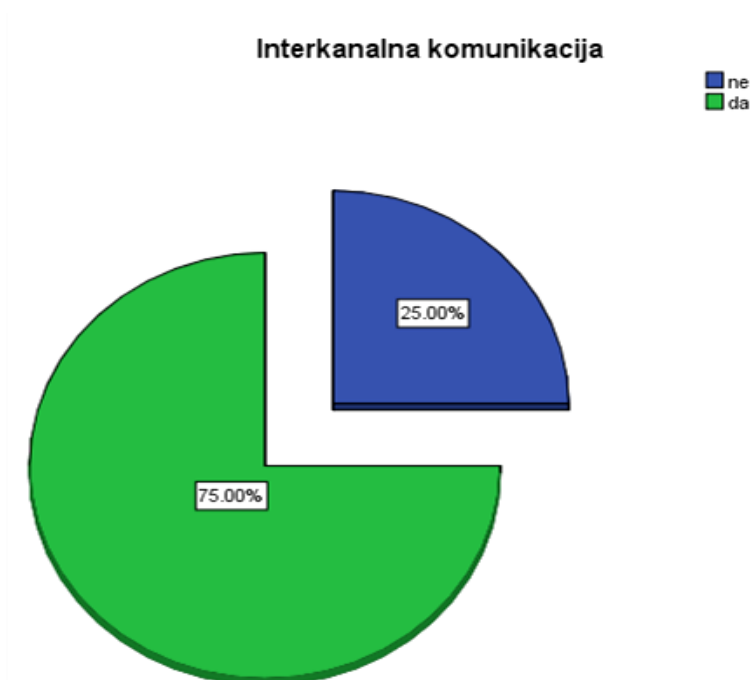
Na tabeli 8 prikazan je broj glavnih foramena na vrhovima sva tri korena prvih maksilarnih molara sa kanalnom konfiguracijom tipa IV u MB korenu.

Tabela 8 Broj foramena na vrhovima sva tri korena

| | | N | % |
|----|---|----|--------|
| P | 1 | 40 | 83.3% |
| | 2 | 8 | 16.7% |
| DB | 1 | 41 | 85.4% |
| | 2 | 7 | 14.6% |
| MB | 2 | 48 | 100.0% |

Učestalost pojave interkanalnih komunikacija je prikazana na grafikonu 7. Od 48 zuba njih 36, ili 75% je imalo interkanalne komunikacije.

Grafikon 7 Procentualna zastupljenost interkanalnih komunikacija između MB1 i MB2 kanala

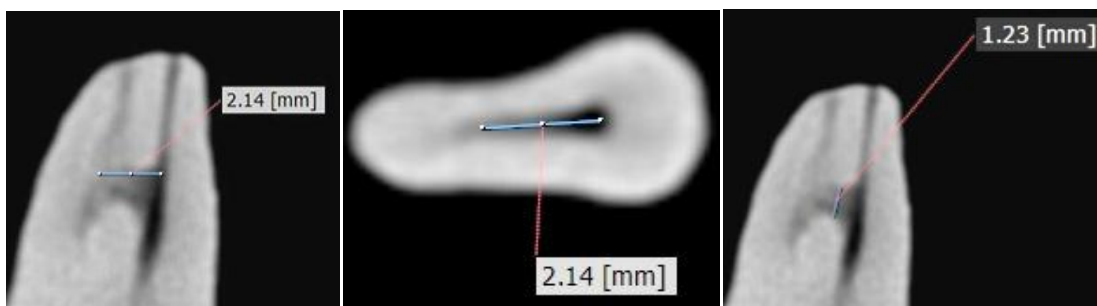


Na tabeli 9 prikazana je lokalizacija i procentualna zastupljenost interkanalnih komunikacija između MB1 i MB2 kanala u odnosu na tri nivoa analize MB korena: koronarnom, srednjem i apeksnom.

Tabela 9 Lokalizacija i procentualna zastupljenost interkanalnih komunikacija u MB korenu

| Lokalizacija | N | %(48) | %(36) |
|-------------------|----|-------|-------|
| koronarna | 4 | 8.3 | 11.1 |
| srednja | 22 | 45.8 | 61.1 |
| apeksna | 5 | 10.4 | 13.9 |
| srednja i apeksna | 5 | 10.4 | 13.9 |
| Ukupno | 36 | 75.0 | 100.0 |

Najveći broj (22 ili 61,1%) interkanalnih komunikacija je lociran u srednjoj trećini, a značajno manje u koronarnoj (4 ili 11,1%), apeksnoj (5 ili 13,9), kao i u kombinaciji ove dve trećine (13,9%).



Slika 32 Interkanalne komunikacije i njihove dimenzije na više niova i pravaca

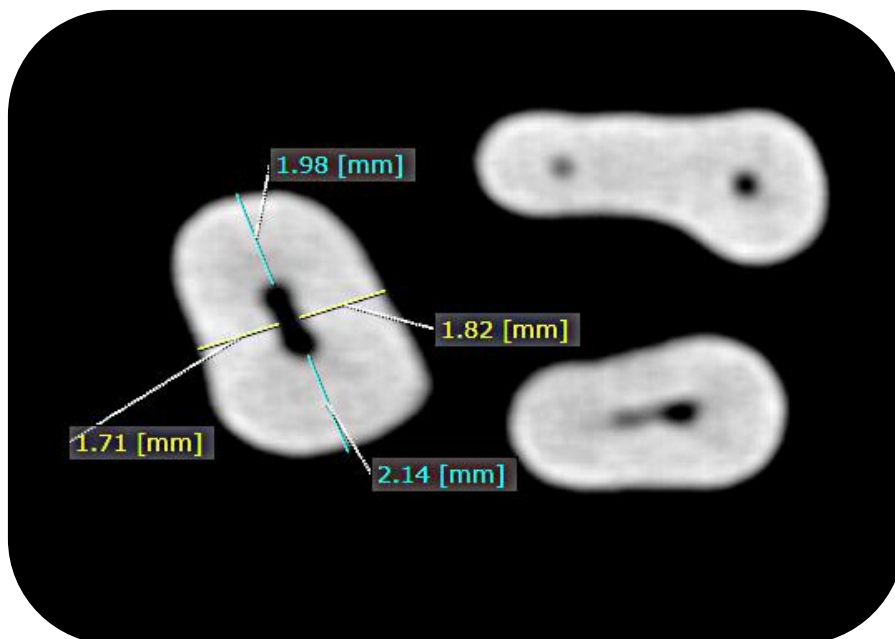
5.1.1. C) Debljine zidova kanala trokorenih prvih maksilarnih molara s konfiguracijom MB kanala Vertucci tipa IV

Urađena je statistička analiza vrednosti debljine zidova u milimetrima za svaki pojedinačni kanal prvih maksilarnih molara sa tri jasno odvojena korena i Vertucci tipom IV kanalne konfiguracije u MB korenu.

Tabela 10 prikazuje vrednosti debljine zidova palatinalnog (P) kanala u milimetrima na koronarnom (K), srednjem (S) i apeksnom (A) nivou iz sva četiri smera merenja: mezijalnog, distalnog, bukalnog i palatinalnog.

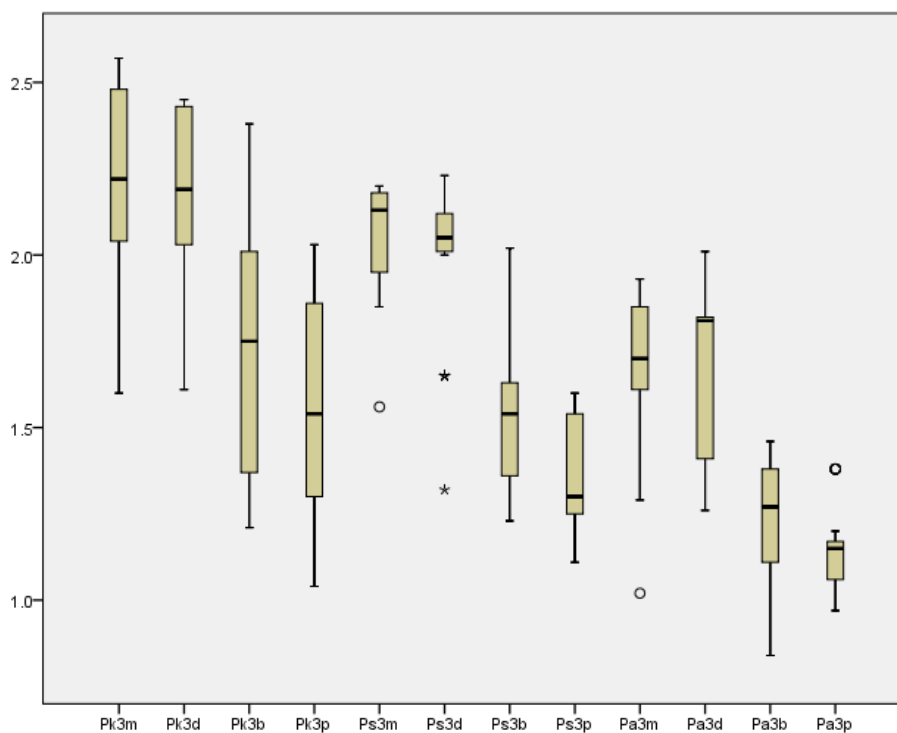
Tabela 10 Vrednosti debljine (mm) zidova P kanala prema lokalizaciji

| Lokaliz. | AS | SD | Median | Minim | Maksim |
|----------|--------|--------|--------|-------|--------|
| K m | 2.2448 | .23833 | 2.2200 | 1.60 | 2.57 |
| K d | 2.2045 | .25178 | 2.1900 | 1.61 | 2.45 |
| K b | 1.7670 | .36230 | 1.7500 | 1.21 | 2.38 |
| K p | 1.5627 | .30369 | 1.5400 | 1.04 | 2.03 |
| S m | 2.0579 | .14937 | 2.1300 | 1.56 | 2.20 |
| S d | 2.0121 | .20342 | 2.0500 | 1.32 | 2.23 |
| S b | 1.5524 | .23655 | 1.5400 | 1.23 | 2.02 |
| S p | 1.3670 | .16341 | 1.3000 | 1.11 | 1.60 |
| A m | 1.6642 | .22799 | 1.7000 | 1.02 | 1.93 |
| A d | 1.6682 | .24737 | 1.8100 | 1.26 | 2.01 |
| A b | 1.2215 | .19821 | 1.2700 | .84 | 1.46 |
| A p | 1.1539 | .11573 | 1.1500 | .97 | 1.38 |



Slika 33 Aksijalni CBCT snimak sa vrednostima debljine zidova palatinalnog kanala u koronarnoj trećini

Grafikon 8 prikazuje distribuciju vrednosti debljine zidova palatinalnog kanala na tri nivoa i iz četiri smera merenja.



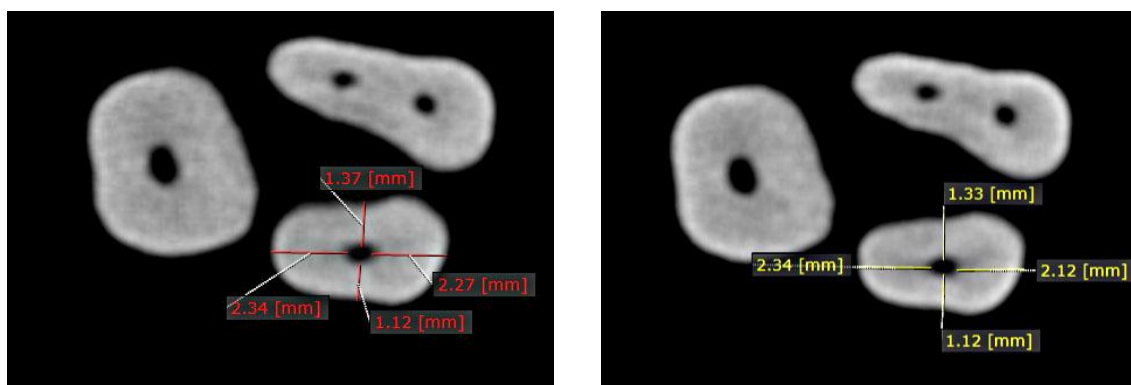
Grafikon 8 Distribucija vrednosti debljine zidova palatinalnog kanala

Tabela 10 i grafikon 8 pokazuju da je na sva tri nivoa palatinalnog kanala značajno manja debljina palatinalnih (od 1.1539 mm u apeksnoj, do 1.5627 mm u koronarnoj trećini) i bukalnih zidova (od 1.2215 mm u apeksnoj, do 1.7670 mm u koronarnoj trećini) nego mezijalnih (od 1.6642 mm u apeksnoj, do 2.2448 mm u koronarnoj trećini) i distalnih zidova (od 1.6682 mm u apeksnoj, do 2.2045 mm u koronarnoj trećini).

Na tabeli 11 date su vrednosti debljine zidova u milimetrima prvog disto-bukalnog kanala (DB1) na koronarnom, srednjem i apeksnom nivou iz sva četiri smera merenja: mezijalnog, distalnog, bukalnog i palatinalnog.

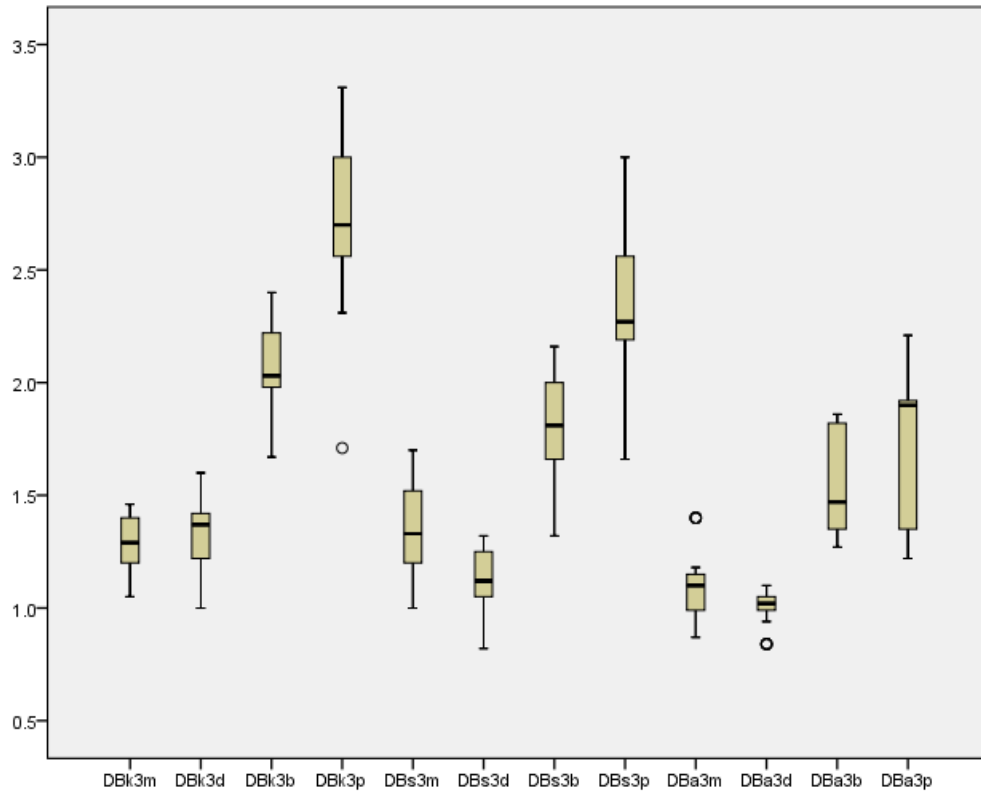
Tabela 11 Vrednosti debljine (mm) zidova DB1 kanala

| Lokalizacija | Aritmetička sredina | SD | Median | Minim | Maksim |
|--------------|---------------------|--------|--------|-------|--------|
| K m | 1.2915 | .12156 | 1.2900 | 1.05 | 1.46 |
| K d | 1.3370 | .16007 | 1.3700 | 1.00 | 1.60 |
| K b | 2.0888 | .16690 | 2.0300 | 1.67 | 2.40 |
| K p | 2.7300 | .34861 | 2.7000 | 1.71 | 3.31 |
| S m | 1.3430 | .20505 | 1.3300 | 1.00 | 1.70 |
| S d | 1.1088 | .15037 | 1.1200 | .82 | 1.32 |
| S b | 1.8339 | .19981 | 1.8100 | 1.32 | 2.16 |
| S p | 2.3985 | .31757 | 2.2700 | 1.66 | 3.00 |
| A m | 1.0979 | .15453 | 1.1000 | .87 | 1.40 |
| A d | 1.0021 | .07917 | 1.0200 | .84 | 1.10 |
| A b | 1.5482 | .21739 | 1.4700 | 1.27 | 1.86 |
| A p | 1.7485 | .31940 | 1.9000 | 1.22 | 2.21 |



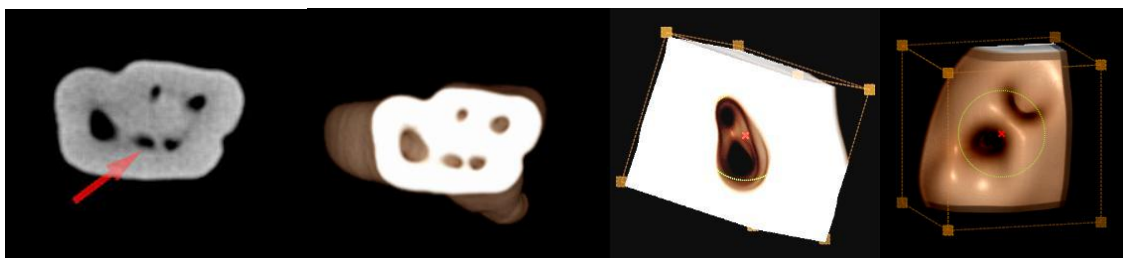
Slika 34 Merenje debljine DB1 kanala u koronarnoj trećini na rastojanju od 1mm

Grafikon 9 prikazuje distribuciju vrednosti debljine zidova DB1 kanala prvih maksilarnih molara sa tri odvojena korena na tri nivoa i iz četiri smera merenja.



Grafikon 9 Distribucija vrednosti debljine zidova DB1 kanala

Sa tabele 11 i grafikona 9 uočava se da je na sva tri nivoa DB1 kanala značajno manja debljina mezijalnih (od 1.0979 mm u apeksnoj, do 1.2915 mm u koronarnoj trećini) i distalnih zidova (od 1.0021 mm u apeksnoj, do 1.3370 mm u koronarnoj trećini) nego bukalnih (od 1.5482 mm u apeksnoj, do 2.0888mm u koronarnoj trećini) i palatinalnih zidova (od 1.7485 mm u apeksnoj, do 2.7300mm u koronarnoj trećini).



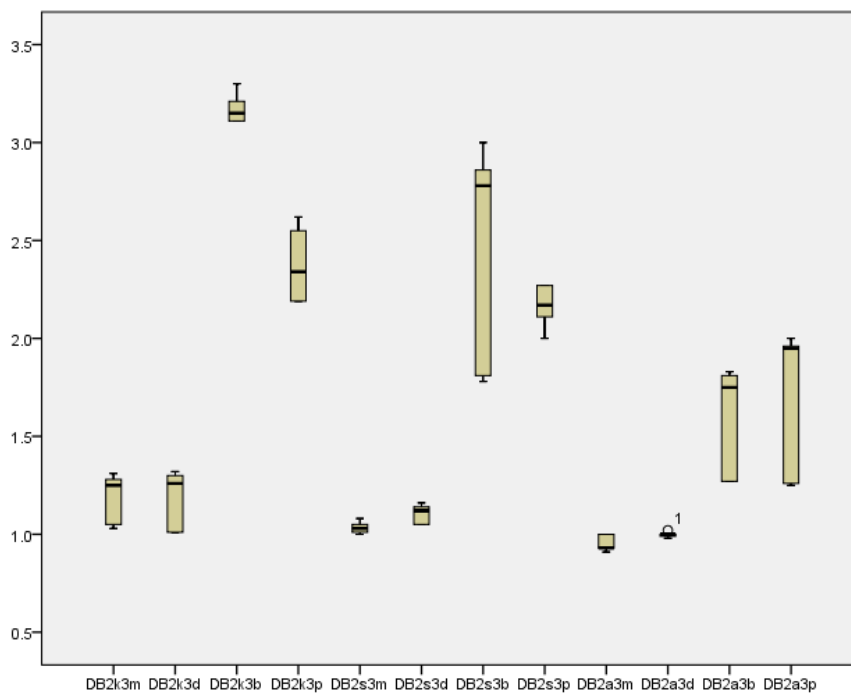
Slika 35 Tok DB2 kanala od ulaza do anatomskog foramena

Na tabeli 12 prikazane su vrednosti debljine zidova drugog disto-bukalnog kanala (DB2) u milimetrima na koronarnom, srednjem i apeksnom nivou i iz sva četiri smera merenja: mezijalnog, distalnog, bukalnog i palatinalnog.

Tabela 12 Vrednosti debljine (mm) zidova DB2 kanala

| Lokalizacija | Aritmetička sredina | SD | Median | Minim | Maksim |
|--------------|---------------------|--------|--------|-------|--------|
| K m | 1.1767 | .12619 | 1.2500 | 1.03 | 1.31 |
| K d | 1.1667 | .14950 | 1.2600 | 1.01 | 1.32 |
| K b | 3.1689 | .07132 | 3.1500 | 3.11 | 3.30 |
| K p | 2.3678 | .18546 | 2.3400 | 2.19 | 2.62 |
| S m | 1.0344 | .02920 | 1.0300 | 1.00 | 1.08 |
| S d | 1.0989 | .04807 | 1.1200 | 1.05 | 1.16 |
| S b | 2.3978 | .56784 | 2.7800 | 1.78 | 3.00 |
| S p | 2.1711 | .10228 | 2.1700 | 2.00 | 2.27 |
| A m | .9589 | .03951 | .9300 | .91 | 1.00 |
| A d | .9967 | .01118 | 1.0000 | .98 | 1.02 |
| A b | 1.5656 | .28125 | 1.7500 | 1.27 | 1.83 |
| A p | 1.6522 | .37479 | 1.9500 | 1.25 | 2.00 |

Grafikon 10 prikazuje distribuciju vrednosti debljine zidova DB2 kanala prvih maksilarnih molara sa tri odvojena korena na tri nivoa i iz četiri smera merenja.



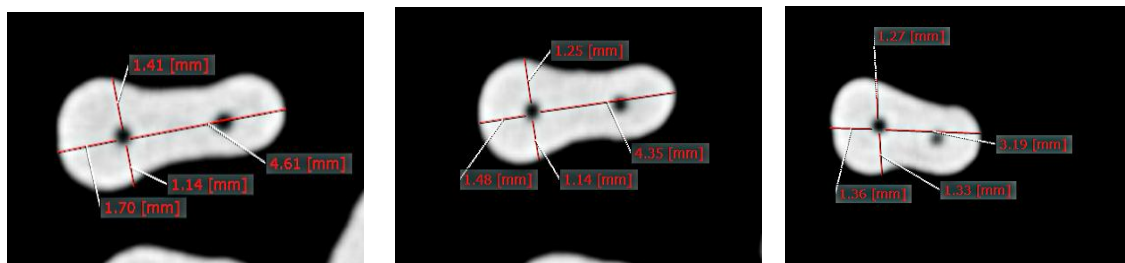
Grafikon 10 Distribucija vrednosti debljine zidova DB2 kanala

Rezultati dobijeni za DB2 kanal pokazuju, kao i za DB1 kanal, da su mezijalni i distalni zidovi značajno tanji od bukalnih i palatinalnih.

Tabela 13 prikazuje vrednosti debljine zidova, prvog mezio-bukalnog kanala (MB1), izraženo u milimetrima, na koronarnom, srednjem i apeksnom nivou i iz sva četiri smera merenja: mezijalnog, distalnog, bukalnog i palatinalnog.

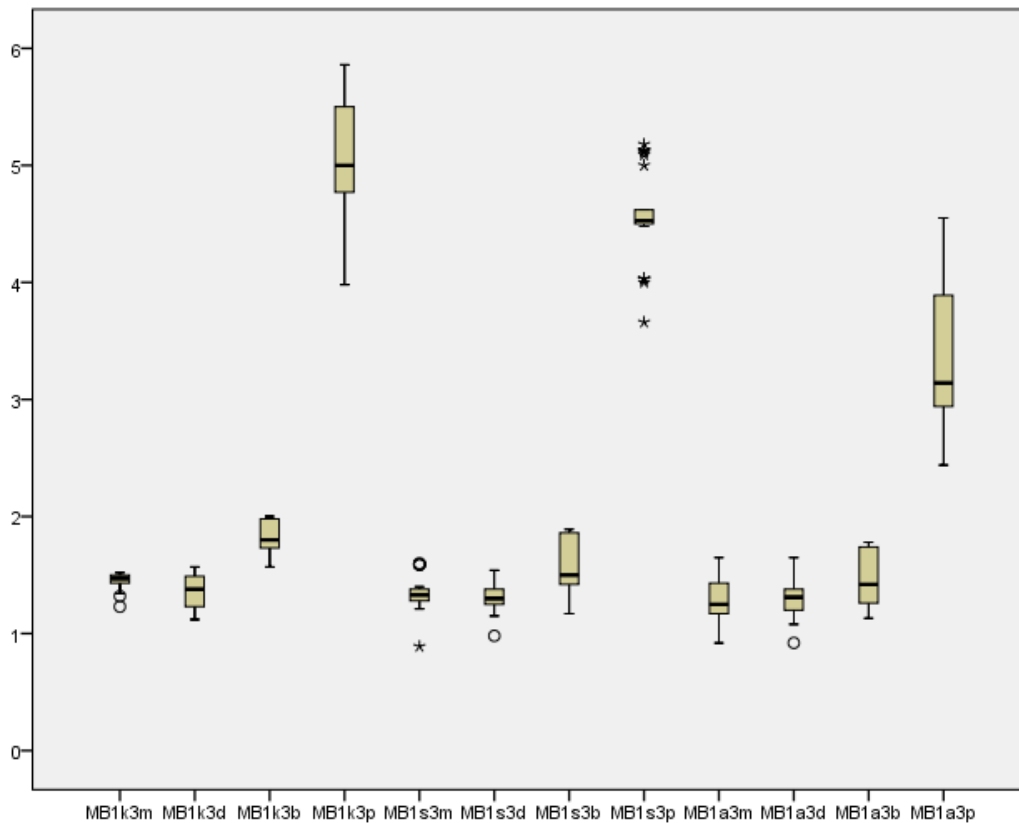
Tabela 13 Vrednosti debljine (mm) zidova MB1 kanala

| lokalizacija | Aritm.sred. | SD | Median | Minim | Maksim |
|--------------|-------------|--------|--------|-------|--------|
| K m | 1.4527 | .06820 | 1.4700 | 1.23 | 1.52 |
| K d | 1.3824 | .13535 | 1.3800 | 1.12 | 1.57 |
| K b | 1.8191 | .12873 | 1.8000 | 1.57 | 2.00 |
| K p | 5.0885 | .49868 | 5.0000 | 3.98 | 5.86 |
| S m | 1.3488 | .13802 | 1.3300 | .89 | 1.60 |
| S d | 1.3197 | .11123 | 1.3000 | .98 | 1.54 |
| S b | 1.5958 | .21173 | 1.5000 | 1.17 | 1.89 |
| S p | 4.5794 | .38463 | 4.5300 | 3.66 | 5.18 |
| A m | 1.2939 | .18631 | 1.2500 | .92 | 1.65 |
| A d | 1.3127 | .18434 | 1.3100 | .92 | 1.65 |
| A b | 1.4688 | .22898 | 1.4200 | 1.13 | 1.78 |
| A p | 3.3773 | .65056 | 3.1400 | 2.44 | 4.55 |



Slika38 Debljine zidova MB1 kanala u koronarnoj, srednjoj i apeksnoj trećini

Grafikon 11 prikazuje distribuciju debljine zidova MB1 na tri nivoa i iz četiri smera merenja



Grafikon 11 Distribucija vrednosti debljine zidova MB1 kanala

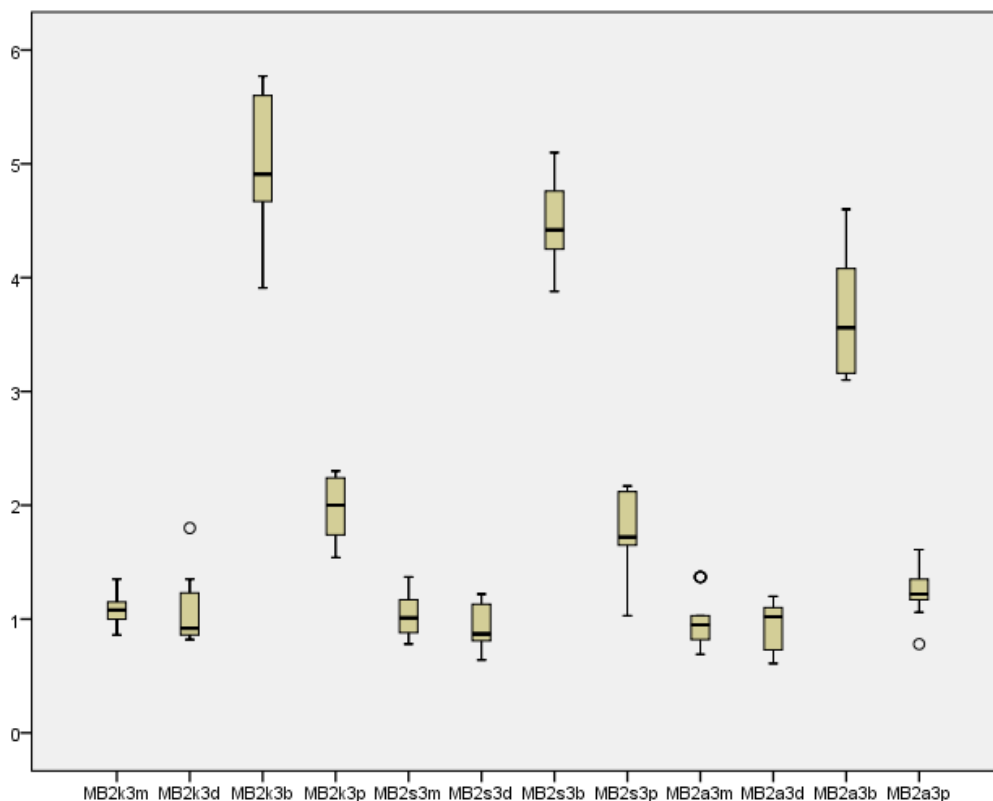
Rezultati pokazuju manje vrednosti debljine mezijalnog i distalnog zida (oko 1,3009 mm), ali bez značajne razlike od debljine bukalnog zida (oko 1, 648 mm). Vrednosti debljine dentinskog zida od MB1 kanala do spoljašnjeg oboda zuba mereno u palatinalnom smeru na koronarnom, srednjem i apeksnom nivou su najveće (4,936 mm), sa visokom statističkom značajnošću razlika.

Tabela 14 prikazuje vrednosti debljine zidova drugog mezio-bukalnog kanala (MB2) u milimetrima na koronarnom, srednjem i apeksnom nivou i iz sva četiri smera merenja.

Tabela 14 Vrednosti debljine (mm) zidova MB2 kanala

| | Aritmet. sredina | SD | Median | Minimum | Maksimum |
|-----|------------------|--------|--------|---------|----------|
| K m | 1.1012 | .13430 | 1.0800 | .86 | 1.35 |
| K d | 1.0336 | .22850 | .9200 | .82 | 1.80 |
| K b | 5.0682 | .52392 | 4.9100 | 3.91 | 5.77 |
| K p | 1.9803 | .25587 | 2.0000 | 1.54 | 2.30 |
| S m | 1.0427 | .18679 | 1.0100 | .78 | 1.37 |
| S d | .9418 | .17950 | .8700 | .64 | 1.22 |
| S b | 4.4985 | .30589 | 4.4200 | 3.88 | 5.10 |
| S p | 1.8376 | .27491 | 1.7200 | 1.03 | 2.17 |
| A m | .9733 | .19776 | .9500 | .69 | 1.37 |
| A d | .9245 | .21753 | 1.0200 | .61 | 1.20 |
| A b | 3.6988 | .50261 | 3.5600 | 3.10 | 4.60 |
| A p | 1.2670 | .17833 | 1.2200 | .78 | 1.61 |

Na grafikonu 12 prikazana je distribucija vrednosti debljine zidova MB2 kanala.



Grafikon 12 Distribucija vrednosti debljine zidova MB2 kanala

Rezultati pokazuju da su mezijalni i distalni zidovi MB2 kanala značajno tanji (oko 0,9867 mm) od dentinskog zida koji deli MB2 kanal od spoljašnjeg oboda zuba merenog u palatinalnom smeru (oko 1,807 mm), sa statističkom značajnošću razlika. Višestruko veću vrednost od prethodnih pokazuje rastojanje od MB2 kanala do bukalnog oboda zuba (4,5004 mm).

5. 1. 2 Grupa sa fuzionisanim korenovima

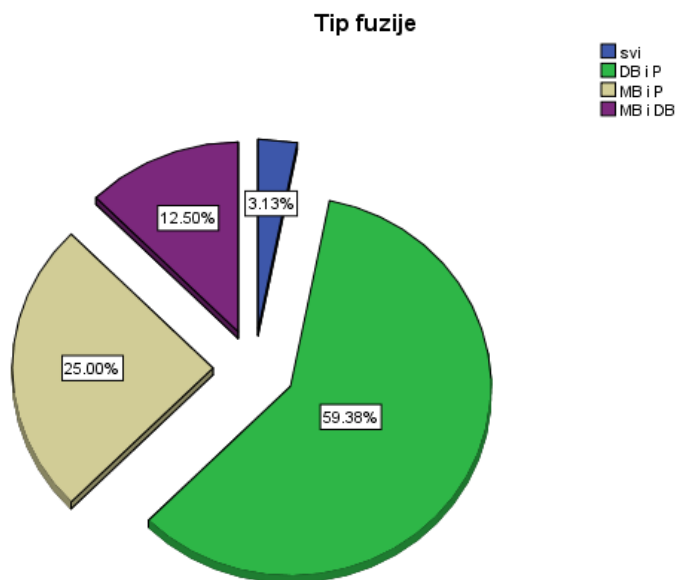
Na tabeli 15 prikazana je deskriptivna statistika zuba sa fuzionisanim korenovima i osnovne karakteristike, odnosno tip fuzije i tendencija korenova za fuzionisanje izražena u procentima.

Tabela 15 Tip fuzije i tendencija korenova za fuzionisanje (%)

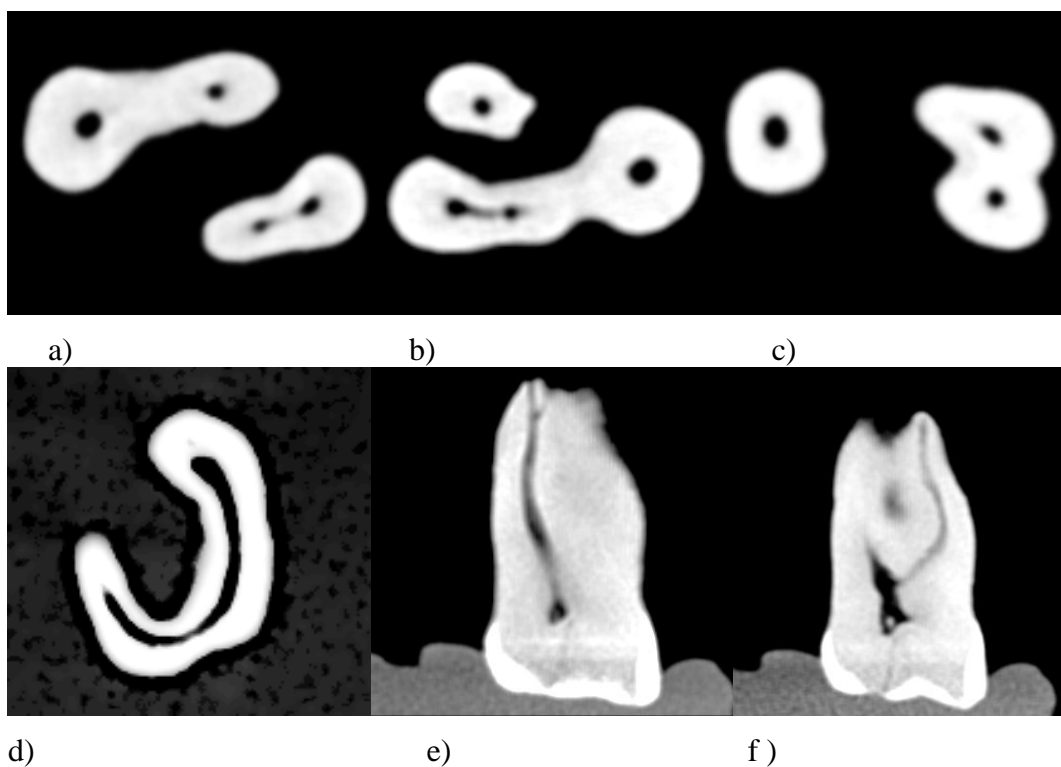
| | | N | % |
|------------|---------|----|------|
| Tip fuzije | svi | 1 | 3.1 |
| | DB i P | 19 | 59.4 |
| | MB i P | 8 | 25.0 |
| | MB i DB | 4 | 12.5 |
| DB | ne | 8 | 25.0 |
| | da | 24 | 75.0 |
| MB | ne | 19 | 59.4 |
| | da | 13 | 40.6 |
| P | ne | 4 | 12.5 |
| | da | 28 | 87.5 |

Najčešći tip fuzije(59,4%) je bio između P i DB korena, a najređe su se svi korenovi spajali u jedan (3,1%). Palatinalni koren je pokazao najveću tendenciju ka fuzionisanju sa 87,5%, nešto manju DB koren sa 75%, a najmanju tendenciju fizionisanja je ispoljio MB koren sa 40,6% učestalosti.

Radi lakšeg sagledavanja, distribucija tipova fuzije korenova kod prvih maksilarnih molara prikazana je na grafikonu 13.



Grafikon 13 Distribucija tipova fuzije korenova kod prvih maksilarnih molara



Slika 37 Aksijalni snimci fuzije P i DB(a), P i MB(b), MB i DB(c) i svih korenova u jedan(d); sagitalni snimci fuzije P i D korena (e, f)

Na tabeli 16 prikazana je analiza karaktera ulaza u kanale, kategorisanog na osnovu njihovog oblika na: orificijum – jasno definisan oblik (okrugao, ovalan) procep.

Tabela 16 Karakter oblika ulaza u kanale

| | | N | % |
|-------------------------|-------------|----|------|
| Karakter ulaza u kanale | orificijum | 27 | 84.4 |
| | procep | 2 | 6.2 |
| | kombinacija | 3 | 9.4 |

Najučestaliji karakter ulaza u kanale (84,4%) bio je sa jasno definisan oblik, dok je učestalost procepa (6,2%) i kombinacija (9,4%) bio daleko manji.

Distribucija ulaza u kanale na dnu krunične komore u odnosu na njihov broj i geometrijski oblik koji se dobija povezivanjem njihovih centara prikazani su u tabeli 17.

Tabela 17 Broj ulaza u kanale i geometrijski oblik koji oni formiraju

| | | N | % |
|--------------------|--------|----|------|
| Broj orificijuma | 0 | 2 | 6.2 |
| | 1 | 1 | 3.1 |
| | 2 | 2 | 6.2 |
| | 3 | 4 | 12.5 |
| | 4 | 20 | 62.5 |
| | 5 | 2 | 6.2 |
| | 6 | 1 | 3.1 |
| Geometrijski oblik | 3-ugao | 4 | 14.8 |
| | 4-ugao | 20 | 74.1 |
| | 5-ugao | 2 | 7.4 |
| | 6-ugao | 1 | 3.7 |

Najveći broj uzoraka je imao četiri ulaza u kanale (62,5%), a najučestaliji geometrijski oblik je bio četvorougao (74,1%).

5.1.2. A) Anatomske karakteristike kanala u fuzionisanom korenu

Tabela 18 prikazuje distribuciju broja kanala u fuzionisanim korenovima i mogućnost njihove klasifikacije prema kategorizaciji po Vertucci-ju.

Tabela 18 Broj kanala u fuzionisanom korenu i mogućnost klasifikacije

| | | N | % |
|------------------------------------|---------------|----|------|
| Broj kanala u fuzionisanom korenu | 2 | 15 | 46.9 |
| | 3 | 15 | 46.9 |
| | 4 | 1 | 3.1 |
| | 5 | 1 | 3.1 |
| Mogućnost klasifikacije | ne | 13 | 40.6 |
| | da | 19 | 59.4 |
| Vertucci tip | IV | 9 | 47.4 |
| | VI | 5 | 26.3 |
| | VIII | 5 | 26.3 |
| Neklasifikovani – broj kombinacija | dve | 4 | 30.8 |
| | tri | 6 | 46.2 |
| | četiri i više | 3 | 23.1 |

U fuzionisanom korenu u istom procentu (46,9%) nalaze se dva ili tri kanala. Značajno najveći broj kanala je konfiguracijskog tipa IV (47,4%).



Slika 38 Anatomske foramenije fuzionisanog korena

Tabela 19 prikazuje distribuciju apeksnih foramena kod fuzionisanih korenova u odnosu na zastupljenost velikih i malih otvora i ukupan broj anatomske foramena.

Tabela 19 Zastupljenost apeksnih foramena prema veličini njihovog promera

| Broj foramena | | N | % |
|-----------------------|---|----|------|
| | 1 | 3 | 9.4 |
| Broj velikih foramena | 2 | 17 | 53.1 |
| | 3 | 11 | 34.4 |
| | 4 | 1 | 3.1 |
| | 0 | 18 | 56.2 |
| Broj malih foramena | 1 | 8 | 25.0 |
| | 2 | 3 | 9.4 |
| | 3 | 1 | 3.1 |
| | 4 | 2 | 6.2 |
| Ukupan broj foramena | 1 | 1 | 3.1 |
| | 2 | 12 | 37.5 |
| | 3 | 6 | 18.8 |
| | 4 | 11 | 34.4 |
| | 6 | 2 | 6.2 |

Iz tabele 19 se vidi da je distribucija broja malih i velikih foramena veoma različita. Najčešće je registrovano po dva (53,1) ili tri (34,4%) velika anatomski foramena na vrhu fuzionisanih korenova, dok preko polovine (56,2%) uopšte nema male anatomske otvore. Bez obzira na veličinu, na vrhu fuzionisanih korenova najčešće ima dva (37,5%), ili četiri (34,4%) anatomski otvora.

Tabela 20 prikazuje zastupljenost interkanalnih komunikacija prema lokalizaciji u fuzionisanom korenu: koronarna (k), srednja (s), ili apeksna (a) trećina.

Tabela 20 Interkanalna komunikacija sa lokalizacijom

| | | N | % |
|--------------------------------|------|----|------|
| Interkanalna komunikacija | ne | 26 | 81.2 |
| | da | 6 | 18.8 |
| | ulaz | 2 | 25.0 |
| Lok. interkanalne komunikacije | k/3 | 0 | 0.0 |
| | s/3 | 1 | 12.5 |
| | a/3 | 5 | 62.5 |

Najveći broj višekanalnih fuzionisanih korenova (81,2%) nije imao interkanalne komunikacije. Kada su bile prisutne, najveći procenat (62,5%) ih je bio lokalizovan u apeksnoj trećini korena.

5.1.2. B) *Anatomske karakteristike kanala u slobodnom korenu*

Na tabeli 21 je prikazana distribucija broja kanala u slobodnom korenu i mogućnost njihovog klasifikovanja po Vertucci-ju.

Tabela 21 Broj kanala u slobodnom korenu i klasifikacija po Vertucci-ju

| | | N | % |
|------------------------------------|---------------|----|------|
| Slobodan koren | MB | 19 | 61.3 |
| | DB | 8 | 25.8 |
| | P | 4 | 12.9 |
| Broj kanala | 1 | 12 | 38.7 |
| | 2 | 16 | 51.6 |
| | 3 | 3 | 9.7 |
| Klasifikacija po Vertucci-u | ne | 4 | 12.9 |
| | da | 27 | 87.1 |
| Vertucci tip | I | 11 | 40.7 |
| | II | 6 | 22.2 |
| | III | 1 | 3.7 |
| | IV | 3 | 11.1 |
| | VI | 6 | 22.2 |
| | dve | 2 | 50.0 |
| Neklasifikovani – broj kombinacija | tri | 1 | 25.0 |
| | četiri i više | 1 | 25.0 |

Najčešći slobodan koren je bio mezio-bukalni sa 61,3% zastupljenosti. U slobodnom korenu se najčešće registruju dva (51,6%), ređe jedan kanal (38,7%). Kod najvećeg procenta slobodnih korenova (87,1%) bilo je moguće klasifikovati kanale po Vertucci-jevoj kategorizaciji.

Na tabeli 22 prikazana je distribucija uzoraka u odnosu na broj velikih i malih, kao i na ukupan broj foramena na vrhovima slobodnih korenova.

Tabela 22 Broj svih foramena na slobodnim korenovima

| | Broj foramena | N | % |
|-----------------------|---------------|----|------|
| Broj velikih foramena | 0 | 1 | 3.1 |
| | 1 | 19 | 59.4 |
| | 2 | 11 | 34.4 |
| | 3 | 1 | 3.1 |
| Broj malih foramena | 0 | 23 | 71.9 |
| | 1 | 3 | 9.4 |
| | 2 | 3 | 9.4 |
| | 3 | 2 | 6.2 |
| | 4 | 1 | 3.1 |
| Ukupan broj foramena | 0 | 1 | 3.1 |
| | 1 | 16 | 50.0 |
| | 2 | 6 | 18.8 |
| | 3 | 3 | 9.4 |
| | 4 | 5 | 15.6 |
| | 6 | 1 | 3.1 |

Kod slobodnih korenova postoji razlika u distribuciji broja velikih i malih foramena. Najčešće se nalazi po jedan (59,4%), ili dva velika apeksna otvora (34,4%), a kod 72% uzoraka ne postoje mali forameni. Polovina slobodnih korenova (50%) ima samo jedan anatomske otvor.

Tabela 23 prikazuje distribuciju slobodnih korenova u odnosu na interkanalnu komunikaciju, kao i lokalizaciju interkanalnih komunikacija.

Tabela 23 Prisustvo interkanalne komunikacije i lokalizacija u slobodnom korenu

| | | N | % |
|--|------|----|------|
| Interkanalna komunikacija | ne | 28 | 90.3 |
| | da | 3 | 9.7 |
| Lokalizacija interkanalne komunikacije | ulaz | 0 | 0.0 |
| | k3 | 0 | 0.0 |
| | s3 | 2 | 66.7 |
| | s3 | 1 | 33.3 |

U slobodnim korenovima veoma je mali procenat pojave interkanalnih komunikacija. Kada postoje, veća učestalost im je u srednjoj trećini.

Radi lakšeg upoređivanja fuzionisanih i slobodnih korenova, u tabeli 24 prikazana je deskriptivna statistička analiza broja velikih i malih foramena, njihov ukupan broj, posebno za fuzionisane, a posebno za slobodne korenove.

Tabela 24 Broj foramena (zbirno) na vrhovima slobodnih i fuzionisanih korenova

| | forameni | Aritmetička sredina | SD | Median | Minim | Maksim |
|-------------------|-------------|---------------------|------|--------|-------|--------|
| Fuzionisani koren | veliki | 2.31 | .69 | 2.00 | 1 | 4 |
| | mali | .78 | 1.16 | .00 | 0 | 4 |
| | ukupno | 3.09 | 1.20 | 3.00 | 1 | 6 |
| Slobodan koren | veliki | 1.37 | .61 | 1.00 | 0 | 3 |
| | mali | .59 | 1.10 | .00 | 0 | 4 |
| | Ukupno | 1.97 | 1.38 | 1.00 | 0 | 6 |
| Svi zajedno | Ukupan broj | 5.06 | 1.83 | 5.00 | 3 | 10 |

Određivanjem stepena kontigencije pokazano je da povećan broj velikih foramena na fuzionisanom korenu prati smanjenje broja foramena na slobodnom korenu. Postoji statistički značajna korelacija negativnog smera i srednje jačine ($Rho = -0,509$; $p = 0,003$).

Ispitivanje stepena korelacije pokazalo je da što je veći broj velikih foramena (tab. 20 i 24) to je veći broj kanala (tab. 18) u “zavesi” fuzionisanih korenova ($Rho = 0,509$; $p = 0,003$).

Ispitivanjem korelacije između broja velikih foramena (tab. 23 i 24) i broja kanala u slobodnom korenu (tab. 21) pokazana je direktna pozitivna korelacija između broja foramena i broja kanala u slobodnom korenu kod fuzionisanih prvih maksilarnih molara. Ova korelacija je statistički značajna, pozitivnog je smera i solidne jačine ($Rho = 0,592$; $p < 0,001$).

Spirmanova korelaciona analiza utvrdila je da nema statistički značajne povezanosti između ukupnog broja foramena (tab. 24) i broja ulaza u kanale (tab. 17) ($Rho = 0,285$; $p = 0,114$). Naime, postoji uočena tendencija da veći broj foramena prati veći broj orificijuma, ali ova povezanost je slaba i nije statistički značajna.

Na tabeli 25 prikazana je analiza zastupljenosti broja apeksnih foramena u zavisnosti od tipa slobodnog korena.

Tabela 25 Stepen povezanosti tipa slobodnog korena i broja velikih foramena

| Slobodan koren | | Broj foramena na slobodnom korenu | | | Ukupno | |
|----------------|----|-----------------------------------|-------|------|--------|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | | |
| Slobodan koren | MB | N | 7 | 11 | 1 | 19 |
| | | % | 36.8 | 57.9 | 5.3 | 100.0 |
| | DB | N | 8 | 0 | 0 | 8 |
| | | % | 100.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 |
| | P | N | 4 | 0 | 0 | 4 |
| | | % | 100.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 |
| Ukupno | N | 19 | 11 | 1 | 31 | |
| | % | 61.3 | 35.5 | 3.2 | 100.0 | |

Iz tabele se vidi da je u grupi slobodnih MB korenova najveći broj (57,9%) bio sa dva, značajno manji (36,8%) sa jednim i najmanji broj (5,3%) je bio sa tri foramena ($p = 0,002$). DB i P koren imaju uvek samo jedan foramen (100%).

Obzirom na značaj MB korena i anatomije njegovih kanala, urađena je i analiza distribucije broja kanala i broja apeksnih foramena, kada je on slobodan koren u grupi sa fuzijom korenova. Ova analiza je prikazana na tabeli 26.

Tabela 26 Distribucija broja kanala u odnosu na broj foramena

| Slobodan MB koren | | Broj velikih foramena | | | Ukupno | |
|-------------------|---|-----------------------|------|------|--------|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | | |
| Broj kanala | 2 | N | 6 | 9 | 1 | 16 |
| | | % | 37.5 | 56.2 | 6.2 | 100.0 |
| | 3 | N | 1 | 2 | 0 | 3 |
| | | % | 33.3 | 66.7 | 0.0 | 100.0 |
| Ukupno | N | 7 | 11 | 1 | 19 | |
| | % | 36.8 | 57.9 | 5.3 | 100.0 | |

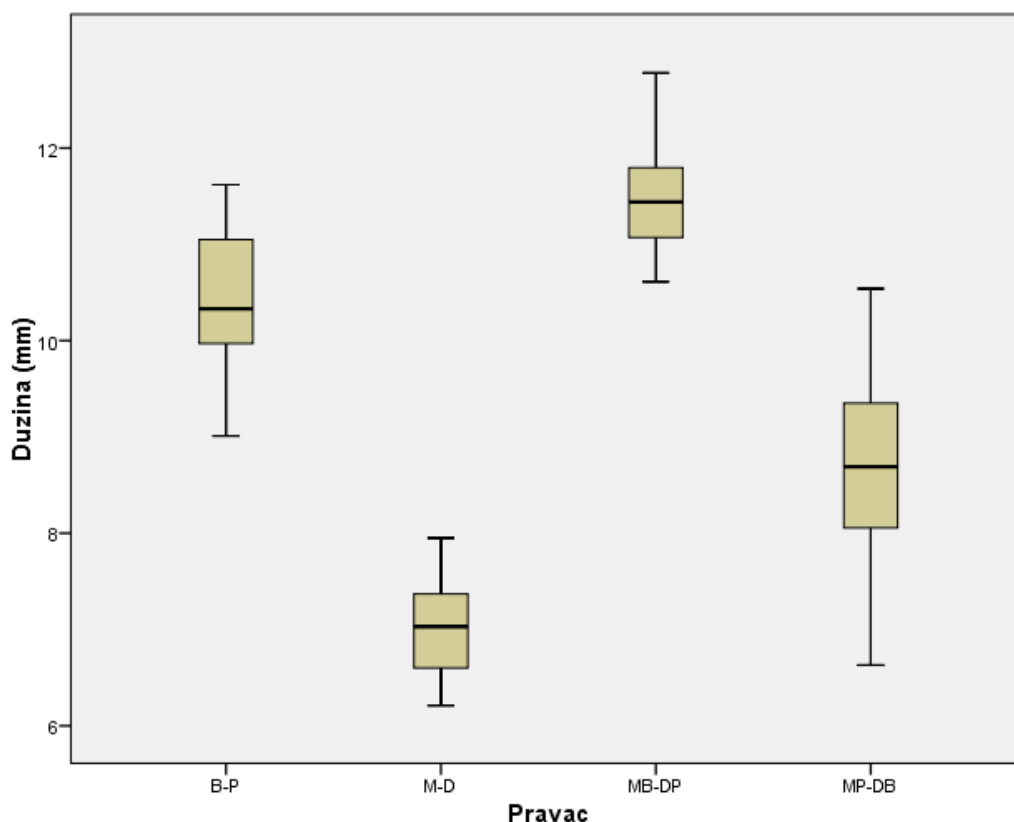
Iz ove tabele se vidi da su distribucije veoma slične, tj. da je broj kanala veoma sličan broju velikih foramena. Statističkim testiranjem utvrđeno je da između njih nema značajne razlike ($p = 1,00$).

5.1.2 C) Dimenzije zuba sa fuzionisanim korenovima na dnu krunične komore

Tabela 27 i grafikon 14 prikazuju dimenzije zuba sa fuzionisanim korenovima na nivou dna krunične komore, izražene u milimetrima.

Tabela 27 Dimenzije zuba (mm) sa fuzijom korenova - nivo dna krunične komore

| | Aritmetička sredina | SD | Median | Minim | Maksim |
|-------|---------------------|-----|--------|-------|--------|
| BP | 10.4 | .7 | 10.3 | 9.0 | 11.6 |
| MD | 7.0 | .4 | 7.0 | 6.2 | 7.9 |
| MB-DP | 11.5 | .5 | 11.4 | 10.6 | 12.7 |
| MP-DB | 8.6 | 1.0 | 8.6 | 6.6 | 10.5 |



Grafikon 14 Distribucija vrednosti dimenzija zuba (mm) sa fuzionisanim korenovima

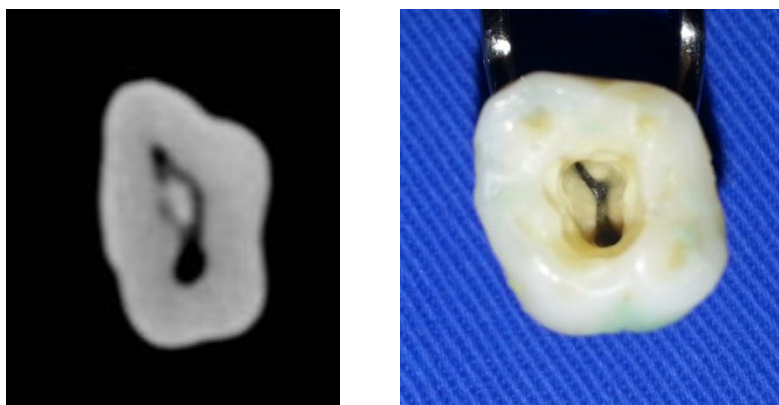
Uočava se da su MB-DP (11,5 mm) i BP promeri (10,4 mm) značajno veći od dimenzija MP-DB (8,6 mm) i MD promera (7,0 mm).

U tabeli 28 dati su rezultati merenja dužine stranica četvorougla između centara ulaza u kanale u milimetrima i vrednosti uglova u stepenima između susednih stranica.

Tabela 28 Dužina stranica (mm) i vrednosti uglova ($^{\circ}$) četvorougla koga obrazuju ulazi u kanale zuba sa fuzijom korenova

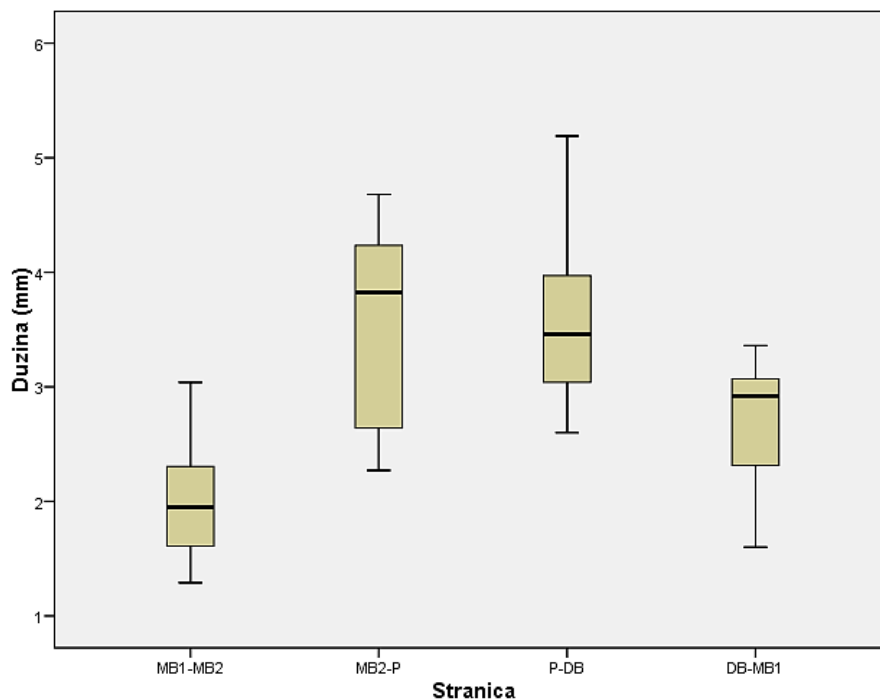
| | Četvorougao | Aritmetička sredina | SD | Median | Minim | Maksim |
|------------------------------|----------------|---------------------|-------|--------|-------|--------|
| Dužina stranice (mm) | mb1-mb2 | 1.95 | .45 | 1.95 | 1.29 | 3.04 |
| | mb2-p | 3.62 | .85 | 3.82 | 2.27 | 4.68 |
| | p-db | 3.63 | .78 | 3.46 | 2.60 | 5.19 |
| | db-mb1 | 2.69 | .51 | 2.92 | 1.60 | 3.36 |
| Vrednost ugla ($^{\circ}$) | mb1-mb2→mb2-p | 143.45 | 13.68 | 141.00 | 121 | 170 |
| | mb2-p → p-db | 37.30 | 7.05 | 36.50 | 25 | 51 |
| | p-db → db-mb1 | 117.10 | 15.07 | 117.00 | 85 | 137 |
| | db-mb1→mb1-mb2 | 62.15 | 10.95 | 60.00 | 44 | 90 |

Najveće prosečne dužine imaju stranice koja povezuje centre mb2 i p kanala (3,62 mm) i centre p i db kanala (3,63 mm), a najmanje rastojanje je između mb1 i mb2 ulaza u kanale (1,95 mm). Najveći ugao zaklapa stranica mb1-mb2 sa stranicom mb2-p (143,45 $^{\circ}$), a najmanji ugao je između stranica mb2-p i p-db (37,3 $^{\circ}$).

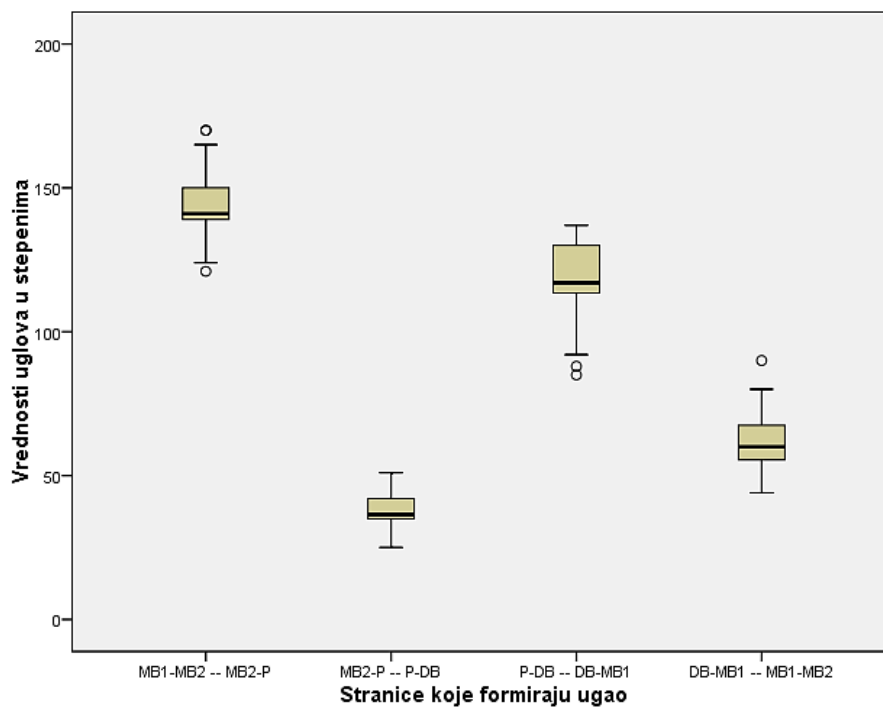


Slika 39 Dno krunicne komore i raspored ulaza u kanale kod zuba sa fuzionisanim korenovima

Distribucija vrednosti dužina stranica (mm) i uglova ($^{\circ}$) četvorougla koje te stranice zaklapaju prikazani su na grafikonima 15 i 16



Grafikon 15 Distribucija vrednosti dužina stranica četvorougla (mm)



Grafikon 16 Distribucija vrednosti uglova četvorougla ($^{\circ}$)

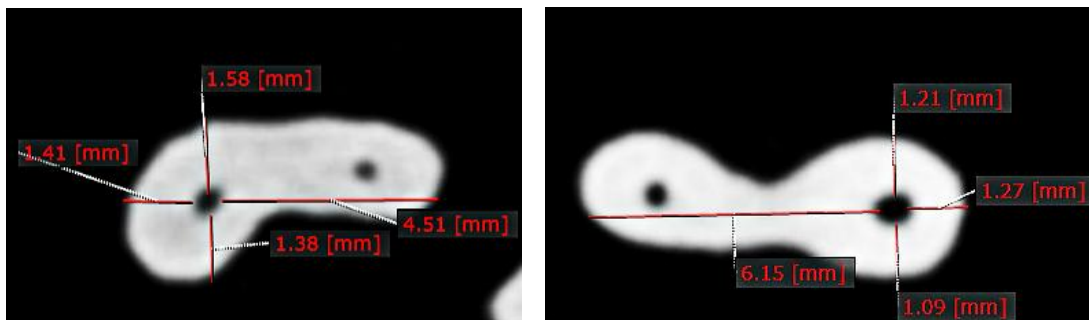
5.1.2. D) Debljine zidova kanala zuba sa fuzionisanim korenovima

Na narednim tabelama i grafikonima prikazana je deskriptivna statistika debljine zidova kanala u fuzionisanim korenovima u milimetrima merene u mezijalnom (m), distalnom (d), bukalnom (b) i palatinalnom (p) smeru na nivou koronarne (K), srednje (S) i apeksne (A) trećine.

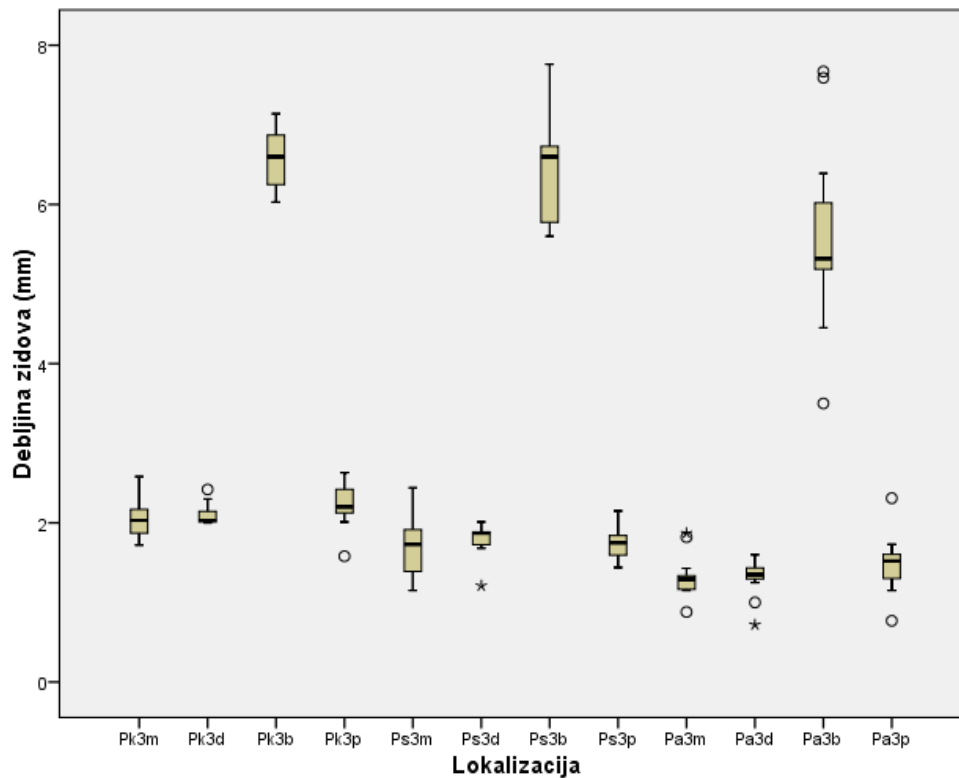
Na tabeli 29 i grafikonu 17 su prikazane vrednosti i distribucija vrednosti debljine zidova palatinalnog kanala (P) fuzionisanog korena.

Tabela 29 Vrednosti debljine zidova P kanala (mm) u fuzionisanom korenu

| Lokacija | Aritmetička sredina | SD | Median | Minimum | Maksimum |
|----------|---------------------|---------|--------|---------|----------|
| K m | 2.0440 | .22465 | 2.0300 | 1.72 | 2.58 |
| K d | 2.1020 | .13385 | 2.0300 | 2.00 | 2.42 |
| K b | 6.5593 | .39942 | 6.6000 | 6.03 | 7.14 |
| K p | 2.2373 | .27429 | 2.2000 | 1.58 | 2.63 |
| S m | 1.6973 | .38170 | 1.7300 | 1.15 | 2.44 |
| S d | 1.7940 | .18772 | 1.8700 | 1.21 | 2.01 |
| S b | 6.4687 | .65400 | 6.6000 | 5.60 | 7.76 |
| S p | 1.7453 | .17187 | 1.7500 | 1.44 | 2.15 |
| A m | 1.3093 | .25138 | 1.2900 | .88 | 1.87 |
| A d | 1.3200 | .21928 | 1.3500 | .72 | 1.60 |
| A b | 5.5753 | 1.10001 | 5.3200 | 3.50 | 7.67 |
| Ap | 1.4680 | .34281 | 1.5200 | .77 | 2.31 |

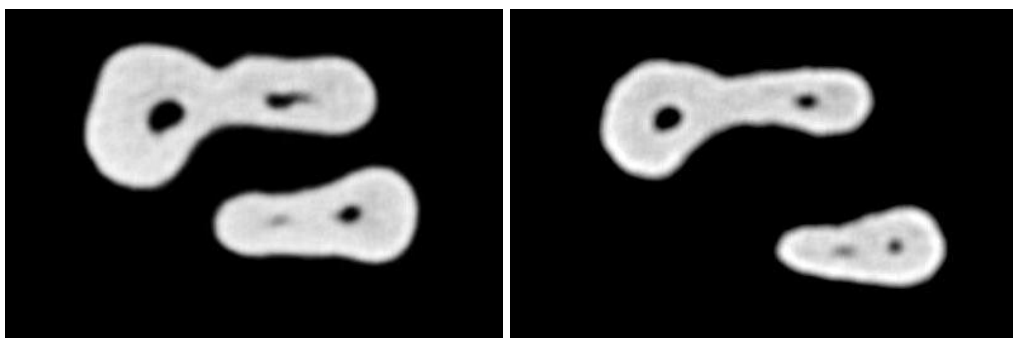


Slika 40 Debljine zidova palatinalnog kanala u apeksnoj trećini



Grafikon 17 Distribucija vrednosti debljine zidova P kanala fuzionisanih korenova

Duž celog palatinalnog kanala najtanji je mezijalni zid: 1,3093 mm u apeksnoj, 1.6973mm u srednjoj i 2,0440 mm u koronarnoj trećini. U koronarnoj i apeksnoj trećini debljina distalnog zida je veoma slična mezijalnom (2,0440 mm i 2,1020 mm). Na nivou srednje trećine korena tri zida: mezijalni (1,6973 mm), palatinalni (1,7453 mm) i distalni (1,7940 mm i) su slične debljine, bez statistički značajnih razlika. Najveće vrednosti su izmerene u bukalnom smeru: 5,5753 mm u apeksnoj, 6,4687 mm u srednjoj i 6,5593 mm u koronarnoj trećini.

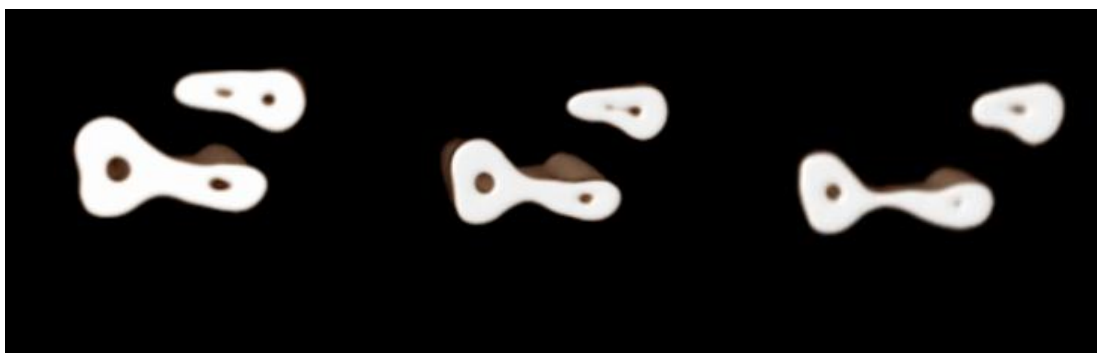


Slika 41 Aksijalni snimci fuzionisanih korenova na nivou srednje trećine

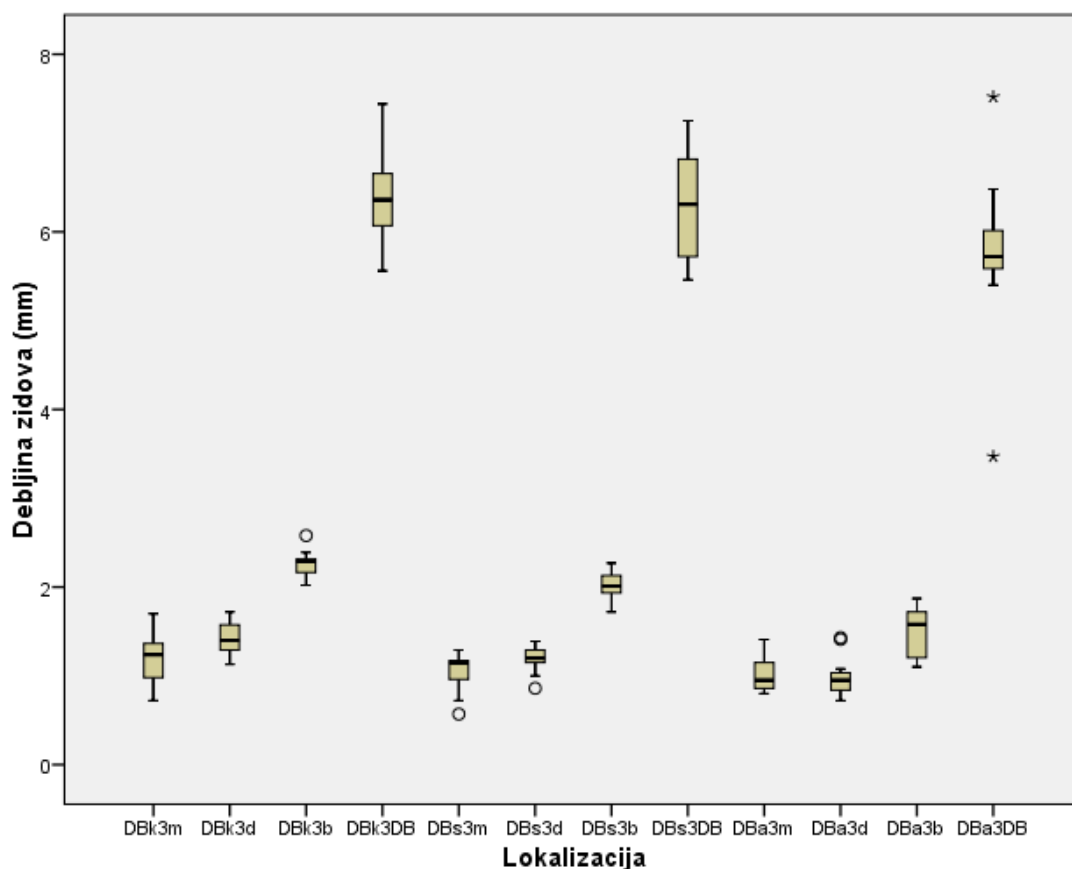
Na tabeli 30 i grafikonu 18 su prikazane vrednosti i distribucija vrednosti debljine zidova DB kanala fuzionisanog korena merene iz četiri smera i na tri nivoa.

Tabela 30 Vrednosti debljine zidova (mm) DB kanala u fuzionisanom korenu

| Lokacija | Aritmetičk a sredina | SD | Median | Minimum | Maksimum |
|----------|-------------------------|--------|--------|---------|----------|
| K m | 1.1813 | .28535 | 1.2400 | .72 | 1.70 |
| K d | 1.4340 | .17944 | 1.4000 | 1.13 | 1.72 |
| K b | 2.2560 | .13830 | 2.2900 | 2.02 | 2.58 |
| K p | 6.3447 | .47153 | 6.3600 | 5.56 | 7.44 |
| S m | 1.0533 | .20152 | 1.1500 | .57 | 1.29 |
| S d | 1.1867 | .13135 | 1.2000 | .86 | 1.39 |
| S b | 2.0253 | .14980 | 2.0100 | 1.72 | 2.27 |
| S p | 6.3120 | .60360 | 6.3100 | 5.46 | 7.25 |
| A m | 1.0100 | .17643 | .9500 | .80 | 1.41 |
| A d | .9760 | .21192 | .9500 | .72 | 1.43 |
| A b | 1.5033 | .28076 | 1.5800 | 1.10 | 1.87 |
| A p | 5.7540 | .82113 | 5.7200 | 3.47 | 7.52 |



Slika 42 Poprečni preseki fuzionisanog i slobodnog korena na različitim nivoima u 3D rekonstrukciji



Grafikon 18 Distribucija vrednosti debljine zidova DB kanala u fuzionisanom korenu

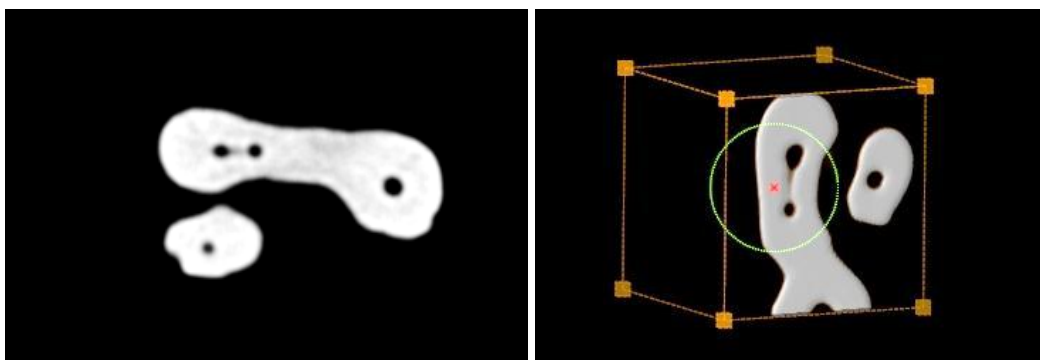
Kod DB fuzionisanog korena na sva tri nivoa merenja najmanje vrednosti debljine zidova kanala bile su izmerene iz mezijalnog smera: 1,1813 mm u koronarnoj, 1,0533 mm u srednjoj i 1,0100 mm u apeksnoj trećini. U apeksnoj trećini distalni zid (0,9760 mm) je bio čak nešto tanji od mezijalnog. Najveća dimenzija na sva tri nivoa je izmerena u palatinalnom smeru: 5,7540 – 6,3120 – 6,3447 mm

Na tabeli 31 i grafikonu 19 su prikazane vrednosti i distribucija vrednosti debljine zidova MB1 kanala u fuzionisanom korenu u milimetrima, merene iz četiri smera i na tri nivoa.

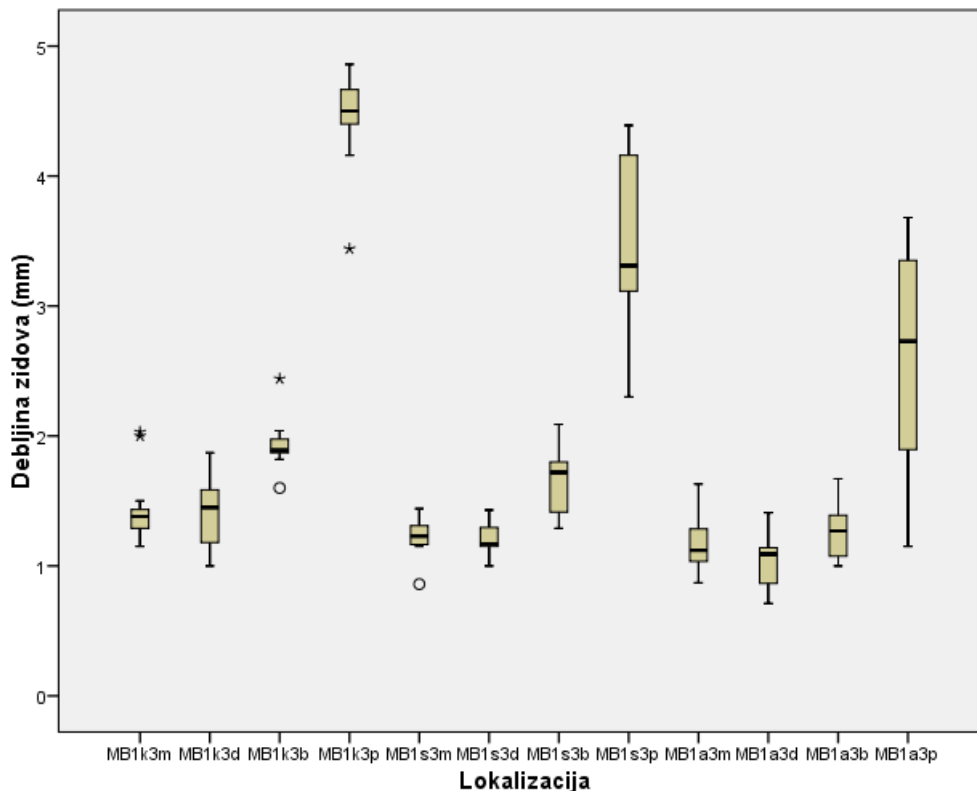
Tabela 31 Vrednosti debljine zidova (mm) MB1 kanala u fuzionisanom korenu

| Lokacija | Aritm.sred. | SD | Median | Minimum | Maksimum |
|----------|-------------|--------|--------|---------|----------|
| K m | 1.4200 | .26173 | 1.3800 | 1.15 | 2.03 |
| K d | 1.4247 | .26444 | 1.4500 | 1.00 | 1.87 |
| K b | 1.9293 | .17621 | 1.8900 | 1.60 | 2.44 |
| K p | 4.4647 | .34388 | 4.5000 | 3.44 | 4.86 |
| S m | 1.2293 | .13328 | 1.2300 | .86 | 1.44 |
| S d | 1.2047 | .13742 | 1.1700 | 1.00 | 1.43 |
| S b | 1.6560 | .26076 | 1.7200 | 1.29 | 2.09 |
| S p | 3.5347 | .70099 | 3.3100 | 2.30 | 4.39 |
| A m | 1.1773 | .21346 | 1.1200 | .87 | 1.63 |
| A d | 1.0521 | .20355 | 1.0900 | .71 | 1.41 |
| A b | 1.2620 | .22036 | 1.2700 | 1.00 | 1.67 |
| A p | 2.6580 | .84061 | 2.7300 | 1.15 | 3.68 |

Najmanje vrednosti debljine zidova MB1 kanala izmerene su na distalnom: od 1,0521 mm u apeksnoj, do 1,4247 mm u koronarnoj trećini, i na mezijalnom zidu: od 1,1773 mm u apeksnoj do 1,4200 mm u koronarnoj trećini. Nešto veća debljina je izmerena na bukalnom zidu, ali bez statistički značajne razlike, dok su višestruko veće vrednosti debljine bile prema palatinalno: od 2,6580 mm u apeksnoj do 4,4647 mm u koronarnoj trećini



Slika 43 Fuzionisani P i MB koren na aksijalnom snimku sa 3D rekonstrukcijom

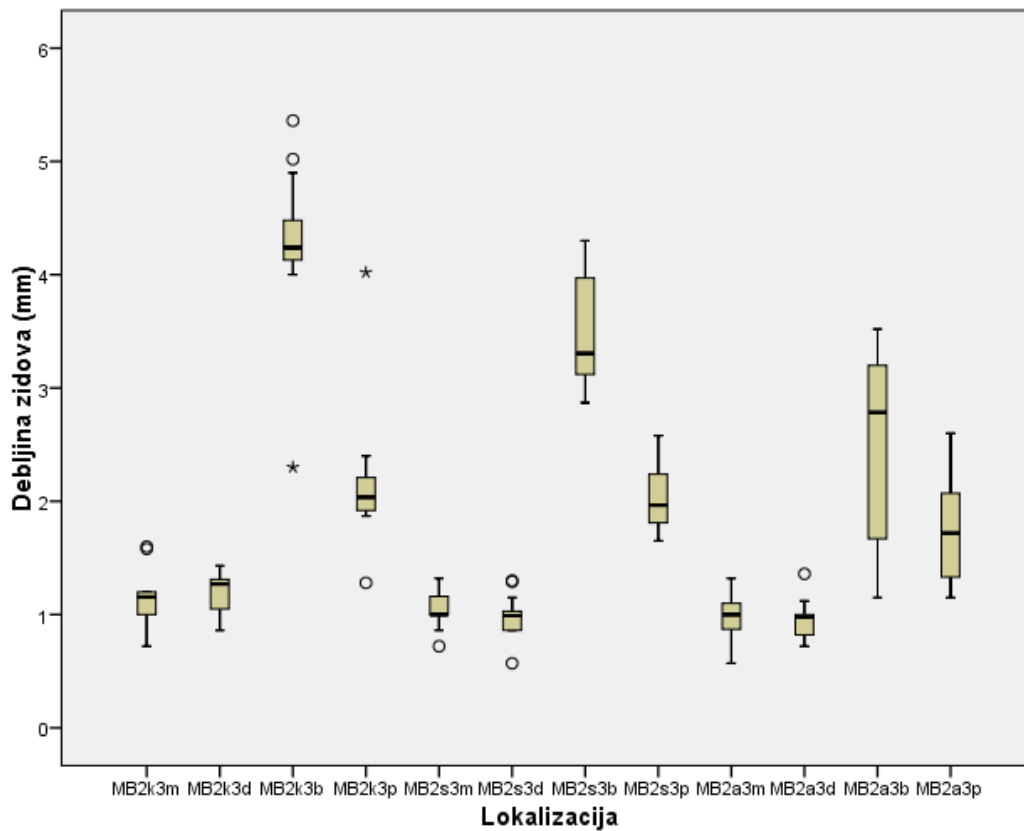


Grafikon 19 Distribucija vrednosti debljine zidova MB1 kanala fuzionisanog korena

Na Tabeli 32 i grafikonu 20 su prikazane vrednosti i distribucija vrednosti debljine zidova MB2 kanala u milimetrima u fuzionisanom korenu, merene iz četiri smera i na tri nivoa.

Tabela 32 Vrednosti debljine zidova (mm) MB2 kanala u fuzionisanom korenu

| Lokacija | Aritm.sred. | SD | Mediana | Minimum | Maksimum |
|----------|-------------|--------|---------|---------|----------|
| k3m | 1.1507 | .23335 | 1.1550 | .72 | 1.60 |
| k3d | 1.1936 | .17913 | 1.2700 | .86 | 1.43 |
| k3b | 4.2586 | .69376 | 4.2400 | 2.30 | 5.36 |
| k3p | 2.1536 | .59572 | 2.0350 | 1.28 | 4.02 |
| s3m | 1.0436 | .15979 | 1.0000 | .72 | 1.32 |
| s3d | .9857 | .18567 | .9900 | .57 | 1.30 |
| s3b | 3.5071 | .48917 | 3.3050 | 2.87 | 4.30 |
| s3p | 2.0157 | .28360 | 1.9650 | 1.65 | 2.58 |
| a3m | .9936 | .18181 | 1.0000 | .57 | 1.32 |
| a3d | .9486 | .17939 | .9750 | .72 | 1.36 |
| a3b | 2.5479 | .84627 | 2.7850 | 1.15 | 3.52 |
| a3p | 1.7457 | .46434 | 1.7200 | 1.15 | 2.60 |



Grafikon 20 Distribucija vrednosti debljine zidova MB2 kanala fuzionisanog korena

Najtanji zidovi MB2 kanala su distalni i mezijalni: od 0.9486 mm u apeksnoj, do 1.1507 mm u koronarnoj trećini. Najveće vrednosti su izmerene za bukalne zidove MB2 kanala: 2.5479 mm u apeksnoj, 3.5071 mm u srednjoj i 4.2586 mm u koronarnoj trećini. Statistički značajno manje vrednosti od prethodnih izmerene su u smeru prema palatinalno: 1.7457 mm u apeksnoj, 2.0157 mm u srednjoj i 2.1536 mm u koronarnoj trećini MB2 kanala.

5.1.2. E) Razlike vrednosti dimenzija između zuba sa tri odvojena korena i sa fuzionisanim korenovima

U ovom odeljku rezultata prikazana je uporedna statistička analiza razlika merenih parametara između prvih maksilarnih molara sa tri odvojena korena i Vertucci IV konfiguracijom kanala u MB korenu i sa fuzionisanim korenovima.

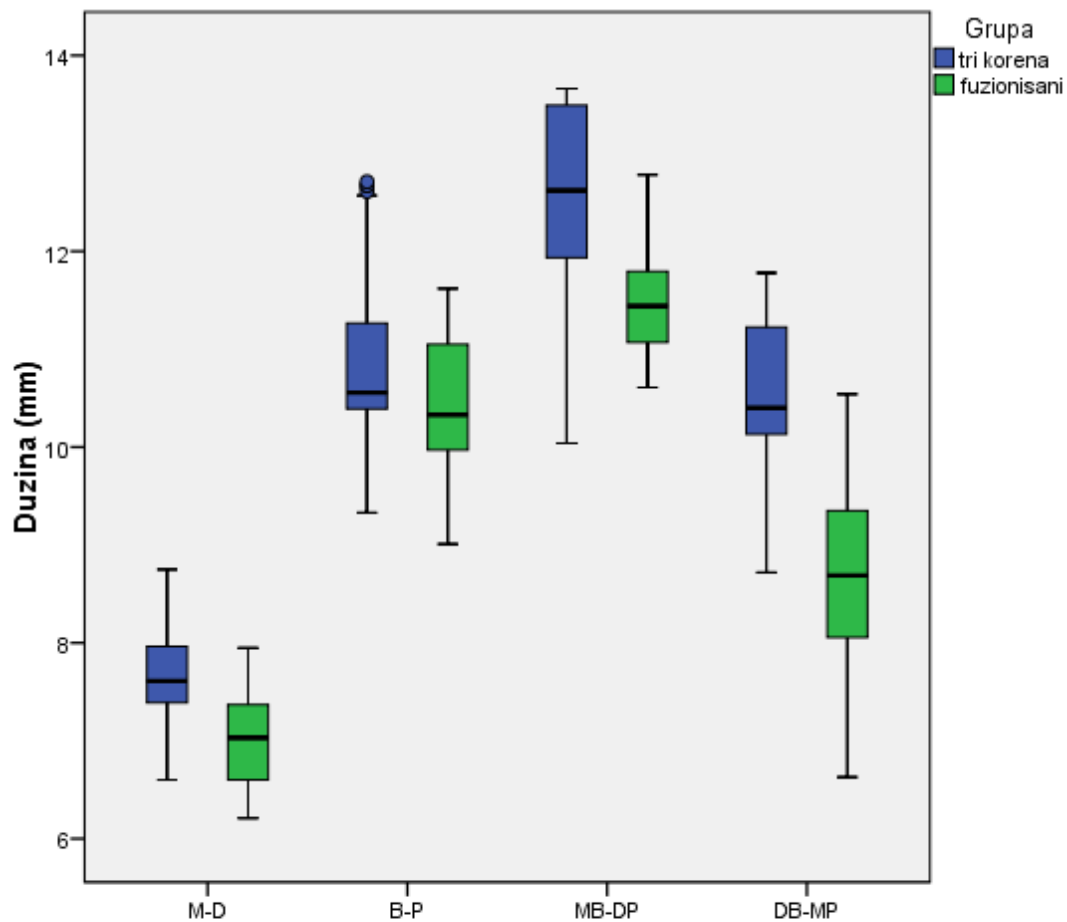
Na tabeli 33 prikazana je statistička analiza poređenja dimenzija zuba sa fuzionisanim i zuba sa odvojena tri korena na nivou dna krunične komore.

Tabela 33 Uporedni prikaz dimenzija zuba sa fuzionisanim i sa tri odvojena korena

| Promer | Grupa | N | Arit.sred. | SD | Mediana | Minim | Maxim | testiranje |
|--------|------------|----|------------|------|---------|-------|-------|--------------------|
| M-D | tri korena | 48 | 7.65 | .46 | 7.61 | 6.60 | 8.75 | t=6,034 p<0,001 |
| | fuzija | 32 | 7.02 | .45 | 7.03 | 6.21 | 7.95 | |
| | Ukupno | 80 | 7.39 | .55 | 7.45 | 6.21 | 8.75 | |
| B-P | tri korena | 48 | 10.89 | .87 | 10.55 | 9.33 | 12.71 | t=2,443 p=0,017 |
| | fuzija | 32 | 10.44 | .71 | 10.33 | 9.01 | 11.62 | |
| | Ukupno | 80 | 10.71 | .84 | 10.51 | 9.01 | 12.71 | |
| MB-DP | tri korena | 48 | 12.56 | .84 | 12.62 | 10.04 | 13.66 | t=6,585 p<0,001 |
| | fuzija | 32 | 11.52 | .56 | 11.44 | 10.61 | 12.78 | |
| | Ukupno | 80 | 12.14 | .89 | 12.16 | 10.04 | 13.66 | |
| DB-MP | tri korena | 48 | 10.52 | .81 | 10.40 | 8.72 | 11.78 | t=9,106 p<0,001 |
| | fuzija | 32 | 8.66 | 1.00 | 8.69 | 6.63 | 10.54 | |
| | Ukupno | 80 | 9.77 | 1.27 | 10.00 | 6.63 | 11.78 | |

Iz tabele se vidi da su sve prosečne vrednosti i medijane dimenzija zuba veće kod uzoraka sa tri korena od dimenzija zuba sa fuzionisanim korenovima. Statističko testiranje je pokazalo da su sve razlike statistički visoko značajne (od p=0,017 do p<0,001).

Distribucija vrednosti dimezija zuba sa tri odvojena i fuzionisanim korenovima je prikazana na grafikonu 21.



Grafikon 21 Distribucija vrednosti dimenzije zuba sa fuzionisanim i odvojena tri korena

Statistička analiza poređenja vrednosti dužina stranica, koje povezuju centre ulaza u kanale, između zuba sa tri odvojena korena i zuba sa fuzionisanim korenovima pokazala je sledeće rezultate:

1. mb1-mb2 $t=12.846$ $p<0.001$
2. mb2-p $t=1.825$ $p=0.072$
3. p-db $t=8.271$ $p<0.001$
4. db-mb1 $t=9.269$ $p<0.001$

Vrednosti dužina stranica koje povezuju mb1-mb2, p-db i db-mb1 ulaze statistički su značajno veće kod zuba sa tri odvojena korena nego kod zuba sa fuzionisanim korenovima ($p < 0,001$), dok između dužina stranice koja povezuje mb2-p ulaze u kanale nema statistički značajne razlike ($p = 0,072$).

Testiranje razlika vrednosti uglova, koje zaklapaju stranice koje povezuju centre ulaza u kanale, između prvih maksilarnih molara s tri odvojena korena i sa fuzionisanim korenovima pokazalo je sledeće rezultate:

1. mb1-mb2 → mb2-p $t=4.046$ $p<0.001$
2. mp2-p → p-db $t=9.685$ $p<0.001$
3. p-db → db1-mb1 $t=3.435$ $p<0.001$
4. db-mb1 → mb1-mb2 $t=2.747$ $p=0.007$

Vrednosti svih uglova između stranica koje povezuju centre ulaza u kanale bile su statistički značajno različite između prvih maksilarnih molara sa tri odvojena i sa fuzionisanim korenovima ($p < 0,007$ i $p < 0,001$).

5.2 Rezultati ispitivanja uticaja mašinskih tehnika preparacije na originalnu anatomiju korenskih kanala prvih maksilarnih molara

5.2.1 Promene dimenzija prečnika kanala zuba sa tri odvojena korena i Vertucci IV tipom MB kanala posle mašinske preparacije

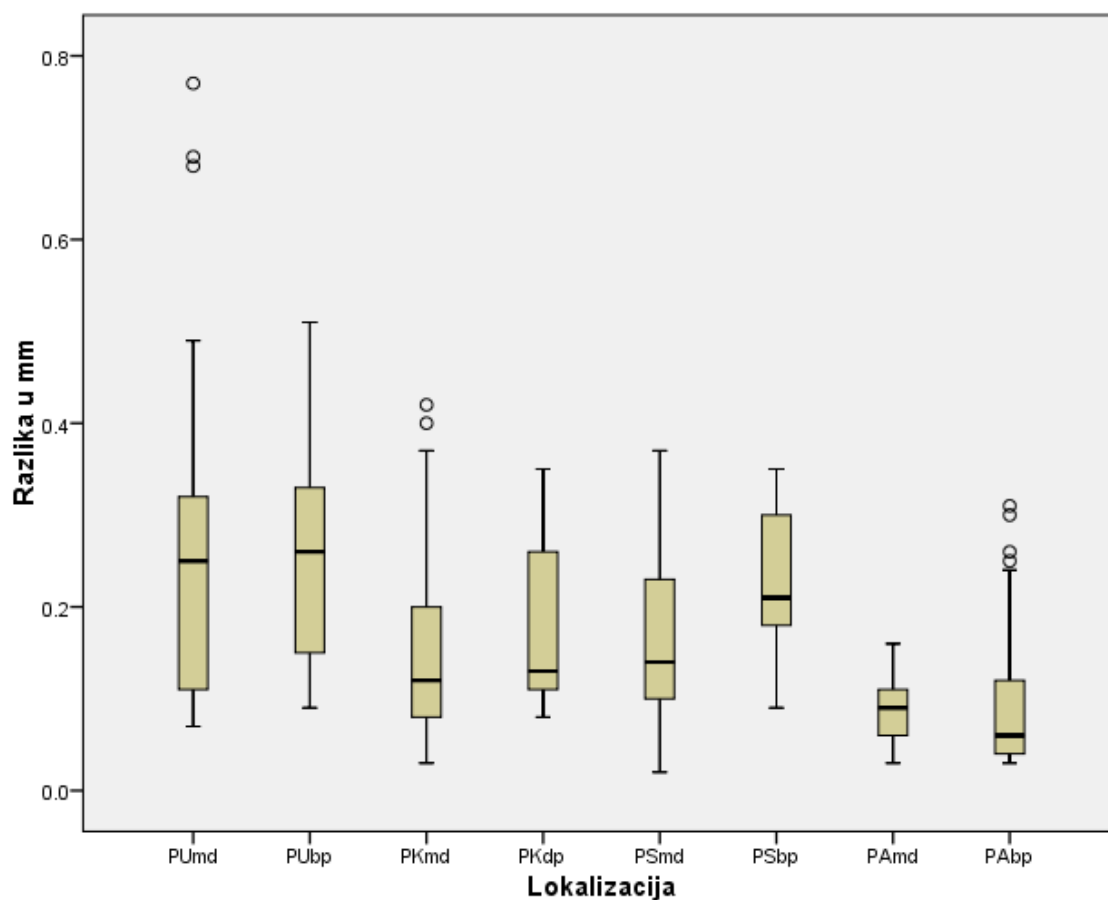
Uticaj pet testiranih sistema za mašinsku preparaciju ispitivan je prvo preko vrednosti promene dimenzije prečnika kanala na četiri nivoa: ulaz u kanal (U), koronarna (K), srednja (S) i apeksna (A) trećina, mereno iz dva pravca: mezio-distalnog (md) i buko-palatinalnog (bp).

Na tabeli 34 prikazan je uticaj mašinskih tehnika preparacije na P kanal preko razlike vrednosti dimenzija prečnika u milimetrima, merenog u mezio-distalnom i buko-palatinalnom pravcu na četiri nivoa kanala: ulaz, koronarna, srednja i apeksna trećina.

Tabela 34 Prikaz vrednosti promene dimenzija prečnika (mm) P kanala posle mašinske preparacije bez obzira na tehniku

| Lokalizacija i pravac | N | Aritm.sred. | SD | Median | Minim | Maksim |
|-----------------------|----|-------------|--------|--------|-------|--------|
| U md | 45 | .2584 | .16578 | .2500 | .07 | .77 |
| U bp | 45 | .2600 | .11586 | .2600 | .09 | .51 |
| K md | 45 | .1560 | .10701 | .1200 | .03 | .42 |
| K bp | 45 | .1753 | .08170 | .1300 | .08 | .35 |
| S md | 45 | .1642 | .09292 | .1400 | .02 | .37 |
| S bp | 45 | .2338 | .07091 | .2100 | .09 | .35 |
| A md | 45 | .0853 | .03757 | .0900 | .03 | .16 |
| A bp | 45 | .0960 | .08021 | .0600 | .03 | .31 |

Na grafikonu 22 prikazana je distribucija vrednosti razlika dimenzija prečnika P kanala (mm) posle preparacije mašinskim tehnikama na četiri nivoa i iz dva pravca merenja.



Grafikon 22 Distribucija vrednosti razlika dimenzija prečnika (mm) P kanala posle mašinske preparacije na četiri nivoa i iz dva pravca merenja

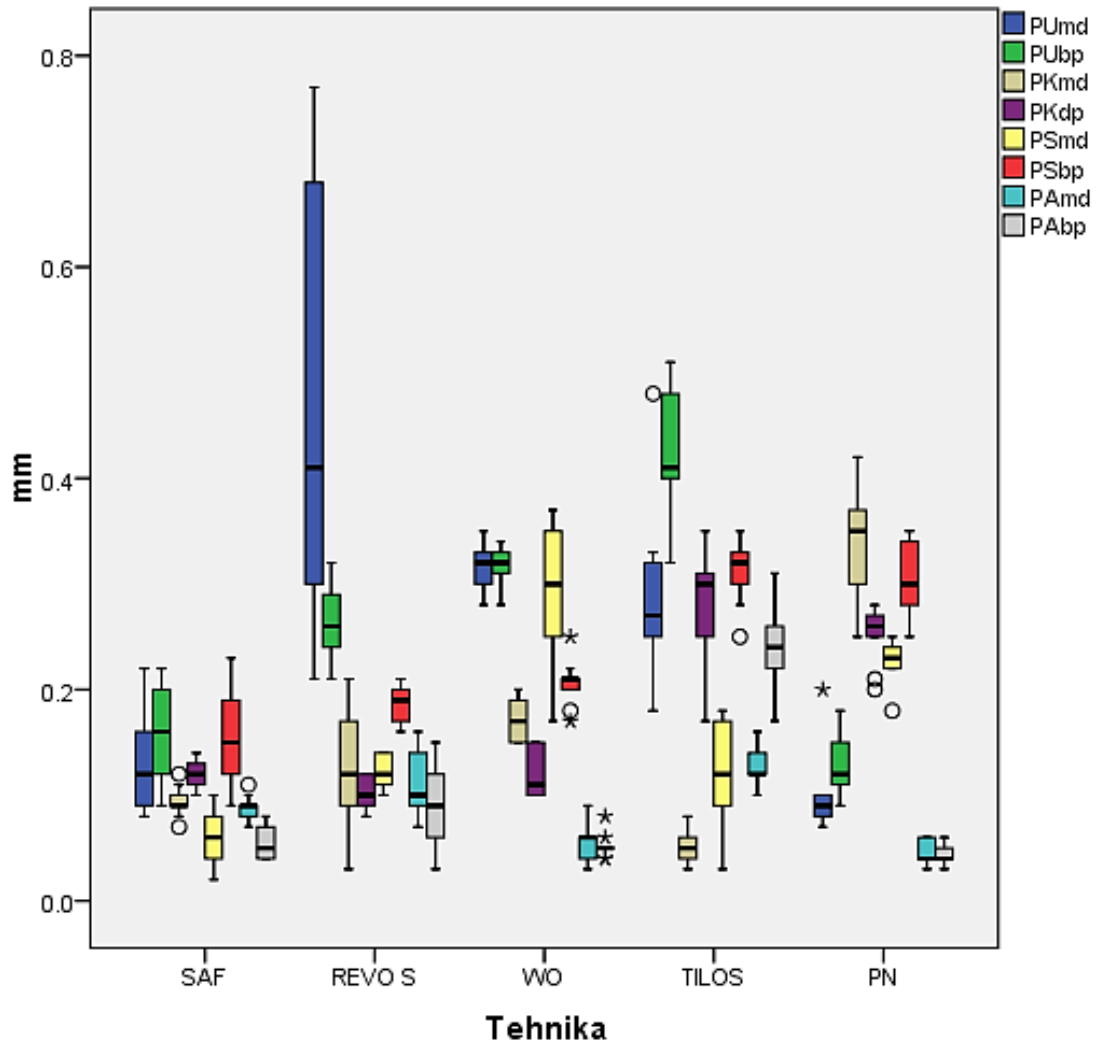
Statističko testiranje je pokazalo visoku značajnost razlika između dimenzija prečnika P kanala pre i posle mašinske instrumentacije na nivou verovatnoće $p < 0.001$. Najveće promene dimenzija prečnika P kanala bile su na njegovom ulazu, a najmanje u apeksnoj trećini i to iz oba pravca merenja.

Na tabeli 35 je dat prikaz kako svaka od pet testiranih mašinskih tehnika utiče na četiri različita nivoa palatinalnog kanala kroz izračunavanje razlike vrednosti njegovog prečnika (mm) pre i posle instrumentacije iz mezio-distalnog i buko-palatinalnog pravca.

Tabela 35 Razlike dimenzija prečnika P kanala (mm) prema tehnikama instrumentacije

| Tehnika | Lokalizacija | Aritmetička sredina | SD | Median | Minim | Maksim |
|---------|--------------|---------------------|--------|--------|-------|--------|
| SAF | Umd | .1344 | .05294 | .1200 | .08 | .22 |
| | Ubp | .1611 | .04512 | .1600 | .09 | .22 |
| | Kmd | .0944 | .01509 | .0900 | .07 | .12 |
| | Kbp | .1200 | .01225 | .1200 | .10 | .14 |
| | Smd | .0611 | .02713 | .0600 | .02 | .10 |
| | Sbp | .1589 | .05011 | .1500 | .09 | .23 |
| | Amd | .0878 | .01302 | .0900 | .07 | .11 |
| | Abp | .0556 | .01509 | .0500 | .04 | .08 |
| REVO S | Umd | .4556 | .21249 | .4100 | .21 | .77 |
| | Ubp | .2644 | .03844 | .2600 | .21 | .32 |
| | Kmd | .1233 | .06245 | .1200 | .03 | .21 |
| | Kbp | .1033 | .01500 | .1000 | .08 | .12 |
| | Smd | .1233 | .01500 | .1200 | .10 | .14 |
| | Sbp | .1867 | .01803 | .1900 | .16 | .21 |
| | Amd | .1111 | .03018 | .1000 | .07 | .16 |
| | Abp | .0878 | .04206 | .0900 | .03 | .15 |
| WO | Umd | .3156 | .02297 | .3200 | .28 | .35 |
| | Ubp | .3189 | .01764 | .3200 | .28 | .34 |
| | Kmd | .1722 | .02279 | .1700 | .15 | .20 |
| | Kbp | .1200 | .02345 | .1100 | .10 | .15 |
| | Smd | .2911 | .06489 | .3000 | .17 | .37 |
| | Sbp | .2067 | .02291 | .2100 | .17 | .25 |
| | Amd | .0533 | .01803 | .0600 | .03 | .09 |
| | Abp | .0522 | .01202 | .0500 | .04 | .08 |
| TILOS | Umd | .2867 | .08573 | .2700 | .18 | .48 |
| | Ubp | .4267 | .06083 | .4100 | .32 | .51 |
| | Kmd | .0522 | .01641 | .0500 | .03 | .08 |
| | Kbp | .2811 | .05510 | .3000 | .17 | .35 |
| | Smd | .1189 | .05667 | .1200 | .03 | .18 |
| | Sbp | .3111 | .03018 | .3200 | .25 | .35 |
| | Amd | .1289 | .01965 | .1200 | .10 | .16 |
| | Abp | .2411 | .04729 | .2400 | .17 | .31 |
| PN | Umd | .1000 | .03873 | .0900 | .07 | .20 |
| | Ubp | .1289 | .02804 | .1200 | .09 | .18 |
| | Kmd | .3378 | .05495 | .3500 | .25 | .42 |
| | Kbp | .2522 | .02819 | .2600 | .20 | .28 |
| | Smd | .2267 | .02121 | .2300 | .18 | .25 |
| | Sbp | .3056 | .03504 | .3000 | .25 | .35 |
| | Amd | .0456 | .01236 | .0400 | .03 | .06 |
| | Abp | .0433 | .01118 | .0400 | .03 | .06 |

Na grafikonu 23 prikazana je distribucija vrednosti razlika dimenzije prečnika palatinalnog kanala (mm) pod uticajem svake od pet testiranih mašinskih tehnika merene na četiri nivoa palatinalnog kanala i iz dva pravca.



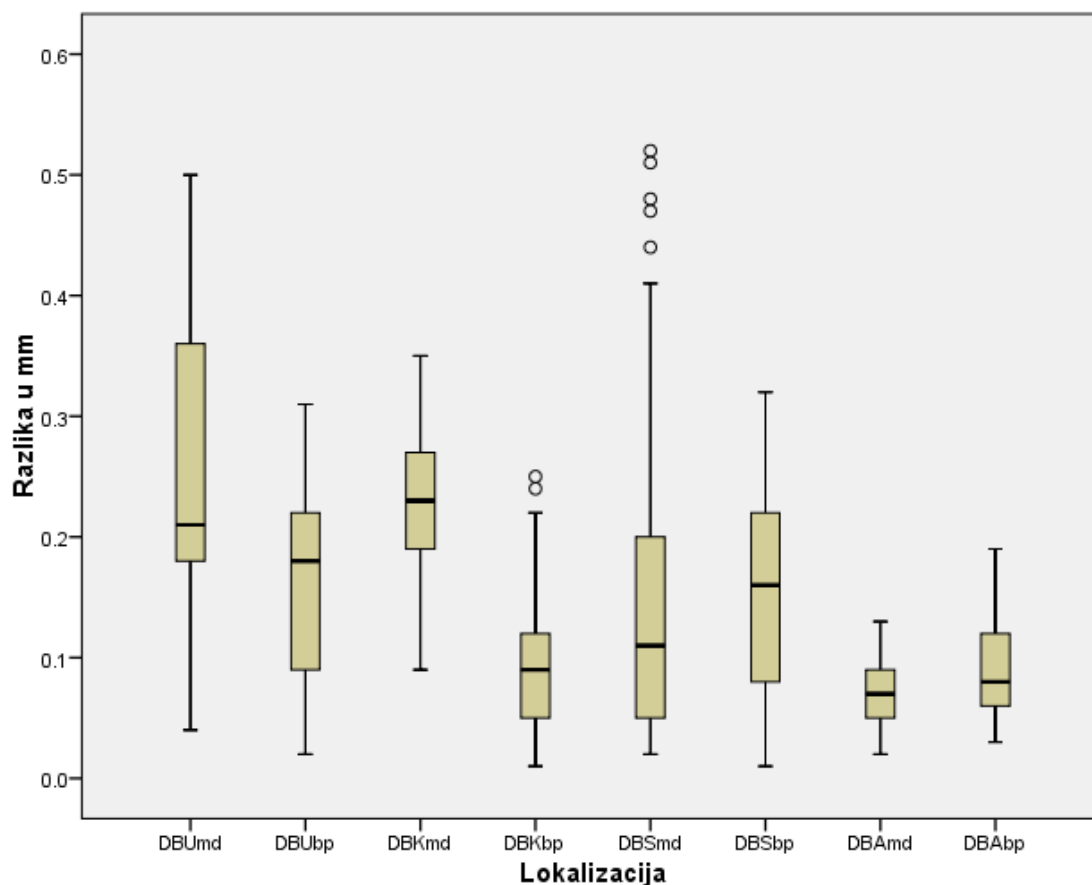
Grafikon 23 Distribucija vrednosti razlika dimenzije prečnika P kanala pod uticajem pet mašinskih tehnika preparacije

Najveće promene prečnika P kanala se dešavaju na nivou njegovog ulaza za sve primenjene tehnike, osim za ProTaper Next, koji je uzrokovao najveće promene prečnika u kruničnoj i srednjoj trećini. Najmanje promene vrednosti prečnika P kanala su registrovane u apeksnoj trećini za sve testirane mašinske tehnike instrumentacije, osim za Tilos. Ovaj sistem je iz oba pravca merenja pokazao statistički značajno veće vrednosti promene prečnika P kanala u apeksnoj trećini nego ostala četiri sistema.

Na tabeli 36 prikazan je uticaj mašinskih tehnika preparacije na DB kanal preko razlike vrednosti dimenzija prečnika (mm), merenog u mezio-distalnom i buko-palatinalnom pravcu na četiri nivoa kanala: ulaz, koronarna, srednja i apeksna trećina.

Tabela 36 Prikaz vrednosti promene dimenzija prečnika (mm) DB kanala
posle mašinske preparacije bez obzira na tehniku

| | N | Aritmetička sredina | SD | Median | Minimum | Maksimum |
|-----|----|------------------------|--------|--------|---------|----------|
| Umd | 45 | .2527 | .12209 | .2100 | .04 | .50 |
| Ubp | 45 | .1644 | .08013 | .1800 | .02 | .31 |
| Kmd | 45 | .2329 | .05822 | .2300 | .09 | .35 |
| Kbp | 45 | .0964 | .05867 | .0900 | .01 | .25 |
| Smd | 45 | .1629 | .15265 | .1100 | .02 | .52 |
| Sbp | 45 | .1487 | .08860 | .1600 | .01 | .32 |
| Amd | 45 | .0718 | .02648 | .0700 | .02 | .13 |
| Abp | 45 | .0927 | .04741 | .0800 | .03 | .19 |



Grafikon 24 Distribucija vrednosti razlika dimenzija prečnika DB kanala (mm)
posle mašinske preparacije na četiri nivoa i iz dva smera merenja

Statističko testiranje je pokazalo visoku značajnost razlika između dimenzija prečnika DB kanala pre i posle mašinske instrumentacije ($p < 0.001$). Najveće promene

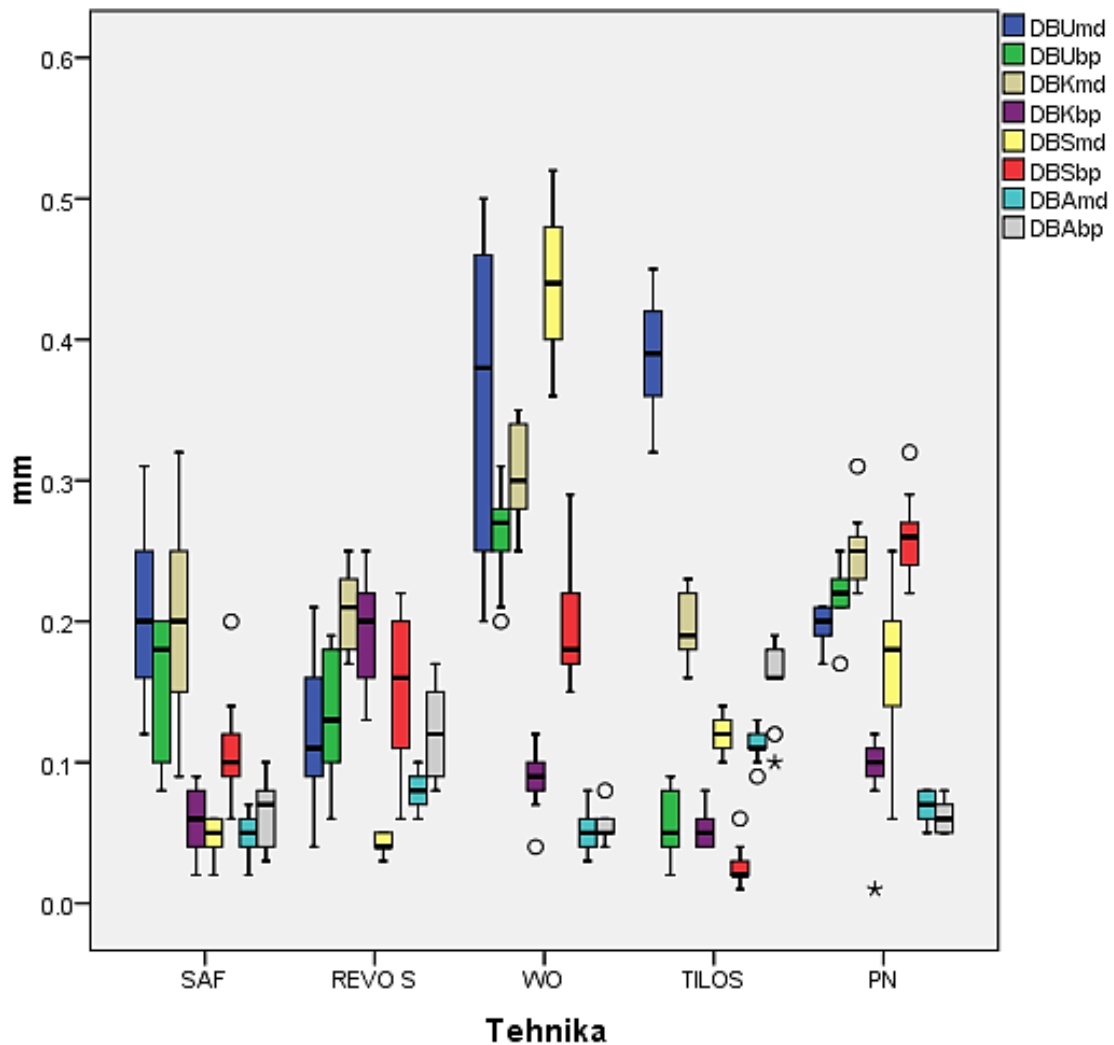
dimenzija prečnika DB kanala bile su na njegovom ulazu i koronarnoj trećini u mezio-distalnom pravcu, a najmanje u apeksnoj trećini i to iz oba pravca merenja.

Tabela 37 prikazuje uticaj svake od pet mašinskih tehnika na četiri različita nivoa DB kanala kroz izračunavanje razlike vrednosti njegovog prečnika u milimetrima, pre i posle instrumentacije iz mezio-distalnog i buko-palatinalnog pravca.

Tabela 37 Razlike dimenzija prečnika (mm) DB kanala po tehnikama instrumentacije

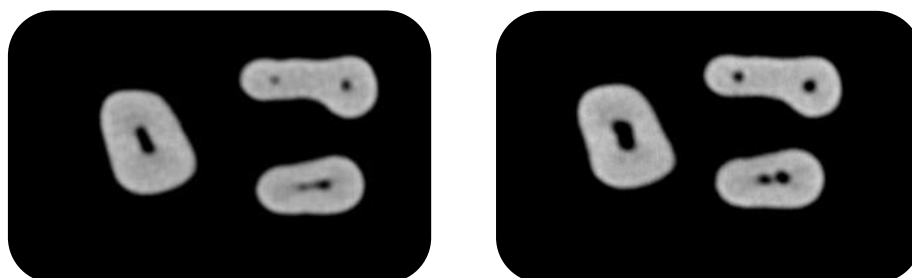
| Tehnika | Lokalizacija | Aritmetička sredina | SD | Median | Minimum | Maksimum |
|---------|--------------|---------------------|--------|--------|---------|----------|
| SAF | Umd | .2011 | .06030 | .2000 | .12 | .31 |
| | Ubp | .1533 | .05196 | .1800 | .08 | .20 |
| | Kmd | .2033 | .07599 | .2000 | .09 | .32 |
| | Kbp | .0567 | .02598 | .0600 | .02 | .09 |
| | Smd | .0456 | .01424 | .0500 | .02 | .06 |
| | Sbp | .1111 | .04106 | .1000 | .06 | .20 |
| | Amd | .0489 | .01691 | .0500 | .02 | .07 |
| | Abp | .0644 | .02603 | .0700 | .03 | .10 |
| REVO S | Umd | .1211 | .05326 | .1100 | .04 | .21 |
| | Ubp | .1333 | .04950 | .1300 | .06 | .19 |
| | Kmd | .2089 | .02848 | .2100 | .17 | .25 |
| | Kbp | .1933 | .04243 | .2000 | .13 | .25 |
| | Smd | .0411 | .00782 | .0400 | .03 | .05 |
| | Sbp | .1478 | .05740 | .1600 | .06 | .22 |
| | Amd | .0789 | .01537 | .0800 | .06 | .10 |
| | Abp | .1211 | .03480 | .1200 | .08 | .17 |
| WO | Umd | .3544 | .12187 | .3800 | .20 | .50 |
| | Ubp | .2600 | .03500 | .2700 | .20 | .31 |
| | Kmd | .3044 | .03609 | .3000 | .25 | .35 |
| | Kbp | .0867 | .02345 | .0900 | .04 | .12 |
| | Smd | .4400 | .05874 | .4400 | .36 | .52 |
| | Sbp | .1967 | .04359 | .1800 | .15 | .29 |
| | Amd | .0533 | .01581 | .0500 | .03 | .08 |
| | Abp | .0556 | .01130 | .0500 | .04 | .08 |
| TILOS | Umd | .3900 | .03969 | .3900 | .32 | .45 |
| | Ubp | .0567 | .02291 | .0500 | .02 | .09 |
| | Kmd | .1956 | .02506 | .1900 | .16 | .23 |
| | Kbp | .0533 | .01414 | .0500 | .04 | .08 |
| | Smd | .1200 | .01414 | .1200 | .10 | .14 |
| | Sbp | .0269 | .01556 | .0200 | .01 | .06 |
| | Amd | .1111 | .01167 | .1100 | .09 | .13 |
| | Abp | .1589 | .03060 | .1600 | .10 | .19 |
| PN | Umd | .1967 | .01500 | .2000 | .17 | .21 |
| | Ubp | .2189 | .02261 | .2200 | .17 | .25 |
| | Kmd | .2522 | .02728 | .2500 | .22 | .31 |
| | Kbp | .0922 | .03383 | .1000 | .01 | .12 |
| | Smd | .1678 | .05995 | .1800 | .06 | .25 |
| | Sbp | .2611 | .03100 | .2600 | .22 | .32 |
| | Amd | .0667 | .01225 | .0700 | .05 | .08 |
| | Abp | .0633 | .01225 | .0600 | .05 | .08 |

Na grafikonu 25 prikazana je distribucija vrednosti promene dimenzije prečnika DB kanala (mm) pod uticajem svake od pet ispitivanih mašinskih tehnika, merene na četiri nivoa i iz dva pravca.



Grafikon 25 Distribucija vrednosti promena prečnika (mm) DB kanala pod uticajem pet mašinskih tehnika preparacije

Najmanje promene prečnika DB kanala dešavaju se na nivou njegove apeksne trećine za sve primenjene tehnike, osim za Tilos. Instrumentacija Tilos sistemom je uzrokovala statistički značajno povećanje dimenzija prečnika DB kanala u apeksnoj trećini u poređenju sa ostala četiri sistema, naročito u njegovom buko-palatinalnom pravcu. Najujednačenije rezultate dali su SAF i Revo-S sistemi, koji su, kao i WaveOne i ProTaper Next, doveli do značajnijeg povećanja prečnika DB kanala na ulazu i u njegovoj koronarnoj trećini. WaveOne je u poređenju sa ostalim sistemima izazvao značajnije povećanje dimenzija prečnika u srednjoj trećini DB kanala, i to u mezio-distalnom pravcu.



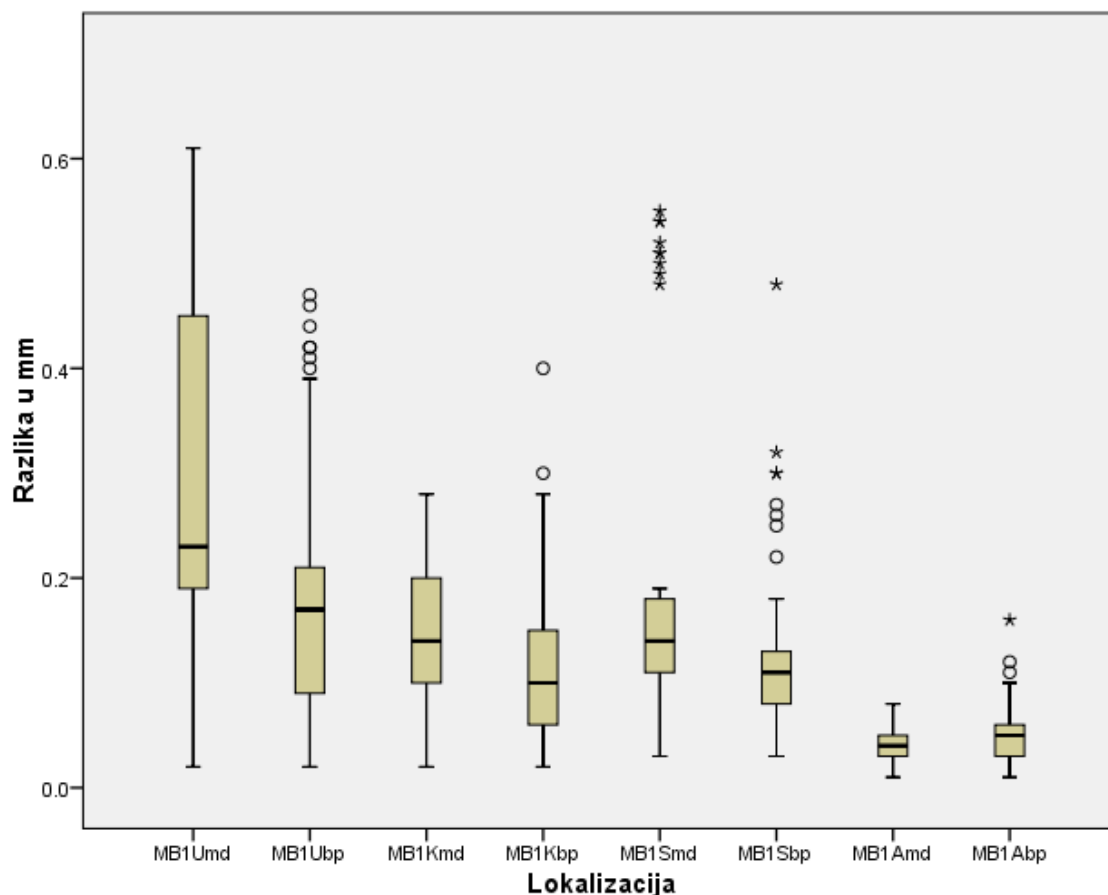
Slika 44 Razlike između kanala pre i posle preparacije u koronarnoj trećini

Na tabeli 38 prikazan je uticaj mašinskih tehnika preparacije na MB1 kanal preko razlike vrednosti dimenzija prečnika, izraženog u milimetrima, merenog u mezio-distalnom i buko-palatinalnom pravcu na četiri nivoa kanala: ulaz, koronarna, srednja i apeksna trećina.

Tabela 38 Prikaz vrednosti promene dimenzija prečnika (mm) MB1 kanala posle mašinske preparacije bez obzira na tehniku

| | N | Aritmetička sredina | SD | Median | Minimum | Maksimum |
|-----|----|---------------------|--------|--------|---------|----------|
| Umd | 45 | .3091 | .14968 | .2300 | .02 | .61 |
| Ubp | 45 | .1887 | .13261 | .1700 | .02 | .47 |
| Kmd | 45 | .1373 | .07088 | .1400 | .02 | .28 |
| Kbp | 45 | .1180 | .07956 | .1000 | .02 | .40 |
| Smd | 45 | .1982 | .16619 | .1400 | .03 | .55 |
| Sbp | 45 | .1287 | .09265 | .1100 | .03 | .48 |
| Amd | 45 | .0389 | .01655 | .0400 | .01 | .08 |
| Abp | 45 | .0527 | .02919 | .0500 | .01 | .16 |

Na grafikonu 26 prikazana je distribucija vrednosti razlika dimenzija prečnika (mm) MB1 kanala posle preparacije mašinskim tehnikama na četiri nivoa i iz dva pravca merenja.



Grafikon 26 Distribucija vrednosti razlika dimenzija prečnika (mm) MB1 kanala posle mašinske preparacije na četiri nivoa kanala i iz dva pravca merenja

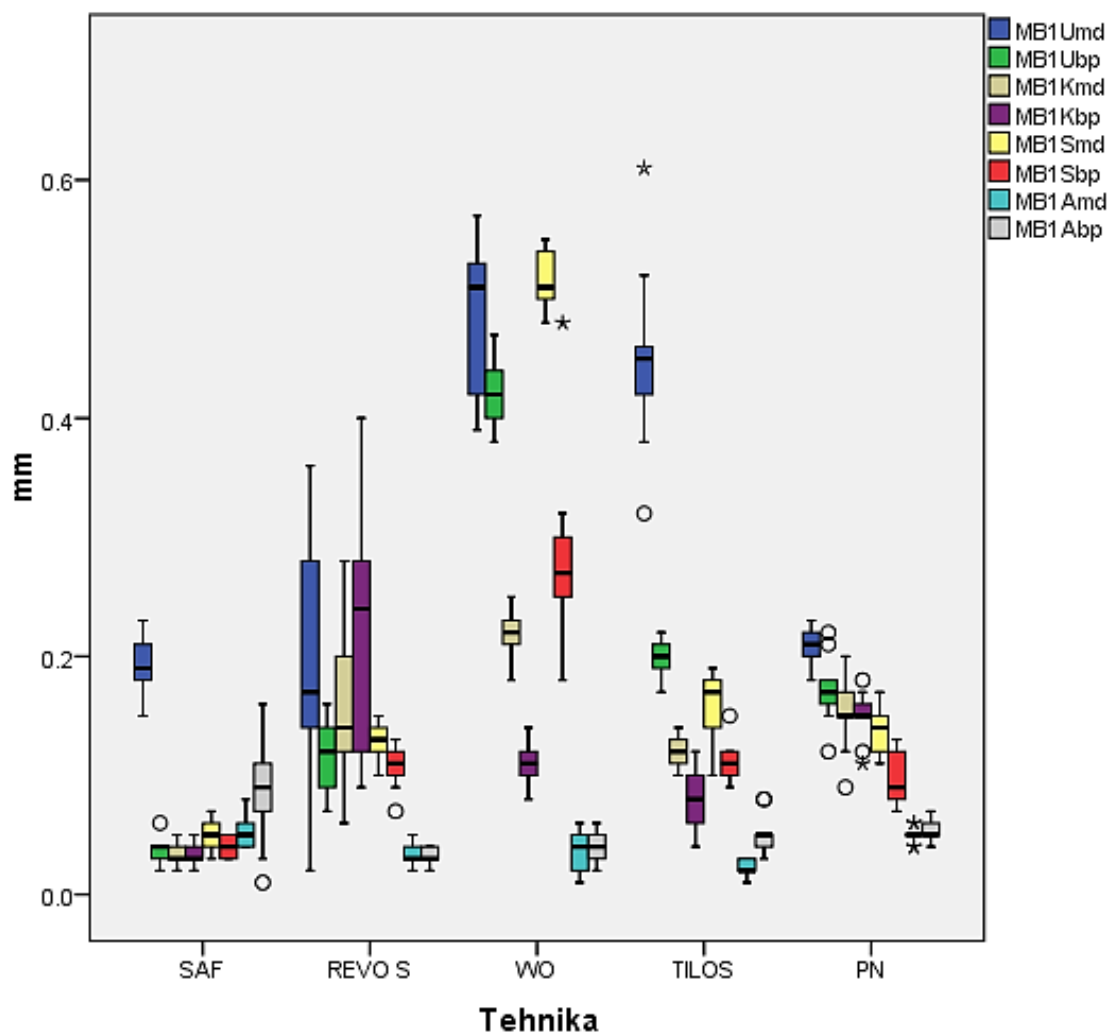
Statističko testiranje je pokazalo visoku značajnost razlika između dimenzija prečnika MB1 kanala pre i posle mašinske instrumentacije na nivou verovatnoće $p < 0.001$. Najizrazitija promena dimenzija prečnika MB1 kanala bila je na njegovom ulazu, a najmanja u apeksnoj trećini i to iz mezio-distalnog pravca merenja.

Na tabeli 39 je dat prikaz kako svaka pojedinačna od pet testiranih mašinskih tehnika utiče na četiri različita nivoa MB1 kanala kroz izračunavanje razlike vrednosti njegovog prečnika, izraženog u milimetrima, pre i posle instrumentacije, iz mezio-distalnog i buko-palatinalnog pravca merenja.

Tabela 39 Razlike dimenzija prečnika (mm) MB1 kanala prema tehnikama instrumentacije

| Tehnika | Lokalizacija | Aritmetička sredina | SD | Median | Minimum | Maksimum |
|---------|--------------|---------------------|--------|--------|---------|----------|
| SAF | Umd | .1911 | .02421 | .1900 | .15 | .23 |
| | Ubp | .0356 | .01236 | .0400 | .02 | .06 |
| | Kmd | .0322 | .00972 | .0300 | .02 | .05 |
| | Kbp | .0333 | .01000 | .0300 | .02 | .05 |
| | Smd | .0489 | .01269 | .0500 | .03 | .07 |
| | Sbp | .0400 | .00866 | .0400 | .03 | .05 |
| | Amd | .0533 | .01414 | .0500 | .04 | .08 |
| | Abp | .0867 | .04555 | .0900 | .01 | .16 |
| REVO S | Umd | .2056 | .11170 | .1700 | .02 | .36 |
| | Ubp | .1167 | .03279 | .1200 | .07 | .16 |
| | Kmd | .1622 | .06960 | .1400 | .06 | .28 |
| | Kbp | .2178 | .10497 | .2400 | .09 | .40 |
| | Smd | .1300 | .01732 | .1300 | .10 | .15 |
| | Sbp | .1078 | .01986 | .1100 | .07 | .13 |
| | Amd | .0333 | .01000 | .0300 | .02 | .05 |
| | Abp | .0311 | .00782 | .0300 | .02 | .04 |
| WO | Umd | .4889 | .06735 | .5100 | .39 | .57 |
| | Ubp | .4211 | .03060 | .4200 | .38 | .47 |
| | Kmd | .2189 | .02088 | .2200 | .18 | .25 |
| | Kbp | .1100 | .01936 | .1100 | .08 | .14 |
| | Smd | .5156 | .02404 | .5100 | .48 | .55 |
| | Sbp | .2867 | .08441 | .2700 | .18 | .48 |
| | Amd | .0367 | .01803 | .0400 | .01 | .06 |
| | Abp | .0400 | .01225 | .0400 | .02 | .06 |
| TILOS | Umd | .4522 | .08167 | .4500 | .32 | .61 |
| | Ubp | .1978 | .01641 | .2000 | .17 | .22 |
| | Kmd | .1222 | .01394 | .1200 | .10 | .14 |
| | Kbp | .0800 | .02828 | .0800 | .04 | .12 |
| | Smd | .1589 | .03219 | .1700 | .10 | .19 |
| | Sbp | .1111 | .01833 | .1100 | .09 | .15 |
| | Amd | .0211 | .00782 | .0200 | .01 | .03 |
| | Abp | .0511 | .01764 | .0500 | .03 | .08 |
| PN | Umd | .2078 | .01641 | .2100 | .18 | .23 |
| | Ubp | .1722 | .02991 | .1700 | .12 | .22 |
| | Kmd | .1511 | .03140 | .1500 | .09 | .20 |
| | Kbp | .1489 | .02205 | .1500 | .11 | .18 |
| | Smd | .1378 | .01922 | .1400 | .11 | .17 |
| | Sbp | .0978 | .02108 | .0900 | .07 | .13 |
| | Amd | .0500 | .00707 | .0500 | .04 | .06 |
| | Abp | .0544 | .00882 | .0500 | .04 | .07 |

Na grafikonu 27 prikazana je distribucija vrednosti promene dimenzije prečnika (mm) MB1 kanala pod uticajem svake od pet testiranih mašinskih tehnika, merene na četiri nivoa i iz dva pravca.



Grafikon 27 Distribucija vrednosti promena prečnika (mm) MB1 kanala pod uticajem pet mašinskih tehnika preparacije

Najizrazitije promene vrednosti prečnika MB1 kanala bile su na ulazu u kanal posle primene svih pet tehnika instrumentacije i to u mezio-distalnom pravcu, a najmanje u apeksnoj trećini iz oba pravca merenja. Jedino je posle SAF sistema apeksna trećina MB1 kanala u buko-palatinalnoj dimenziji bila proširena više nego u njegovoj koronarnoj i srednjoj trećini, pa čak i više nego na ulazu u kanal iz njegovog buko-palatinalnog pravca.

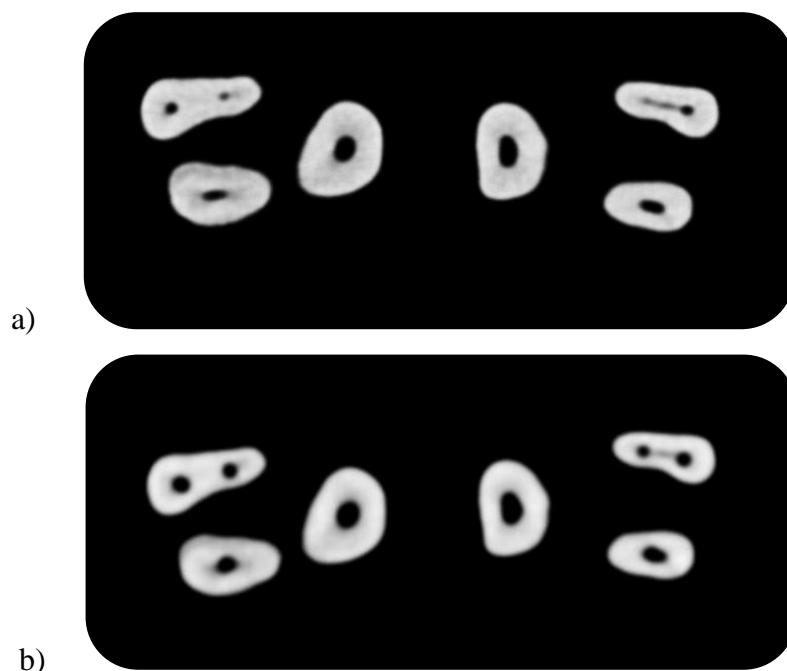
Na tabeli 40 prikazan je uticaj mašinskih tehnika preparacije na MB2 kanal kroz razlike vrednosti dimenzija prečnika, izraženog u milimetrima, merenog u mezio-distalnom (md) i buko-palatinalnom (bp) pravcu, i na četiri nivoa kanala: ulaz (U), koronarna (K), srednja (S) i apeksna (A) trećina.

Tabela 40 Prikaz vrednosti promene dimenzija prečnika (mm) MB2 kanala posle mašinske preparacije bez obzira na tehniku

| | N | Aritmetička sredina | SD | Median | Minimum | Maksimum |
|-----|----|---------------------|--------|--------|---------|----------|
| Umd | 45 | .3973 | .15226 | .3700 | .20 | .80 |
| Ubp | 45 | .2987 | .13137 | .3000 | .03 | .61 |
| Kmd | 45 | .2516 | .12914 | .2200 | .04 | .51 |
| Kbp | 45 | .1393 | .07907 | .1200 | .01 | .27 |
| Smd | 45 | .1984 | .06030 | .2000 | .08 | .37 |
| Sbp | 45 | .1889 | .08845 | .1700 | .07 | .41 |
| Amd | 45 | .0556 | .02242 | .0500 | .02 | .12 |
| Abp | 45 | .0518 | .02037 | .0500 | .02 | .12 |

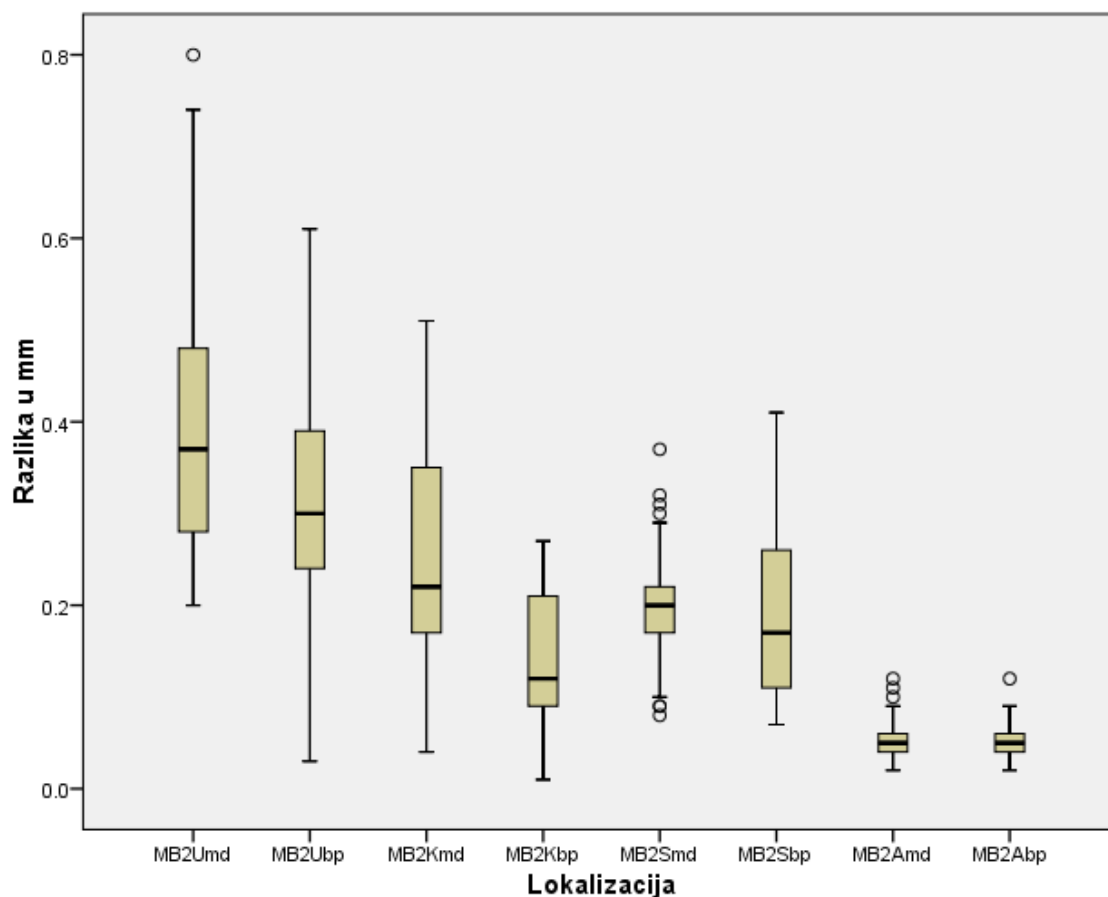
Statističko testiranje je pokazalo visoku značajnost razlika između dimenzija prečnika MB2 kanala pre i posle mašinske instrumentacije na nivou verovatnoće $p < 0.001$.

Najizrazitija promena dimenzija prečnika MB2 kanala bila je na njegovom ulazu iz mezio-distalnog pravca, a najmanja u apeksnoj trećini i to iz oba pravca merenja.



Slika 45 Izgled kanala pre (a) i posle preparacije (b)

Grafikon 28 prikazuje distribuciju vrednosti razlika dimenzija prečnika (mm) MB2 kanala posle preparacije mašinskim tehnikama na četiri nivoa i iz dva pravca merenja.



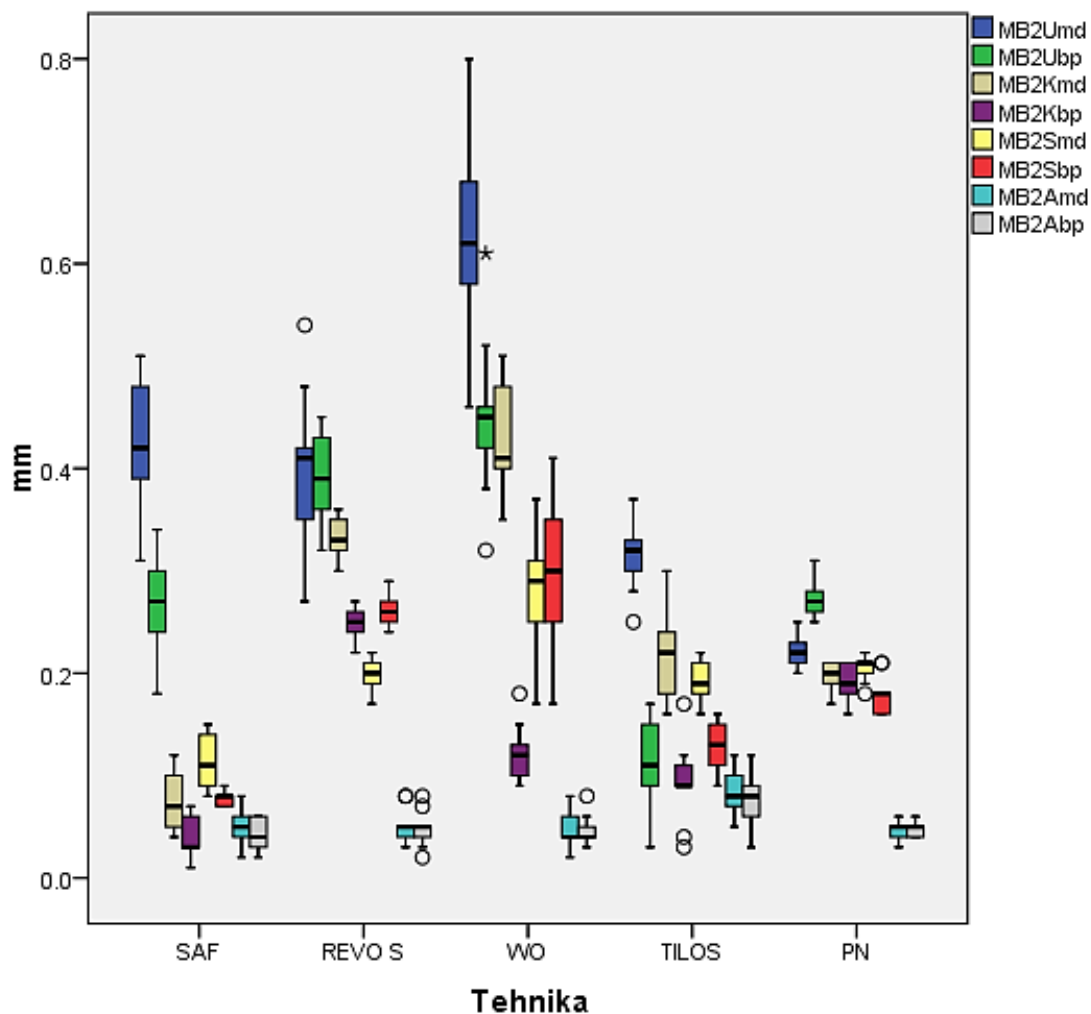
Grafikon 28 Distribucija vrednosti razlika dimenzija prečnika (mm) MB2 kanala posle mašinske preparacije na četiri nivoa kanala i iz dva pravca merenja

Na tabeli 41 dat je prikaz kako svaka pojedinačna od pet ispitivanih mašinskih tehnika utiče na četiri različita nivoa MB2 kanala, kroz izračunavanje razlike vrednosti njegovog prečnika, izraženog u milimetrima, pre i posle instrumentacije iz mezio-distalnog i buko-palatinalnog pravca merenja.

Tabela 41 Razlike dimenzija prečnika (mm) MB2 kanala prema tehnikama instrumentacije

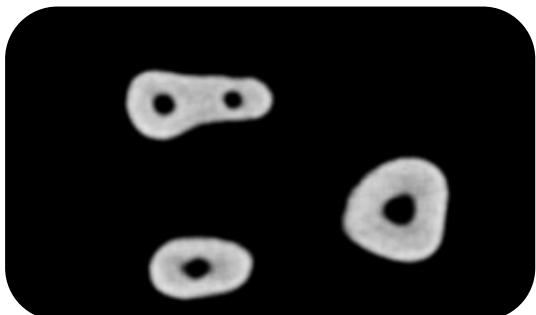
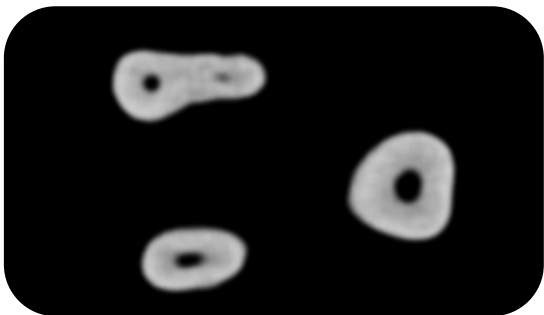
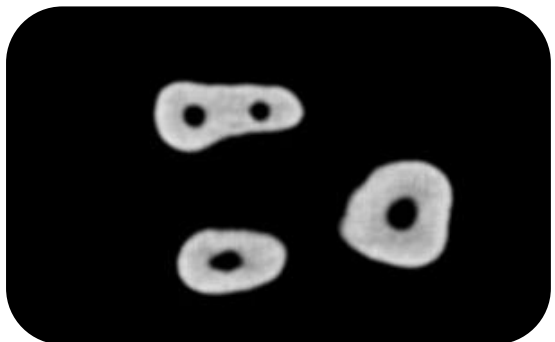
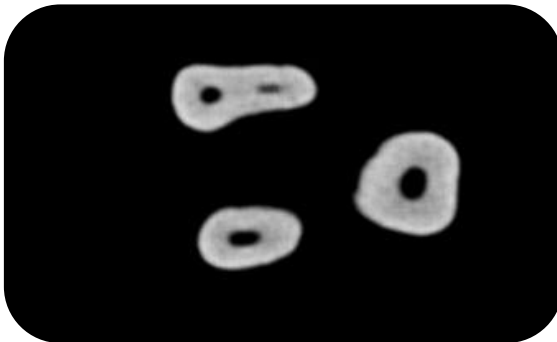
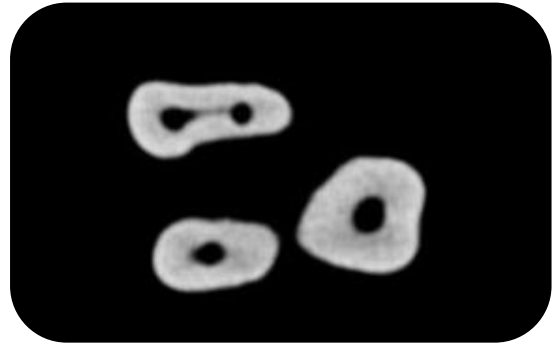
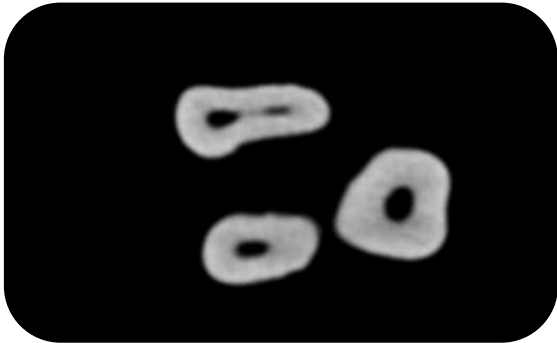
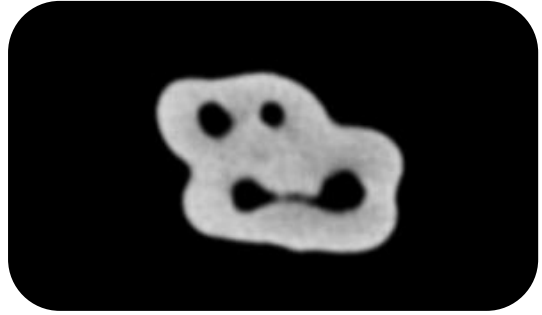
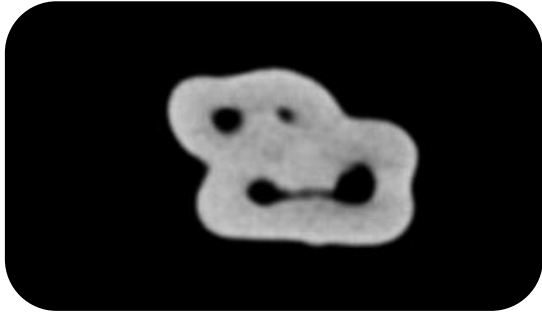
| Tehnika | Lokalizacija | Aritmetička sredina | SD | Median | Minimum | Maksimum |
|---------|--------------|---------------------|--------|--------|---------|----------|
| SAF | Umd | .4233 | .06423 | .4200 | .31 | .51 |
| | Ubp | .2644 | .05294 | .2700 | .18 | .34 |
| | Kmd | .0756 | .03167 | .0700 | .04 | .12 |
| | Kbp | .0389 | .02028 | .0300 | .01 | .07 |
| | Smd | .1167 | .02828 | .1100 | .08 | .15 |
| | Sbp | .0789 | .00782 | .0800 | .07 | .09 |
| | Amd | .0478 | .01787 | .0500 | .02 | .08 |
| | Abp | .0433 | .01500 | .0400 | .02 | .06 |
| REVO S | Umd | .3978 | .08182 | .4100 | .27 | .54 |
| | Ubp | .3956 | .04503 | .3900 | .32 | .45 |
| | Kmd | .3300 | .02000 | .3300 | .30 | .36 |
| | Kbp | .2500 | .01732 | .2500 | .22 | .27 |
| | Smd | .1967 | .01581 | .2000 | .17 | .22 |
| | Sbp | .2622 | .01563 | .2600 | .24 | .29 |
| | Amd | .0511 | .01764 | .0500 | .03 | .08 |
| | Abp | .0478 | .01856 | .0500 | .02 | .08 |
| WO | Umd | .6311 | .10203 | .6200 | .46 | .80 |
| | Ubp | .4522 | .08167 | .4500 | .32 | .61 |
| | Kmd | .4356 | .06044 | .4100 | .35 | .51 |
| | Kbp | .1222 | .02819 | .1200 | .09 | .18 |
| | Smd | .2800 | .05766 | .2900 | .17 | .37 |
| | Sbp | .2956 | .07196 | .3000 | .17 | .41 |
| | Amd | .0467 | .01803 | .0400 | .02 | .08 |
| | Abp | .0456 | .01590 | .0400 | .03 | .08 |
| TILOS | Umd | .3122 | .03383 | .3200 | .25 | .37 |
| | Ubp | .1067 | .04975 | .1100 | .03 | .17 |
| | Kmd | .2200 | .04555 | .2200 | .16 | .30 |
| | Kbp | .0944 | .04187 | .0900 | .03 | .17 |
| | Smd | .1956 | .02068 | .1900 | .16 | .22 |
| | Sbp | .1289 | .02315 | .1300 | .09 | .16 |
| | Amd | .0844 | .02297 | .0800 | .05 | .12 |
| | Abp | .0744 | .02603 | .0800 | .03 | .12 |
| PN | Umd | .2222 | .01563 | .2200 | .20 | .25 |
| | Ubp | .2744 | .02007 | .2700 | .25 | .31 |
| | Kmd | .1967 | .01500 | .2000 | .17 | .21 |
| | Kbp | .1911 | .01965 | .1900 | .16 | .21 |
| | Smd | .2033 | .01225 | .2100 | .18 | .22 |
| | Sbp | .1789 | .01965 | .1800 | .16 | .21 |
| | Amd | .0478 | .00972 | .0500 | .03 | .06 |
| | Abp | .0478 | .00667 | .0500 | .04 | .06 |

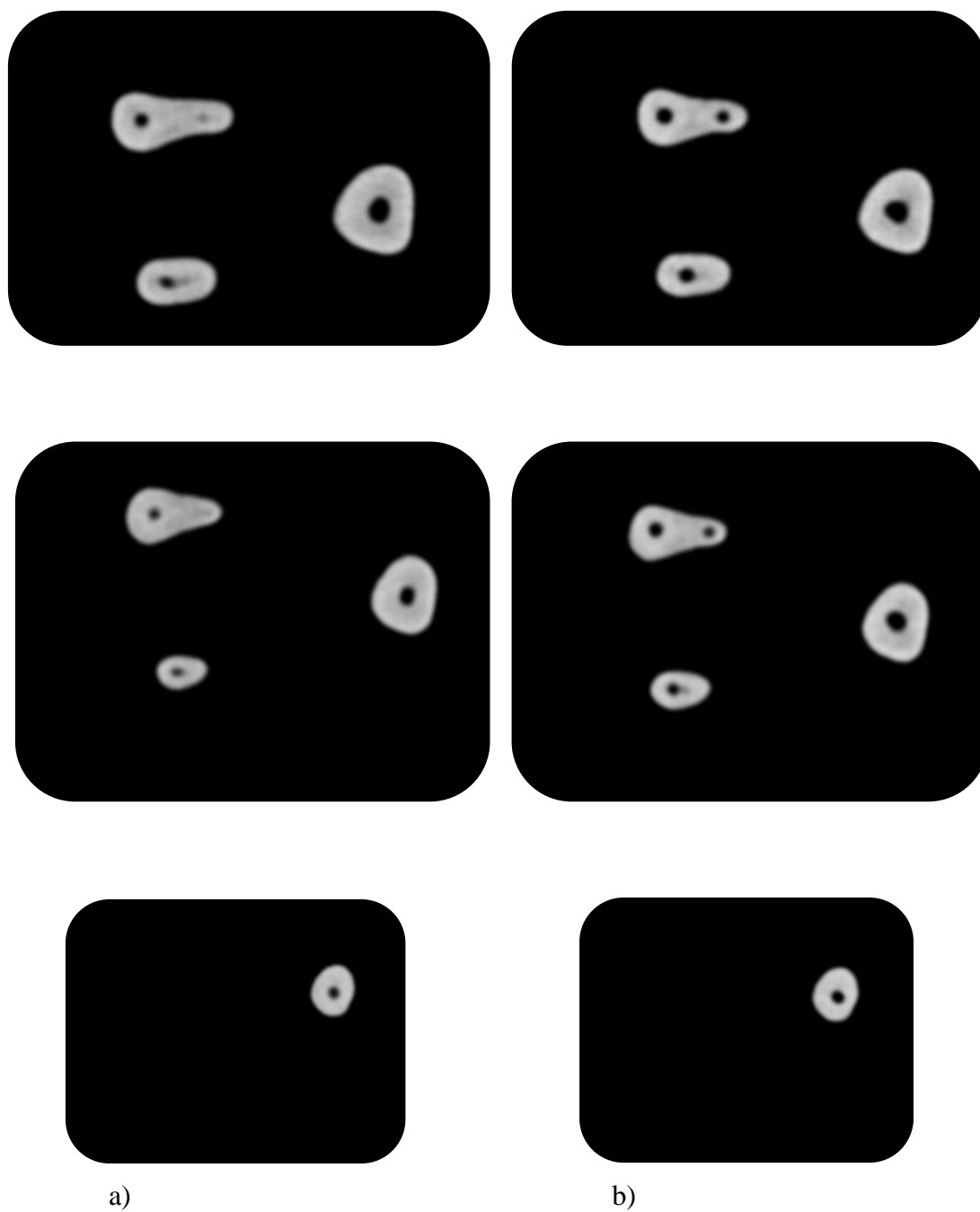
Na grafikonu 29 prikazana je distribucija vrednosti promene dimenzije prečnika (mm) MB2 kanala pod uticajem svake od pet testiranih mašinskih tehnika, merene na četiri nivoa i iz dva pravca.



Grafikon 29 Distribucija vrednosti promena prečnika (mm) MB2 kanala pod uticajem pet mašinskih tehnika preparacije

Kod MB2 kanala posle primene pet tehnika instrumentacije najizrazitije promene vrednosti prečnika bile su na njegovom ulazu, a najmanje u apeksnoj trećini. Jedino je Tilos sistem doveo do izrazitijeg povećanja prečnika MB2 kanala u koronarnoj i srednjoj trećini nego na njegovom ulazu i to iz buko-palatinalnog pravca.





Slika 46 Uporedni prikaz kanala prvih maksilarnih molara pre (a) i posle preparacije(b) na različitim nivoima

5. 2. 2 Promene dimenzija prečnika kanala zuba sa fuzionisanim korenovima u zavisnosti od tehnike preparacije

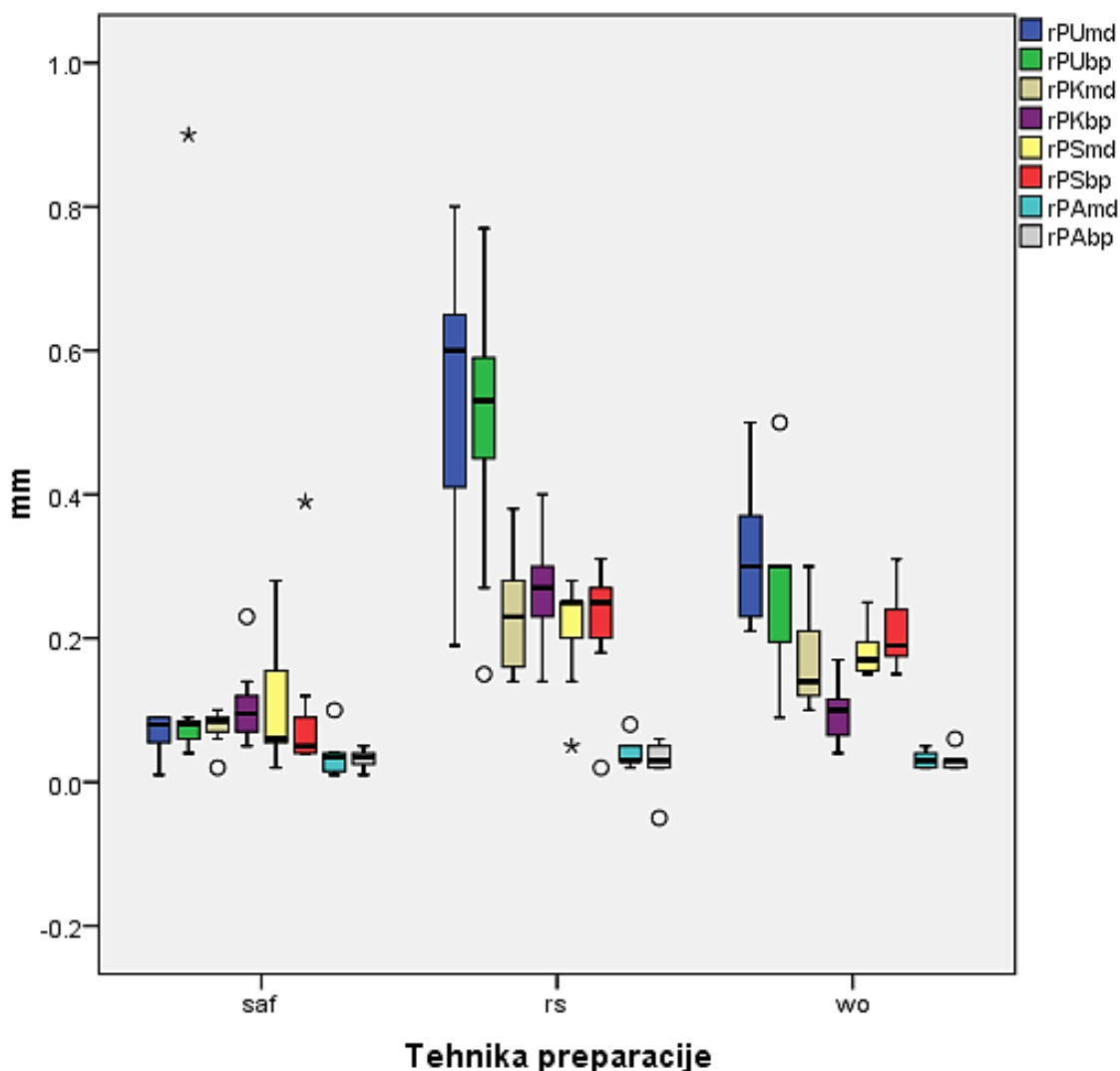
Uticao mašinske preparacije na originalnu anatomiju zuba sa fuzionisanim korenovima prikazan je prvo preko vrednosti promene dimenzije prečnika kanala na četiri nivoa: ulaz u kanal (U), koronarna (K), srednja (S) i apeksna (A) trećina, mereno iz dva pravca: mezo-distalnog (md) i buko-palatinalnog (bp) posle primene tri sistema: SAF (saf), Revo-S (rs) i WaveOne (wo).

Na tabeli 50 prikazane su razlike vrednosti dimenzija prečnika palatinalnog (P) kanala, izražene u milimetrima, pod uticajem tri navedene tehnike mašinske preparacije merene iz dva pravca i na četiri nivoa kanala.

Tabela 50 Vrednosti razlike dimenzija prečnika (mm) P kanala u zavisnosti od tehnike preparacije

| Tehnika | Lokalizacija | Mean | Std. Deviation | Median | Minimum | Maximum |
|---------|--------------|-------|----------------|--------|---------|---------|
| SAF | Umd | .0687 | .02800 | .0800 | .01 | .09 |
| | Ubp | .1737 | .29394 | .0800 | .04 | .90 |
| | Kmd | .0800 | .02404 | .0900 | .02 | .10 |
| | Kbp | .1040 | .05060 | .0950 | .05 | .23 |
| | Smd | .0940 | .08527 | .0600 | .02 | .28 |
| | Sbp | .1040 | .10824 | .0550 | .04 | .39 |
| | Amd | .0370 | .02541 | .0400 | .01 | .10 |
| | Abp | .0330 | .01160 | .0350 | .01 | .05 |
| RS | Umd | .5311 | .18496 | .6000 | .19 | .80 |
| | Ubp | .4956 | .18862 | .5300 | .15 | .77 |
| | Kmd | .2700 | .12147 | .2550 | .14 | .52 |
| | Kbp | .2750 | .09083 | .2750 | .14 | .40 |
| | Smd | .2120 | .06989 | .2350 | .05 | .28 |
| | Sbp | .2240 | .08140 | .2400 | .02 | .31 |
| | Amd | .0390 | .01729 | .0300 | .02 | .08 |
| | Abp | .0260 | .03026 | .0300 | -.05 | .06 |
| WO | Umd | .3157 | .10876 | .3000 | .21 | .50 |
| | Ubp | .2686 | .12941 | .3000 | .09 | .50 |
| | Kmd | .1714 | .07198 | .1400 | .10 | .30 |
| | Kbp | .0957 | .04577 | .1000 | .04 | .17 |
| | Smd | .1814 | .03671 | .1700 | .15 | .25 |
| | Sbp | .2114 | .05521 | .1900 | .15 | .31 |
| | Amd | .0314 | .01345 | .0300 | .02 | .05 |
| | Abp | .0300 | .01414 | .0300 | .02 | .06 |

Na grafikonu 30 prikazana je distribucija vrednosti promene dimenzije prečnika P kanala (mm) pod uticajem svake od tri primenjene mašinske tehnika merene na četiri nivoa i iz dva pravca.



Grafikon 30 Distribucija vrednosti promena dimenzija prečnika P kanala (mm) pod uticajem tri mašinske tehnike preparacije

Na graf. 30 zapaža se ravnomernija distribucija vrednosti porasta dimenzija prečnika P kanala posle instrumentacije SAF sistemom u poređenju sa Revo-S i WaveOne tehnikom. Sa tab. 50 i graf. 30 vidi se da su prosečne vrednosti povećanja prečnika P kanala značajno manje pod uticajem SAF sistema nego Revo-S i WaveOne mašinske instrumentacije .

Na tabeli 51 je statistički test koji pokazuje nivo razlika između merenih parametara za P kanal.

Tabela 51 Vrednosti testa u cilju provere razlika dimenzija prečnika P kanala

| | rPUmd | rPUbp | rPKmd | rPKbp | rPSmd | rPSbp | rPAmd | rPAbp |
|------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| Chi-Square | 17.344 | 10.596 | 19.536 | 16.031 | 7.832 | 8.690 | .729 | .784 |
| p vrednost | <0.001 | <0.005 | <0.001 | <0.001 | .020 | .013 | .694 | .676 |

a. Kruskal Wallis Test

b. Grupišuća varijabla: Tehnika preparacije

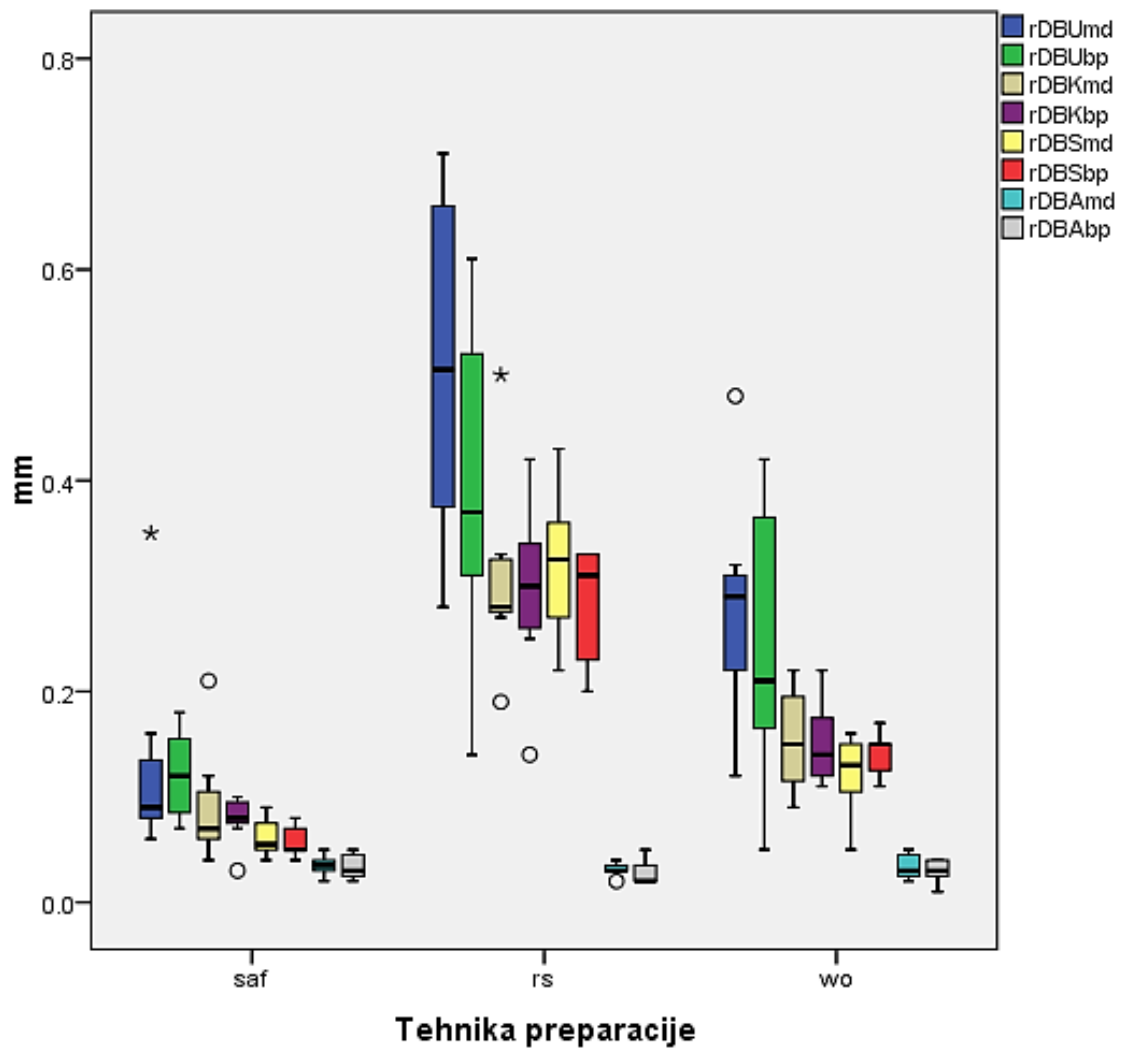
Upoređivanjem vrednosti dimenzija prečnika P kanala na četiri nivoa i iz dva pravca merenja, utvrđeno je postojanje statistički značajnih razlika između primenjenih tehnika mašinske preparacije na nivou orificijuma, koronarne i srednje trećine, dok u apeksnoj trećini među njima nije bilo statistički značajnih razlika (tab. 51, p-vrednosti).

Na tabeli 52 prikazane su razlike vrednosti dimenzija prečnika DB kanala, izražene u milimetrima, pod uticajem tri navedene tehnike mašinske preparacije merene iz dva pravca i na četiri nivoa kanala.

Tabela 52 Vrednosti razlike dimenzija prečnika (mm) DB kanala u zavisnosti od tehnike mašinske preparacije

| | Tehnika | Mean | Std. Deviation | Median | Minimum | Maximum |
|---------------------|---------|-------|----------------|--------|---------|---------|
| Lokalizacija | | | | | | |
| SAF | Umd | .1275 | .09468 | .0900 | .06 | .35 |
| | Ubp | .1213 | .04121 | .1200 | .07 | .18 |
| | Kmd | .1250 | .11740 | .0800 | .04 | .43 |
| | Kbp | .0780 | .04050 | .0800 | .00 | .15 |
| | Smd | .0720 | .02974 | .0650 | .04 | .14 |
| | Sbp | .0690 | .02961 | .0600 | .04 | .14 |
| | Amd | .0420 | .02898 | .0350 | .02 | .12 |
| | Abp | .0400 | .02357 | .0300 | .02 | .10 |
| RS | Umd | .5088 | .17217 | .5050 | .28 | .71 |
| | Ubp | .3937 | .15165 | .3700 | .14 | .61 |
| | Kmd | .3100 | .08382 | .2800 | .19 | .50 |
| | Kbp | .3056 | .08263 | .3000 | .14 | .42 |
| | Smd | .3222 | .06340 | .3400 | .22 | .43 |
| | Sbp | .2911 | .05754 | .3200 | .20 | .35 |
| | Amd | .0333 | .00866 | .0300 | .02 | .05 |
| | Abp | .0256 | .01236 | .0200 | .01 | .05 |
| WO | Umd | .2786 | .11231 | .2900 | .12 | .48 |
| | Ubp | .2486 | .13850 | .2100 | .05 | .42 |
| | Kmd | .1543 | .05062 | .1500 | .09 | .22 |
| | Kbp | .1514 | .04488 | .1400 | .11 | .22 |
| | Smd | .1214 | .04140 | .1300 | .05 | .16 |
| | Sbp | .1400 | .02236 | .1500 | .11 | .17 |
| | Amd | .0343 | .01272 | .0300 | .02 | .05 |
| | Abp | .0300 | .01155 | .0300 | .01 | .04 |

Na grafikonu 31 prikazana je distribucija vrednosti promene dimenzije prečnika DB kanala (mm) pod uticajem svake od tri testirane mašinske tehnike merene na četiri nivoa i iz dva pravca.



Grafikon 31 Distribucija vrednosti promena dimenzija prečnika DB kanala (mm) pod uticajem tri mašinske tehnike preparacije

Sa tab. 52 i graf. 31 uočava se da su prosečne vrednosti povećanja prečnika P kanala značajno manje pod uticajem SAF sistema, nego Revo-S i WaveOne mašinske instrumentacije. Graf. 31 pokazuje da je distribucija vrednosti porasta dimenzija prečnika P kanala ravnomernija posle instrumentacije SAF sistemom u poređenju sa Revo-S i WaveOne tehnikom.

Na tabeli 53 dat je statistički test za nivo razlika između merenih parametara DB kanala.

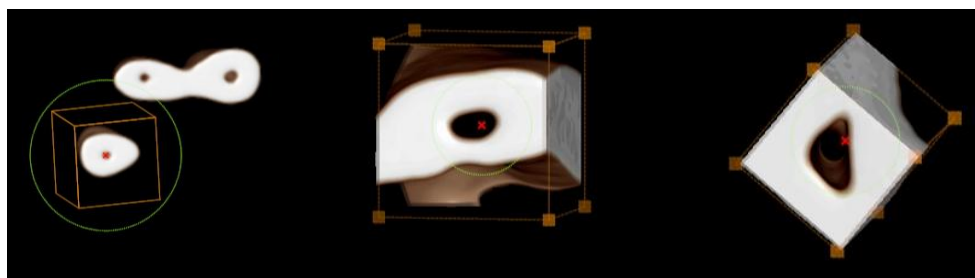
Tabela 53 Vrednosti testa u cilju provere razlika dimenzija prečnika DB kanala

| | rDBUmd | rDBUbp | rDBKmd | rDBKbp | rDBSmd | rDBSbp | rDBAmd | rDBAbp |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Chi-Square | 14.725 | 10.246 | 13.355 | 19.423 | 19.023 | 21.547 | .177 | 3.178 |
| p vrednost | <.001 | <.006 | <.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | .915 | .204 |

a. Kruskal Wallis Test

b. Grupušaća varijabla: Tehnika preparacije

Upoređivanjem vrednosti dimenzija prečnika DB kanala na četiri nivoa i iz dva pravca merenja, utvrđeno je postojanje statistički značajne razlike između tehnika mašinske preparacije na nivou orificijuma, koronarne i srednje trećine, dok u apeksnoj trećini nije bilo statistički značajnih razlika (Tab. 53, p-vrednosti)



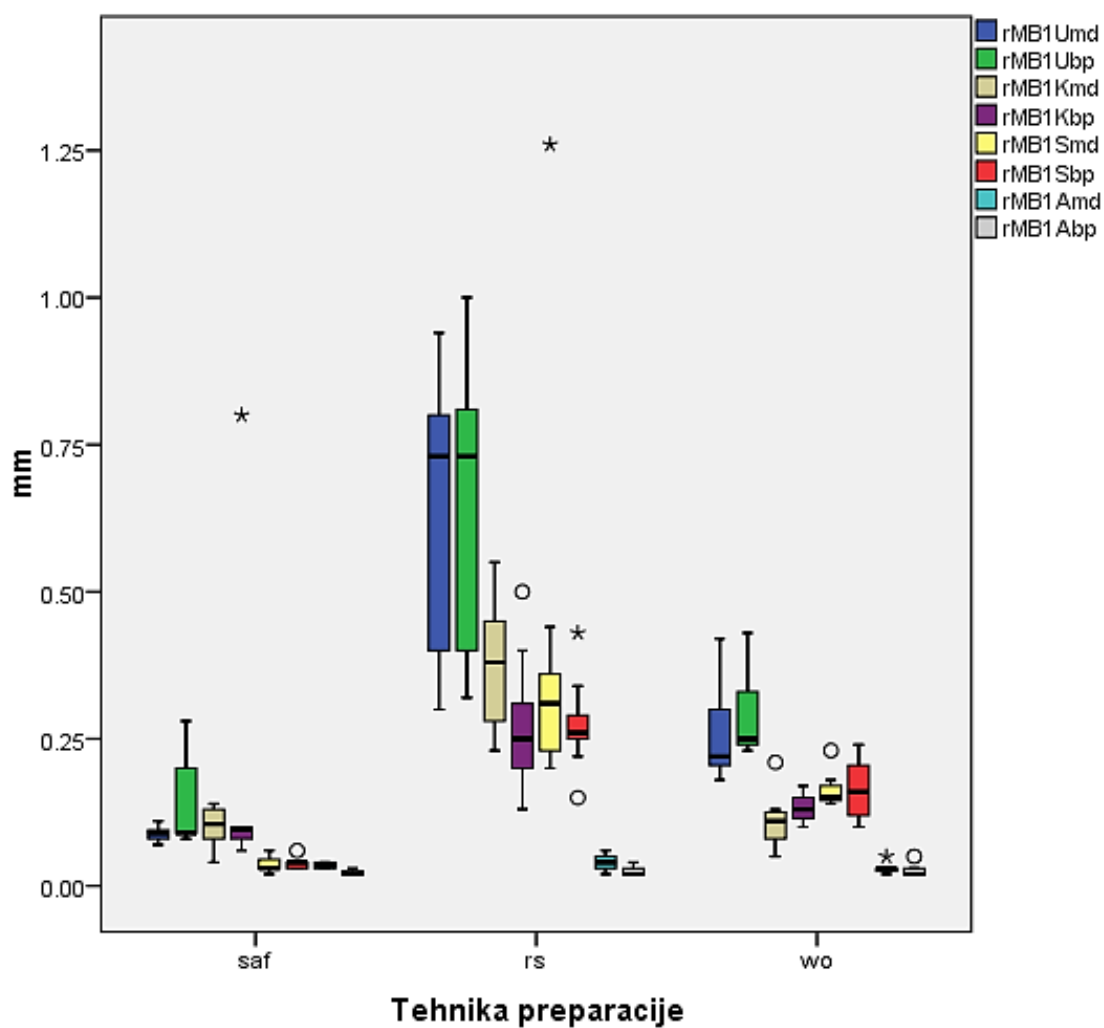
Slika 47 Analiza promena kanala posle preparacije u 3D rekonstrukciji

Na tabeli 54 prikazane su razlike vrednosti dimenzija prečnika MB1 kanala, izražene u milimetrima, pod uticajem tri navedene tehnike mašinske preparacije merene iz dva pravca i na četiri nivoa kanala.

Tabela 54 Vrednosti razlike dimenzija prečnika (mm) MB1 kanala u zavisnosti od tehnike mašinske preparacije na četiri nivoa i iz dva pravca merenja

| Tehnika | Lokalizacija | Mean | Std. Deviation | Median | Minimum | Maximum |
|---------|--------------|-------|----------------|--------|---------|---------|
| SAF | Umd | .0887 | .01246 | .0900 | .07 | .11 |
| | Ubp | .1400 | .07616 | .0900 | .08 | .28 |
| | Kmd | .1200 | .05437 | .1200 | .04 | .24 |
| | Kbp | .1620 | .22498 | .0950 | .06 | .80 |
| | Smd | .0370 | .01160 | .0350 | .02 | .06 |
| | Sbp | .0640 | .08343 | .0400 | .03 | .30 |
| | Amd | .0340 | .00516 | .0300 | .03 | .04 |
| RS | Abp | .0220 | .00422 | .0200 | .02 | .03 |
| | Umd | .6244 | .23660 | .7300 | .30 | .94 |
| | Ubp | .6400 | .26641 | .7300 | .32 | 1.00 |
| | Kmd | .3711 | .10529 | .3800 | .23 | .55 |
| | Kbp | .2767 | .11314 | .2500 | .13 | .50 |
| | Smd | .4022 | .33113 | .3100 | .20 | 1.26 |
| | Sbp | .2722 | .07807 | .2600 | .15 | .43 |
| WO | Amd | .0389 | .01269 | .0400 | .02 | .06 |
| | Abp | .0267 | .00866 | .0200 | .02 | .04 |
| | Umd | .2614 | .08934 | .2200 | .18 | .42 |
| | Ubp | .2929 | .07521 | .2500 | .23 | .43 |
| | Kmd | .1114 | .05146 | .1100 | .05 | .21 |
| | Kbp | .1329 | .02498 | .1300 | .10 | .17 |
| | Smd | .1643 | .03207 | .1500 | .14 | .23 |
| | Sbp | .1643 | .05740 | .1600 | .10 | .24 |
| | Amd | .0300 | .01000 | .0300 | .02 | .05 |
| | Abp | .0271 | .01113 | .0200 | .02 | .05 |

Na grafikonu 32 prikazana je distribucija vrednosti promene dimenzije prečnika MB1 kanala (mm) pod uticajem svake od tri testirane mašinske tehnika merene na četiri nivoa i iz dva pravca.



Grafikon 32 Distribucija vrednosti promene dimenzija prečnika MB1 kanala (mm) pod uticajem tri mašinske tehnike preparacije

Na tabeli 55 dat je statistički test koji pokazuje nivo razlika između merenih parametara MB1 kanala.

Tabela 55 Vrednosti testa za proveru razlika dimenzija prečnika MB1 kanala

| | rMB1Umd | rMB1Ubp | rMB1Kmd | rMB1Kbp | rMB1Smd | rMB1Sbp | rMB1Amd | rMB1Abp |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Chi-Square | 19.113 | 17.807 | 16.821 | 13.649 | 21.554 | 15.240 | 3.228 | 1.905 |
| p vrednost | <0.001 | <0.001 | <0.001 | <.001 | <0.001 | <0.001 | .199 | .386 |

a. Kruskal Wallis Test

b. Grupašuća varijabla: Tehnika preparacije

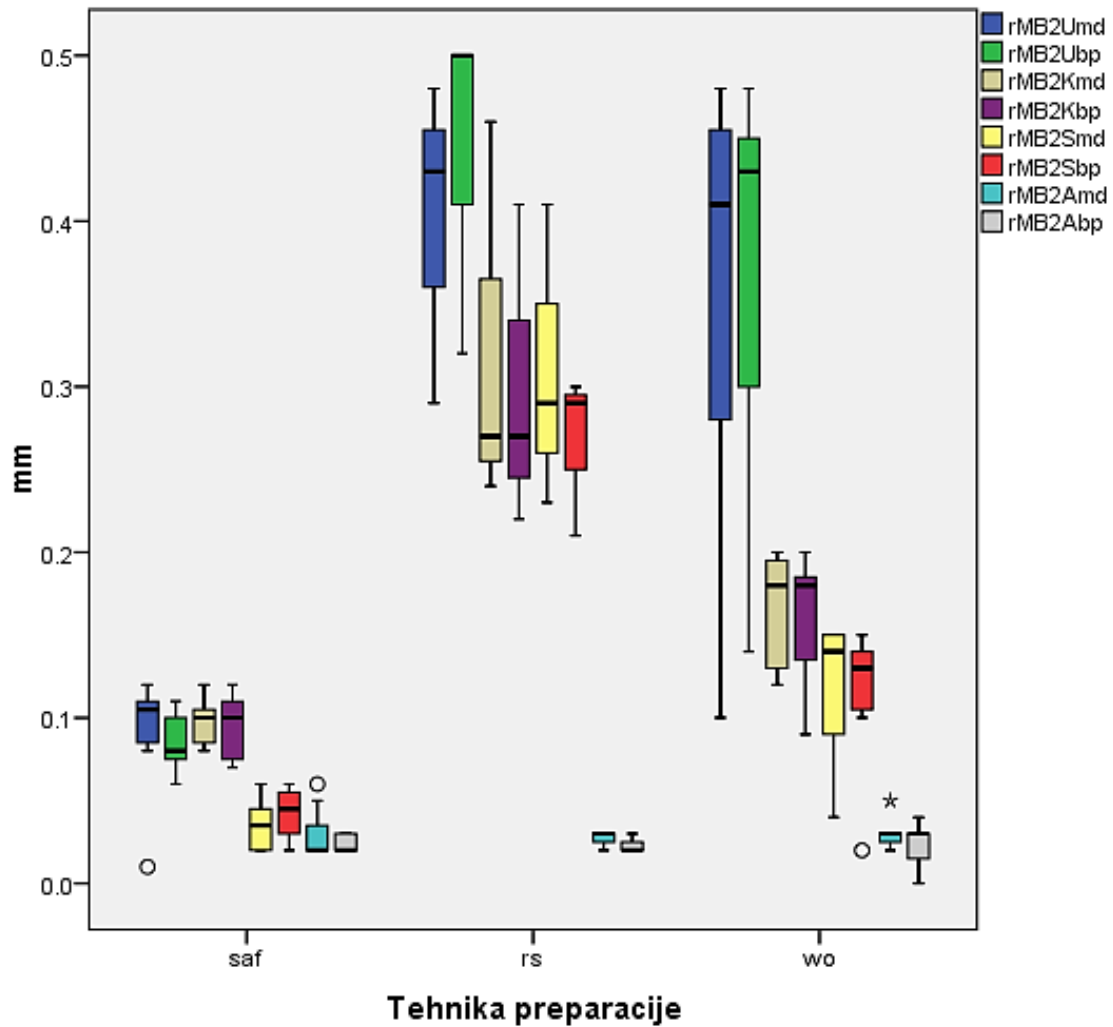
Upoređivanjem vrednosti dimenzija prečnika MB1 kanala na četiri nivoa i iz dva pravca merenja, utvrđeno je postojanje statistički značajne razlike između tehnika mašinske preparacije na nivou orificijuma, koronarne i srednje trećine, dok u apeksnoj trećini nije bilo statistički značajnih razlika (tab. 55, p- vrednosti).

Na tabeli 56 prikazane su razlike vrednosti dimenzija prečnika MB2 kanala, izražene u milimetrima, pod uticajem tri navedene tehnike mašinske preparacije merene iz dva pravca i na četiri nivoa kanala.

Tabela 56 Vrednosti razlike dimenzija prečnika (mm) MB1 kanala u zavisnosti od tehnike mašinske preparacije na četiri nivoa i iz dva pravca merenja

| Tehnika | Lokalizacija | Mean | Std. Deviation | Median | Minimum | Maximum |
|---------|--------------|-------|----------------|--------|---------|---------|
| SAF | Umd | .0913 | .03523 | .1050 | .01 | .12 |
| | Ubp | .0850 | .01690 | .0800 | .06 | .11 |
| | Kmd | .0950 | .01354 | .0950 | .08 | .12 |
| | Kbp | .0940 | .02011 | .1000 | .07 | .12 |
| | Smd | .0390 | .01729 | .0400 | .02 | .07 |
| | Sbp | .0510 | .02331 | .0500 | .02 | .10 |
| | Amd | .0289 | .01537 | .0200 | .02 | .06 |
| | Abp | .0244 | .00527 | .0200 | .02 | .03 |
| RS | Umd | .4150 | .08583 | .4450 | .29 | .48 |
| | Ubp | .4550 | .09000 | .5000 | .32 | .50 |
| | Kmd | .3025 | .10595 | .2550 | .24 | .46 |
| | Kbp | .2950 | .08103 | .2750 | .22 | .41 |
| | Smd | .3100 | .07483 | .3000 | .23 | .41 |
| | Sbp | .2725 | .04193 | .2900 | .21 | .30 |
| | Amd | .0267 | .00577 | .0300 | .02 | .03 |
| | Abp | .0233 | .00577 | .0200 | .02 | .03 |
| WO | Umd | .3514 | .15497 | .4100 | .10 | .48 |
| | Ubp | .3643 | .14467 | .4300 | .14 | .48 |
| | Kmd | .1643 | .03645 | .1800 | .12 | .20 |
| | Kbp | .1586 | .04059 | .1800 | .09 | .20 |
| | Smd | .1157 | .04650 | .1400 | .04 | .15 |
| | Sbp | .1129 | .04461 | .1300 | .02 | .15 |
| | Amd | .0300 | .01000 | .0300 | .02 | .05 |
| | Abp | .0229 | .01380 | .0300 | .00 | .04 |

Na grafikonu 32 prikazana je distribucija vrednosti promene dimenzije prečnika MB2 kanala (mm) pod uticajem svake od tri testirane mašinske tehnika merene na četiri nivoa i iz dva pravca.



Grafikon 32 Distribucija vrednosti promene dimenzija prečnika MB2 kanala (mm) pod uticajem tri mašinske tehnike preparacije

Na Tabeli 57 dat je statistički test koji pokazuje nivo razlika između merenih parametara MB2 kanala.

Tabela 57 Vrednosti testa u cilju provere razlika dimenzija prečnika MB2 kanala

| | rMB2Umd | rMB2Ubp | rMB2Kmd | rMB2Kbp | rMB2Smd | rMB2Sbp | rMB2Amd | rMB2Abp |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Chi-Square | 11.023 | 14.369 | 16.728 | 14.740 | 14.760 | 13.276 | .952 | .099 |
| p vrednost | <.004 | <.001 | <0.001 | <.001 | <.001 | <.001 | .621 | .952 |

a. Kruskal Wallis Test

b. Grupišuća varijabla: Tehnika preparacije

Upoređivanjem vrednosti dimenzija MB2 kanala na četiri nivoa i iz dva pravca merenja, utvrđeno je postojanje statistički značajne razlike između ispitivanih parametara za tehnike preparacije na nivou orificijuma, koronarne i srednje trećine, dok u apeksnoj trećini nije bilo statistički značajnih razlika (tab.57, p-vrednosti).

5. 2. 3 Promene površine poprečnih preseka kanala korena zuba sa tri odvojena korena i Vertucci IV tipom MB kanala u zavisnosti od tehnike mašinske preparacije

5.2.3. A) Promene površine poprečnih preseka palatinalnog kanala

Tabela 46 prikazuje uporedno promene površine palatinalnog (P) kanala u mm² pre i posle preparacije sa pet mašinskih tehnika: Revo-S, WaveOne (WO), ProTaper Next (PN), Tilos i Self Adjusting File (SAF).

Tabela 46 Površina P kanala (mm²) pre i posle preparacije po tehnikama

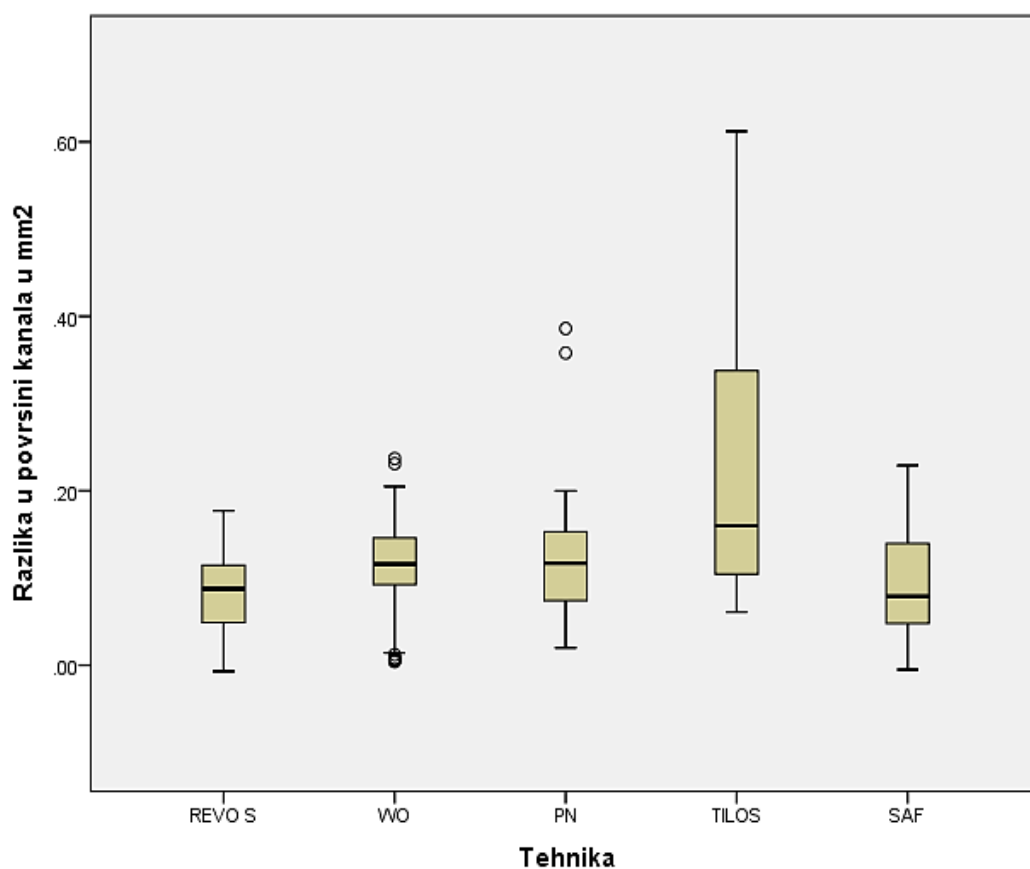
| Tehnika | | AS | SD | Median | Minim | Maxim |
|---------|---------------|---------|---------|---------|-------|-------|
| REVO S | P kanal pre | .57280 | .194547 | .61200 | .201 | .846 |
| | P kanal posle | .65441 | .216608 | .73900 | .249 | .959 |
| WO | P kanal pre | .66274 | .428311 | .61750 | .143 | 1.447 |
| | P kanal posle | .77637 | .409992 | .71450 | .235 | 1.520 |
| PN | P kanal pre | .34817 | .175249 | .31200 | .136 | .730 |
| | P kanal posle | .46897 | .202656 | .46400 | .167 | .820 |
| TILOS | P kanal pre | .41493 | .206404 | .39500 | .137 | .834 |
| | P kanal posle | .63240 | .317261 | .58000 | .240 | 1.181 |
| SAF | P kanal pre | 1.19609 | .545757 | 1.29900 | .305 | 2.217 |
| | P kanal posle | 1.28958 | .554773 | 1.43800 | .354 | 2.363 |

Statistička analiza parova je pokazala visoku značajnost razlika između vrednosti površine poprečnih preseka palatinalnog kanala pre i posle preparacije ($p < 0,001$).

Na tabeli 47 su prikazane vrednosti razlika površine P kanala, izražene u mm², nastale posle preparacije mašinskim tehnikama, a na grafikonu je 34 prikazana distribucije tih razlika.

Tabela 47 Razlike površina P kanala (mm^2) u zavisnosti od tehnike preparacije

| Tehnika | AS | SD | Median | Minim | Maxim |
|---------|-------|--------|--------|-------|-------|
| REVO S | .0816 | .04706 | .0875 | -.01 | .18 |
| WO | .1136 | .05402 | .1160 | .00 | .24 |
| PN | .1208 | .06560 | .1170 | .02 | .39 |
| TILOS | .2175 | .12910 | .1600 | .06 | .61 |
| SAF | .0935 | .05192 | .0790 | -.01 | .23 |



Grafikon 34 Distribucija razlika površine P kanala u zavisnosti od mašinske tehnike

Naredne tabele i grafikoni prikazuju promene koje su se dešavale pod uticajem pet mašinskih tehnika preparacije i to: a) preko vrednosti površine P korena (mm^2), b) razlike površina P kanala pre i posle instrumentacije (mm^2) i c) gubitka tkiva P korena, izraženog kroz razliku udela površine P kanala u ukupnoj površini P korena pre

i posle preparacije (%). Svi parametri su određeni na tri nivoa merenja: koronarna, srednja i apeksna trećina.

Tabela 48 Vrednosti parametara promene površine P kanala i gubitak tkiva P korena u zavisnosti od tehnika mašinske preparacije na nivou koronarne trećine

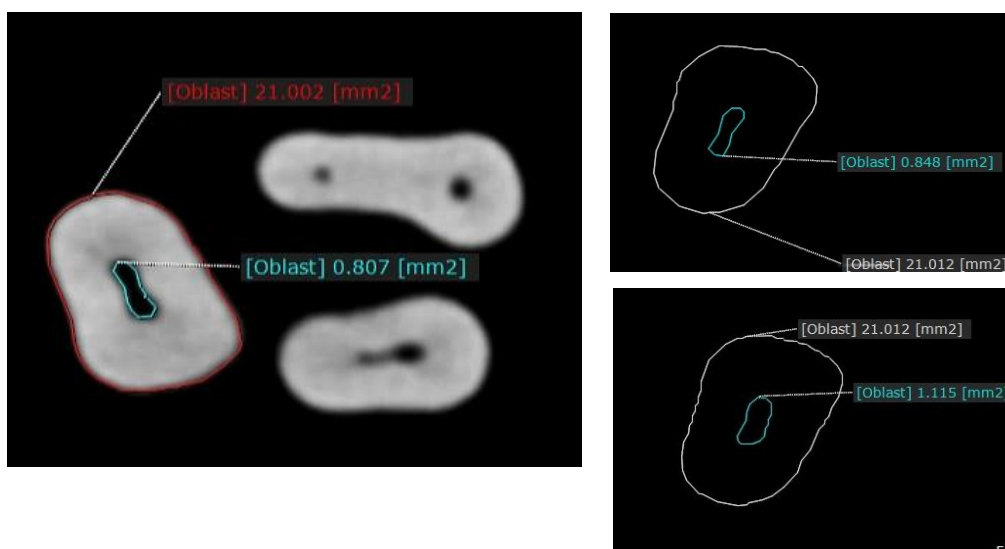
| Koronarna trećina | Tehnika | AS | SD | Median | Minim | Maxim |
|--|---------|----------|----------|----------|--------|--------|
| Površina korena (mm ²) | REVO S | 19.71461 | 1.703260 | 19.58000 | 17.303 | 22.797 |
| | WO | 19.12035 | 1.810522 | 19.16900 | 16.146 | 21.690 |
| | PN | 21.77882 | 1.758728 | 21.97650 | 18.703 | 24.258 |
| | TILOS | 18.65196 | 1.793118 | 18.59500 | 15.865 | 21.808 |
| | SAF | 22.10920 | 1.207127 | 22.02700 | 20.270 | 24.723 |
| Razlika površine kanala pre i posle preparacije (mm ²) | REVO S | .0789 | .03734 | .0790 | .00 | .16 |
| | WO | .0614 | .05288 | .0530 | .00 | .17 |
| | PN | .1313 | .03460 | .1305 | .06 | .20 |
| | TILOS | .3674 | .03887 | .3675 | .31 | .44 |
| | SAF | .0716 | .04853 | .0600 | -.01 | .17 |
| Razlika udela od ukupne površine pre i posle preparacije(%) | REVO S | .00397 | .001851 | .00364 | .000 | .008 |
| | WO | .00345 | .003212 | .00266 | .000 | .010 |
| | PN | .00611 | .001821 | .00596 | .003 | .010 |
| | TILOS | .01990 | .002949 | .02070 | .015 | .024 |
| | SAF | .00317 | .002008 | .00279 | .000 | .007 |

Statistička analiza je pokazala visoko značajne razlike između merenih parametara za P kanal na nivou njegove koronarne trećine ($p < 0,001$).

Tabela 49 Vrednosti parameta promene površine P kanala i gubitak tkiva P korena u zavisnosti od pet tehnika mašinske preparacije na nivou srednje trećine

| Srednja trećina | Tehnika | AS | SD | Median | Minim | Maxim |
|--|---------|----------|----------|----------|--------|--------|
| Površina korena (mm ²) | REVO S | 15.18123 | 1.032413 | 15.06000 | 13.688 | 17.161 |
| | WO | 13.35113 | 1.422094 | 13.22700 | 11.218 | 15.843 |
| | PN | 14.50177 | 1.750398 | 14.31850 | 11.961 | 17.605 |
| | TILOS | 13.33607 | 1.413260 | 13.25050 | 11.024 | 15.695 |
| | SAF | 19.28242 | .358539 | 19.24400 | 18.654 | 20.121 |
| Razlika površine kanala pre i posle preparacije (mm ²) | REVO S | .1169 | .02934 | .1200 | .06 | .18 |
| | WO | .1567 | .04484 | .1540 | .09 | .24 |
| | PN | .1641 | .07260 | .1510 | .09 | .39 |
| | TILOS | .1793 | .07385 | .1670 | .08 | .33 |
| | SAF | .1363 | .03799 | .1390 | .06 | .23 |
| Razlika udela od ukupne površine pre i posle preparacije(%) | REVO S | .00780 | .002239 | .00786 | .004 | .012 |
| | WO | .01158 | .002478 | .01164 | .008 | .017 |
| | PN | .01114 | .003793 | .01015 | .007 | .022 |
| | TILOS | .01305 | .004024 | .01250 | .007 | .021 |
| | SAF | .00709 | .002021 | .00733 | .003 | .012 |

Statistička analiza je pokazala visoko značajne razlike između merenih parametara za P kanal na nivou njegove srednje trećine ($p < 0,001$).



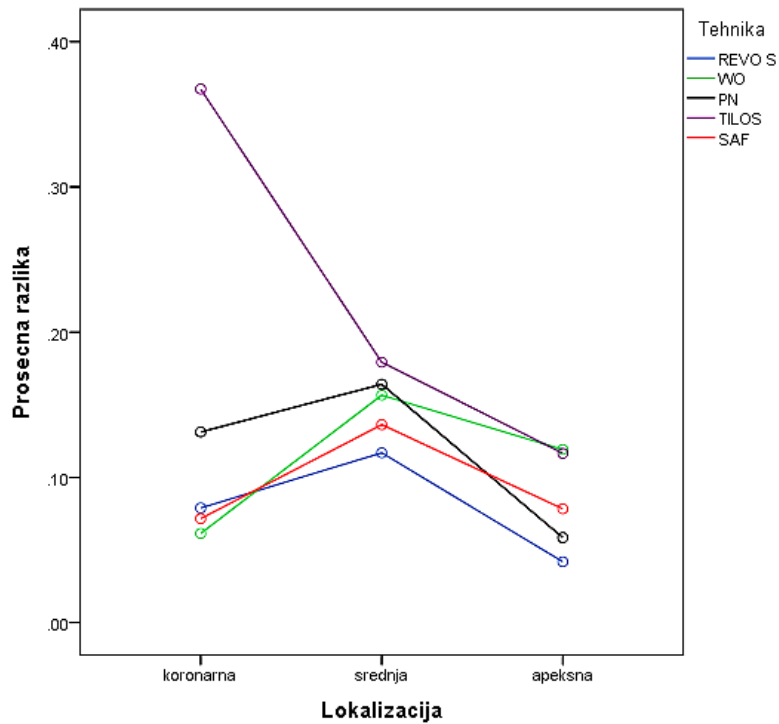
Slika 48 Površina P korena i kanala pre i posle preparacije

Tabela 50 Vrednosti parametara promene površine P kanala i gubitak tkiva P korena u zavisnosti od pet tehnika mašinske preparacije na nivou apeksne trećine

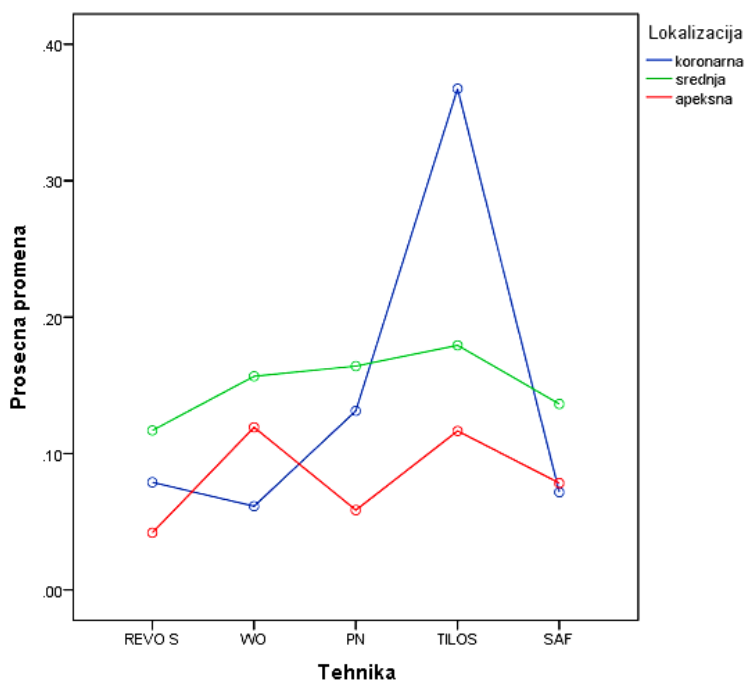
| Apeksna trećina | Tehnika | AS | SD | Median | Minimum | Maximum |
|--|---------|----------|----------|----------|---------|---------|
| Površina korena (mm ²) | REVO S | 11.77808 | 1.185110 | 11.78100 | 9.622 | 13.548 |
| | WO | 8.88503 | 1.178821 | 8.87300 | 7.048 | 11.115 |
| | PN | 10.10032 | 1.020522 | 10.09800 | 8.438 | 11.717 |
| | TILOS | 7.54903 | 2.088240 | 7.67800 | 4.122 | 10.840 |
| | SAF | 14.33497 | 3.730565 | 15.15600 | 7.643 | 21.143 |
| Razlika površine kanala pre i posle preparacije (mm ²) | REVO S | .0419 | .03934 | .0260 | -.01 | .13 |
| | WO | .1192 | .02845 | .1220 | .04 | .17 |
| | PN | .0585 | .02758 | .0480 | .02 | .11 |
| | TILOS | .1165 | .09299 | .1030 | .06 | .61 |
| | SAF | .0783 | .04391 | .0620 | .03 | .19 |
| Razlika udela od ukupne površine pre i posle preparacije(%) | REVO S | .00340 | .003038 | .00225 | -.001 | .010 |
| | WO | .01350 | .002985 | .01335 | .004 | .019 |
| | PN | .00564 | .002155 | .00528 | .002 | .009 |
| | TILOS | .01772 | .019396 | .01234 | .007 | .118 |
| | SAF | .00543 | .002245 | .00563 | .002 | .010 |

Statistička analiza je pokazala visoko značajne razlike između merenih parametara za P kanal na nivou njegove apeksne trećine ($p < 0,001$).

Na osnovu tabelarno prikazanih vrednosti ključnih parametara koji definišu promene površine poprečnih preseka po trećinama P kanala i gubitka tkiva P korena pod uticajem mašinskih tehnika preparacije (tab. 48, 49 i 50) dati su i grafički prikazi na grafikonima 35 i 36.



Grafikon 35 Razlika površine P kanala kanala po trećinama u zavisnosti od mašinske tehnike preparacije



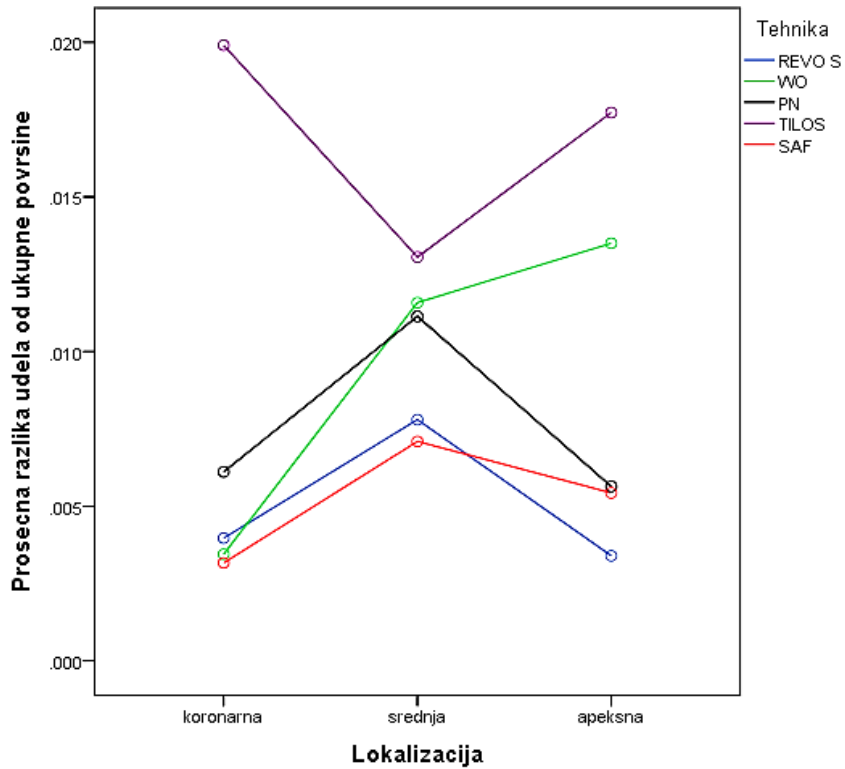
Grafikon 36 Prosečne vrednosti promene površine P kanala posle mašinskih tehnika preparacije po trećinama

Sa grafikona 35 i 36 uočava se da su svi sistemi za mašinsko širenje povećavali površinu poprečnog preseka P kanala značajno više u njegovoj srednjoj (zeleno linija na graf. 36) nego u apeksnoj trećini (crvena linija). Izuzetak je Tilos sistem, koji je mnogostruko više povećao površinu P kanala u njegovoj koronarnoj nego u srednjoj i apeksnoj, sa visokom statističkom značajnošću razlika u poređenju sa ostala četiri sistema (graf. 35).

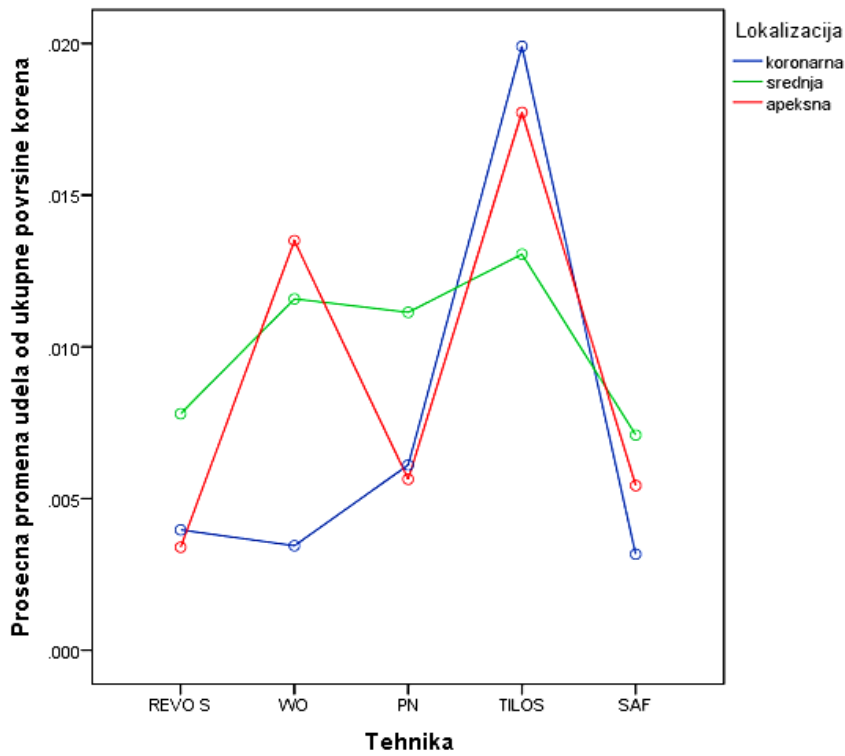
Tabela 51 Objedinjeni prikaz udela površine P kanala u površini P korena pre i posle preparacije (%) sa pet mašinskih sistema i razlike udela (%) za ceo P kanal

| Svi preseci | Tehnika | AS | SD | Median | Minim | Maxim |
|---|---------|-------|--------|--------|-------|-------|
| Udeo površine kanala u površini korena posle preparacije(%) | REVO S | 4.155 | .8328 | 4.223 | 2.4 | 5.2 |
| | WO | 5.608 | 1.3920 | 6.047 | 3.1 | 7.4 |
| | PN | 2.873 | .5093 | 2.991 | 1.8 | 4.7 |
| | TILOS | 4.773 | 1.4063 | 4.746 | 3.2 | 1.51 |
| Udeo površine kanala u površini korena pre preparacije(%) | SAF | 6.664 | 1.8213 | 7.411 | 2.4 | 9.6 |
| | REVO S | 3.628 | .6875 | 3.707 | 2.1 | 4.8 |
| | WO | 4.586 | 1.7198 | 5.106 | 1.9 | 6.8 |
| | PN | 2.101 | .4346 | 2.172 | .8 | 3.1 |
| Razlika udela(%) | TILOS | 3.080 | .4521 | 3.194 | 2.1 | 4.0 |
| | SAF | 6.147 | 1.8610 | 6.694 | 2.1 | 9.0 |
| | REVO S | .527 | .3152 | .517 | -.1 | 1.2 |
| | WO | 1.022 | .5146 | 1.145 | .0 | 1.9 |
| | PN | .772 | .3707 | .707 | .2 | 2.2 |
| | TILOS | 1.692 | 1.2126 | 1.509 | .7 | 1.18 |
| | SAF | .516 | .2617 | .557 | .0 | 1.2 |

Na osnovu prikazanih vrednosti u prethodnim tabelama dati su i grafički prikazi o udelu površine P kanala i razlikama tog udela od ukupne površine P korena u % po trećinama i prema tehnikama mašinske preparacije na grafikonima 37 i 38.



Grafikon 37 Razlika udela površine P kanala od ukupne površine P korena (%)



Grafikon 38 Promene udela površine P kanala od ukupne površine P korena (%)

Sa grafikona 37 se uočava da su razlike udela površine P kanala od ukupne površine P korena pre i posle preparacije, što definiše gubitak korenskog dentina usled mašinske preparacije, za sisteme sa punom rotacijom (Revo-S, ProTaper Next) i SAF sistem bile značajno veće u srednjoj nego u koronarnoj i apeksnoj trećini. Oba grafikona pokazuju da je Tilos sistem (ljubičasta linija na graf. 37) doveo do najvećih razlika u površini poprečnih preseka pre i posle preparacije u sve tri trećine, pogotovu u koronarnoj i apeksnoj (plava i crvena linija na graf. 38). WaveOne je, kao drugi sistem sa recipročnom rotacijom, u srednjoj, a pogotovu u apeksnoj trećini (zeleno linija na graf. 37; crvena i zelena linija na graf. 38) doveo da statistički značajno većih razlika u povećanju udela površine P kanala u P korenu posle preparacije nego Revo-S, ProTaper Next i SAF sistem (graf. 38).

Statističkom analizom, koja je obuhvatila sve parametre i objedinjen uticaj svih pet mašinskih tehnika, utvrđeno je da je posle preparacije P kanala izgubljeno 0,93 % od ukupne mase dentina P korena.

Multifaktorskim ANOVA testom (Generalizovani linearni model), utvrđeno je da je postojao statistički značajan uticaj tehnike mašinske preparacije na promenu površine palatinalnog kanala, a da je uticaj lokalizacije bio mnogo manji. Između ove dve varijable postoji interakcija: u različitim lokalizacijama (krunična, srednja i apeksna trećina) različite tehnike dovodile su do različitih promena.

Dvofaktorskom ANOVA testom je utvrđeno da je na promenu površine palatinalnog kanala tehnika imala veću ulogu u poređenju s lokalizacijom. Međutim, i u ovom slučaju postoji interakcija tehnike i lokalizacije, a takođe da je ta interakcija podjednako bitna kao i primenjena mašinska tehnika preparacije P kanala.

Kada je u pitanju udeo površine kanala od ukupne površine korena, uticaj tehnike je bio daleko veći, dok je uticaj lokalizacije bio zanemarljiv. Međutim, postoji statistički značajna interakcija između ove dve varijable. Na osnovu svega navedenog, tehnika mašinske preparacije predstavljala je najbitniji faktor promene površine palatinalnog kanala, ali u različim lokalizacijama postojale su varijacije uticaja tih tehnika.

5.2.3. B) Promene površine poprečnih preseka disto-bukalnog kanala u zavisnosti od tehnike mašinske preparacije

Tabela 52 prikazuje uporedno promene površine disto-bukalnih (DB) kanala pre i posle preparacije sa pet mašinskih tehnika: Revo-S, WaveOne (WO), ProTaper Next (PN), Tilos i Self Adjusting File (SAF).

Tabela 52 Površina DB kanala (mm²) pre i posle preparacije po tehnikama

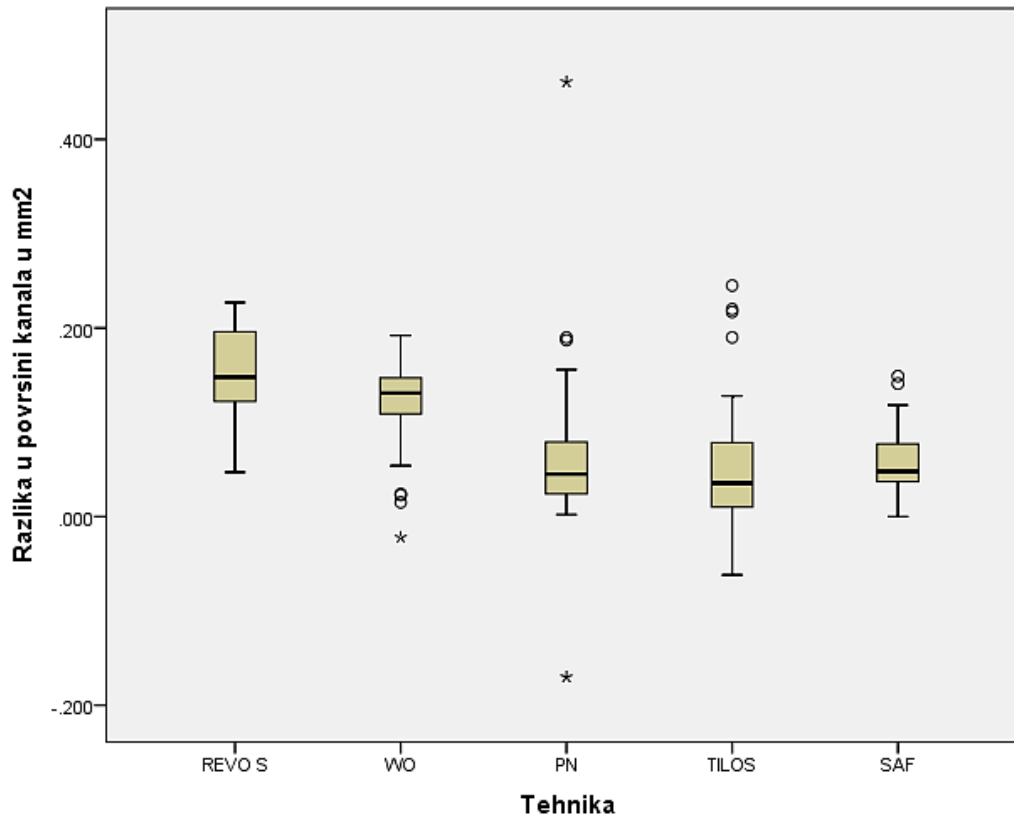
| Tehnika | | AS | SD | Median | Minim | Maxim |
|---------|--------------|--------|---------|--------|-------|-------|
| REVO S | DBKanalposle | .35331 | .078015 | .33650 | .240 | .545 |
| | DBKanalpre | .20262 | .084308 | .16700 | .109 | .367 |
| WO | DBKanalposle | .58010 | .197909 | .59400 | .243 | .838 |
| | DBKanalpre | .46073 | .170420 | .46900 | .167 | .704 |
| PN | DBKanalposle | .44053 | .202975 | .50650 | .136 | .870 |
| | DBKanalpre | .38227 | .182250 | .41550 | .124 | .789 |
| TILOS | DBKanalposle | .31812 | .152108 | .29950 | .141 | .623 |
| | DBKanalpre | .26733 | .119079 | .25100 | .116 | .512 |
| SAF | DBKanalposle | .68907 | .326881 | .62300 | .184 | 1.159 |
| | DBKanalpre | .63135 | .304421 | .57600 | .142 | 1.068 |

Statistička analiza parova je pokazala visoku značajnost razlika između vrednosti površine poprečnih preseka DB kanala pre i posle preparacije ($p < 0,001$).

Na tabeli 53 su prikazane vrednosti razlika površine DB kanala nastale posle preparacije mašinskim tehnikama, a na grafikonu 34 distribucija tih razlika.

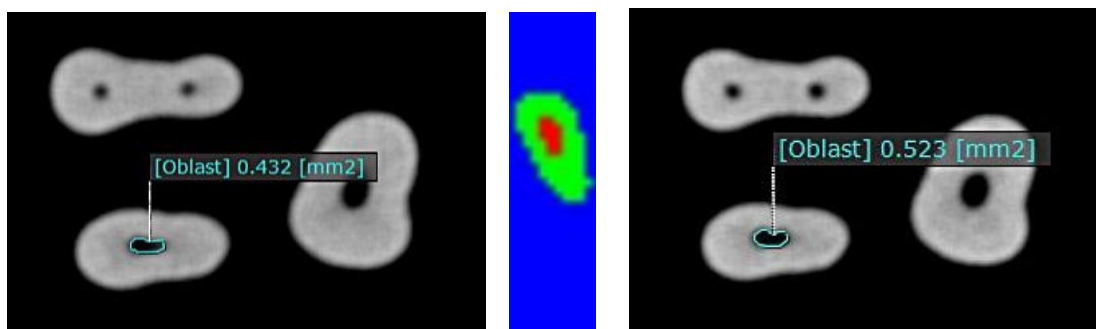
Tabela 53 Razlike površina P kanala (mm²) u zavisnosti od tehnike preparacije

| Tehnika | AS | SD | Median | Minim | Maxim |
|---------|--------|---------|--------|-------|-------|
| REVO S | .15069 | .041443 | .14800 | .047 | .227 |
| WO | .11937 | .049818 | .13100 | -.022 | .192 |
| PN | .05826 | .070017 | .04500 | -.170 | .461 |
| TILOS | .05079 | .062150 | .03550 | -.062 | .245 |
| SAF | .05772 | .032830 | .04800 | .000 | .149 |



Grafikon 39 Distribucija razlika površine DB kanala u zavisnosti od mašinske tehnike

Na sledećim tabelama i grafikonima prikazane su promene koje se dešavaju pod uticajem pet mašinskih tehnika preparacije i to: a) preko vrednosti površine DB korena (mm^2), b) razlike površina DB kanala pre i posle instrumentacije (mm^2) i c) gubitka tkiva DB korena, izraženog kroz razliku udela površine DB kanala u ukupnoj površini DB korena pre i posle preparacije (%). Svi parametri su određeni na tri nivoa merenja: koronarna, srednja i apeksna trećina.



Slika 49 Površina DB kanala pre i posle preparacije

Tabela 54 Vrednosti parametara promene površine DB kanala i gubitak tkiva DB korena u zavisnosti od tehnika mašinske preparacije na nivou koronarne trećine

| Koronarna trećina | Tehnika | AS | SD | Median | Min | Max |
|--|---------|----------|----------|----------|--------|--------|
| Površina korena (mm ²) | REVO S | 12.90193 | .953733 | 12.81900 | 11.516 | 14.485 |
| | WO | 13.33771 | 1.075890 | 13.29950 | 11.707 | 15.004 |
| | PN | 13.15958 | 1.192823 | 12.99250 | 11.640 | 15.643 |
| | TILOS | 10.73750 | 2.510299 | 11.23450 | 1.260 | 12.639 |
| | SAF | 16.41261 | 1.383305 | 16.39500 | 14.480 | 18.828 |
| Razlika površine kanala pre i posle preparacije (mm ²) | REVO S | .13143 | .041445 | .13250 | .047 | .223 |
| | WO | .14293 | .026007 | .14300 | .093 | .192 |
| | PN | .07929 | .071521 | .08650 | -.170 | .190 |
| | TILOS | .10578 | .071103 | .09450 | .005 | .245 |
| | SAF | .08891 | .029554 | .08700 | .040 | .149 |
| Razlika udela od ukupne površine pre i posle preparacije(%) | REVO S | 1.016 | .2906 | 1.019 | .4 | 1.6 |
| | WO | 1.073 | .1834 | 1.082 | .7 | 1.3 |
| | PN | .580 | .5008 | .649 | -1.3 | 1.3 |
| | TILOS | 1.088 | .7927 | .823 | .0 | 2.9 |
| | SAF | .549 | .2071 | .568 | .3 | 1.0 |

Statistička analiza je pokazala visoko značajne razlike između merenih parametara za DB kanal na nivou njegove koronarne trećine ($p < 0,001$).

Tabela 55 Vrednosti parametara promene površine DB kanala i gubitak tkiva DB korena u zavisnosti od tehnika mašinske preparacije na nivou srednje trećine

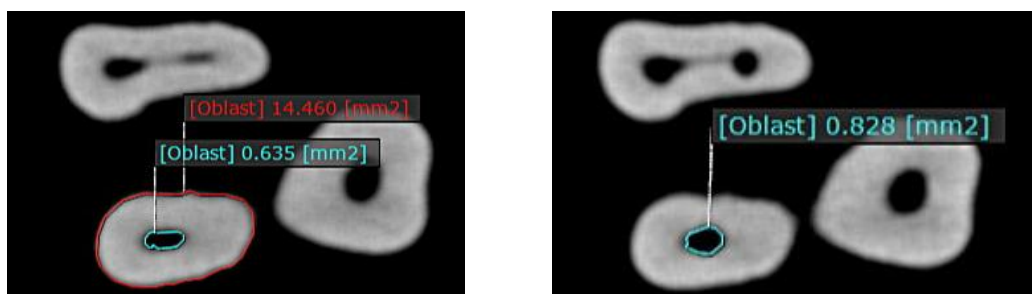
| Srednja trećina | Tehnika | AS | SD | Median | Min | Max |
|--|---------|----------|----------|----------|--------|--------|
| Površina korena (mm ²) | REVO S | 9.89557 | 1.011043 | 9.99700 | 8.339 | 11.372 |
| | WO | 10.16393 | .811735 | 10.08950 | 9.030 | 11.510 |
| | PN | 11.28683 | .406992 | 11.47150 | 10.215 | 11.662 |
| | TILOS | 8.25676 | .843766 | 8.14600 | 7.188 | 9.725 |
| | SAF | 14.47435 | .264196 | 14.48800 | 13.660 | 14.816 |
| Razlika površine kanala pre i posle preparacije (mm ²) | REVO S | .17757 | .032519 | .17950 | .104 | .227 |
| | WO | .14621 | .024429 | .14250 | .109 | .188 |
| | PN | .07425 | .084881 | .05700 | .015 | .461 |
| | TILOS | .01741 | .032987 | .01900 | -.062 | .069 |
| | SAF | .05030 | .022315 | .04300 | .008 | .090 |
| Razlika udela od ukupne površine pre i posle preparacije(%) | REVO S | 1.824 | .4400 | 1.779 | 1.0 | 2.7 |
| | WO | 1.436 | .1846 | 1.517 | 1.0 | 1.6 |
| | PN | .653 | .7286 | .496 | .1 | 4.0 |
| | TILOS | .229 | .4051 | .221 | -.7 | .9 |
| | SAF | .348 | .1555 | .309 | .1 | .6 |

Statistička analiza je pokazala visoko značajne razlike između merenih parametara za DB kanal na nivou njegove srednje trećine ($p < 0,001$).

Tabela 56 Vrednosti parametara promene površine DB kanala i gubitak tkiva DB korena u zavisnosti od tehnika mašinske preparacije na nivou apeksne trećine

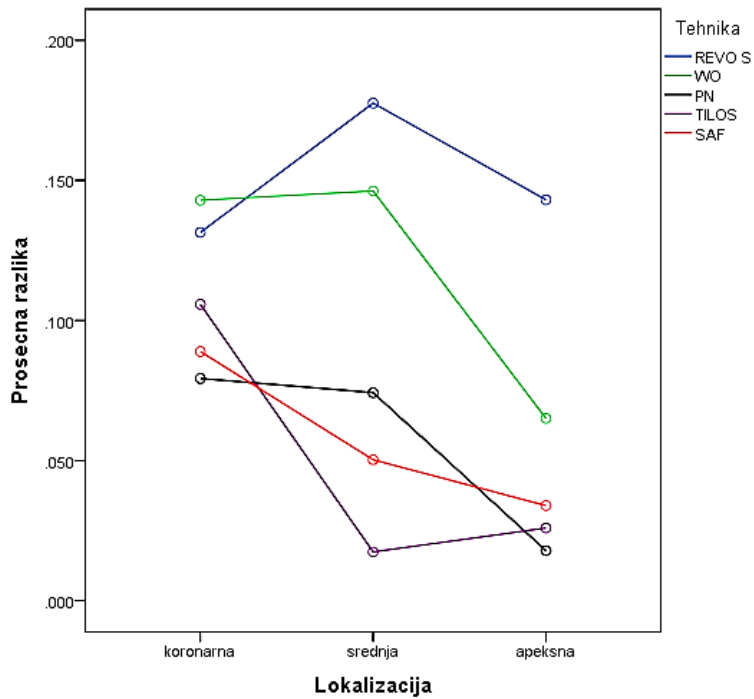
| Apeksna trećina | Tehnika | AS | SD | Median | Min | Max |
|--|---------|----------|----------|----------|-------|--------|
| Površina korena (mm ²) | REVO S | 6.96257 | .681464 | 6.93350 | 5.957 | 8.085 |
| | WO | 7.68038 | .775362 | 7.52100 | 6.555 | 8.897 |
| | PN | 7.36795 | 1.547471 | 7.22800 | 5.045 | 9.989 |
| | TILOS | 6.67559 | .346973 | 6.76600 | 5.984 | 7.168 |
| | SAF | 10.79265 | 1.639130 | 10.77100 | 8.262 | 13.414 |
| Razlika površine kanala pre i posle preparacije (mm ²) | REVO S | .14307 | .037434 | .13850 | .083 | .209 |
| | WO | .06508 | .047029 | .06100 | -.022 | .130 |
| | PN | .01786 | .010348 | .01700 | .002 | .039 |
| | TILOS | .02594 | .024720 | .02200 | -.011 | .085 |
| | SAF | .03396 | .017172 | .03500 | .00 | .060 |
| Razlika udela od ukupne površine pre i posle preparacije(%) | REVO S | 2.033 | .3802 | 1.972 | 1.4 | 2.7 |
| | WO | .878 | .6549 | .818 | -.3 | 1.7 |
| | PN | .231 | .1145 | .239 | .00 | .5 |
| | TILOS | .383 | .3570 | .324 | -.2 | 1.2 |
| | SAF | .310 | .1561 | .338 | .00 | .7 |

Statistička analiza je pokazala visoko značajne razlike između merenih parametara za DB kanal na nivou njegove apeksne trećine ($p < 0,001$).

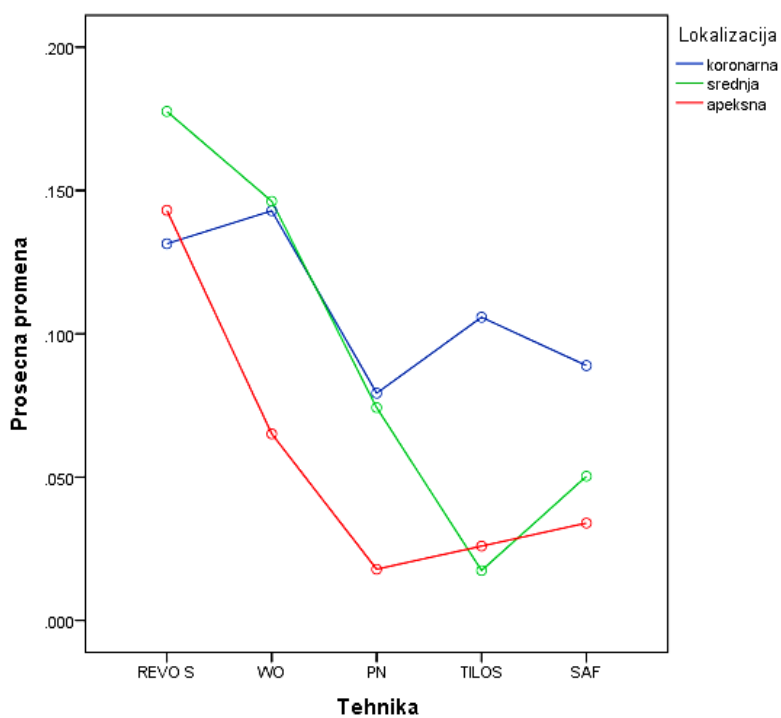


Slika 50 Površina DB korena i DB kanala pre i posle instrumentacije

Na osnovu prikazanih vrednosti ključnih parametara, koji definišu promene površine poprečnih preseka po trećinama DB kanala i gubitka tkiva DB korena pod uticajem mašinskih tehnika preparacije (tab. 54, 55 i 56) dati su i grafički prikazi na grafikonima 40 i 41



Grafikon 40 Razlika površine DB kanala po trećinama u zavisnosti od mašinske tehnike preparacije



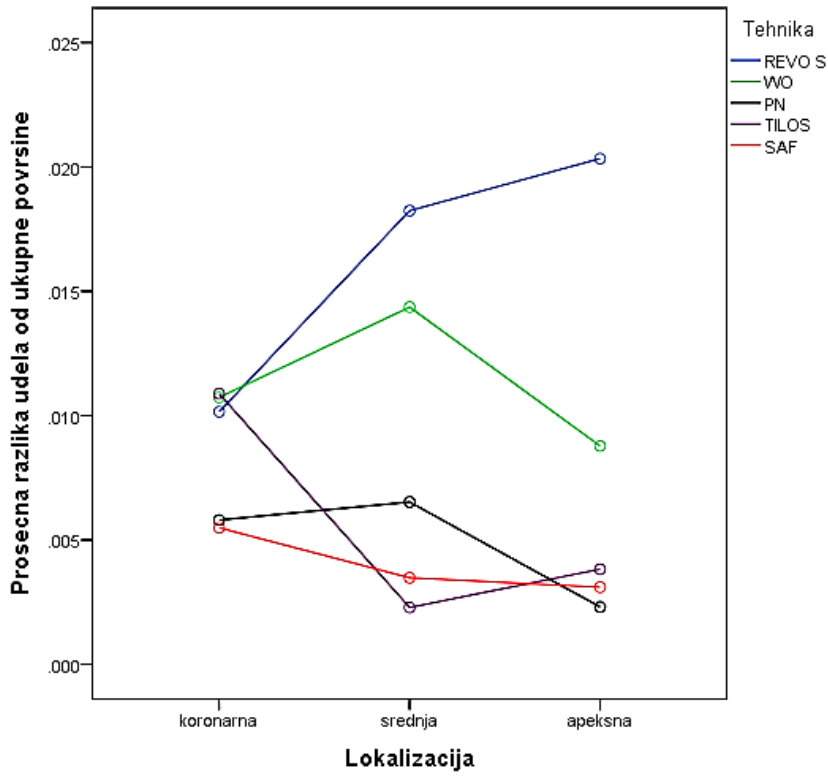
Grafikon 41 Promena površine DB kanala pod uticajem mašinskih tehnika preparacije po trećinama

Sa grafikona 40 i 41 uočava se da su svi sistemi za mašinsko širenje povećavali površinu poprečnog preseka DB kanala statistički značajno više u njegovoj koronarnoj (plava linija na graf. 40) nego u apeksnoj trećini (crvena linija na graf 41). Površine poprečnih preseka DB kanala na svim nivoima merenja najviše su povećavali Revo-S i WaveOne sistemi (graf. 40 – plava i zelena linija), dok je ProTaper Next (crna linija na graf. 41) u najmanjem procentu povećavao površinu DB kanala u njegovoj apeksnoj i koronarnoj trećini (crvena i plava linija na graf. 41).

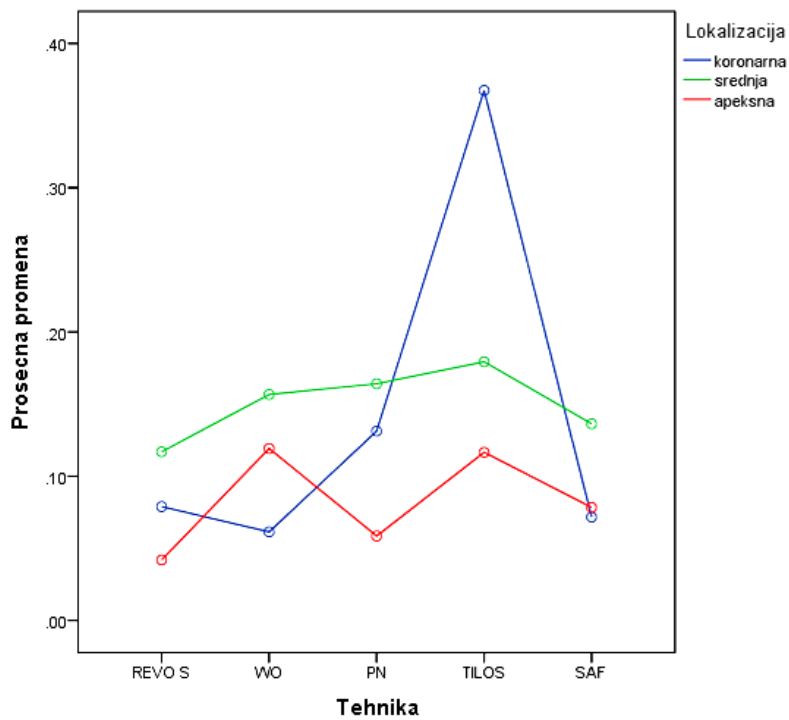
Tabela 57 Objedinjeni prikaz udela površine DB kanala u površini DB korena pre i posle preparacije (%) sa pet mašinskih sistema i razlike tog udela (%) za ceo kanal

| UDEO SVI | Tehnika | AS | SD | Median | Min | Max |
|---|---------|-------|---------|--------|------|------|
| Udeo površine kanala u površini korena posle preparacije(%) | REVO S | 3.619 | .3331 | 3.534 | .029 | .043 |
| | WO | 5.404 | .8076 | 5.522 | .036 | .066 |
| | PN | 3.946 | 1.2728 | 3.870 | .023 | .075 |
| | TILOS | 4.036 | 4.4666 | 3.250 | .022 | .350 |
| | SAF | 4.700 | 1.6462 | 4.254 | .021 | .072 |
| Udeo površine kanala u površini korena pre preparacije(%) | REVO S | 1.994 | .4063 | 1.865 | 1.4 | 2.8 |
| | WO | 4.269 | .8255 | 4.431 | 2.5 | 5.6 |
| | PN | 3.451 | 1.2053 | 3.057 | 2.0 | 6.0 |
| | TILOS | 3.460 | .040998 | 2.851 | 1.8 | 3.21 |
| | SAF | 4.298 | .015442 | 3.933 | 1.6 | 6.6 |
| Razlika udela(%) | REVO S | 1.624 | .5754 | 1.656 | .4 | 2.7 |
| | WO | 1.135 | .4530 | 1.190 | -.3 | 1.7 |
| | PN | .495 | .5458 | .415 | -.3 | 4.0 |
| | TILOS | .577 | .6680 | .479 | -.7 | 2.9 |
| | SAF | .402 | .2018 | .373 | .00 | 1.0 |

Na osnovu prikazanih vrednosti po trećinama u prethodnim tabelama dati su i grafički prikazi o udelu površine DB kanala i razlikama tog udela od ukupne površine DB korena u % po trećinama i u zavisnosti od tehnika mašinske preparacije na grafikonima 42 i 43.



Grafikon 42 Razlika udela površine DB kanala od ukupne površine DB korena (%)



Grafikon 43 Promene udela površine DB kanala od ukupne površine DB korena (%)

Sa grafikona 42 se uočava da su razlike udela površine DB kanala od ukupne površine DB korena pre i posle preparacije, što definiše gubitak korenskog dentina usled mašinske preparacije, za sisteme Revo-S i WaveOne (WO) (plava i zelena linija na graf. 42) bile veće na sva tri nivoa merenja, pogotovu u koronarnoj i apeksnoj trećini, sa visokom statističkom značajnošću razlika u poređenju sa ostala tri mašinska sistema. U apeksnoj trećini (crvena linija na graf. 43) ProTaper Next (PN) je najmanje uklanjao dentin sa zidova DB kanala, a u neznatno većem procentu SAF i Tilos (graf. 42 i crvena linija na graf. 43).

Statističkom analizom, koja je obuhvatila sve parametre i objedinjen uticaj svih pet mašinskih tehnika, utvrđeno je da je posle preparacije DB kanala izgubljeno 0,86 % od ukupne mase dentina DB korena.

Multifaktorskim ANOVA testom (Generalizovani linearni model) utvrđeno je da je postojao statistički značajan uticaj tehnike mašinske preparacije na promenu površine DB kanala, a da je uticaj lokalizacije bio mnogo manji. Između ove dve varijable postoji interakcija: u različitim lokalizacijama (krunična, srednja i apeksna trećina) različite tehnike dovode do različitih promena.

Dvofaktorskom ANOVA testom je utvrđeno da je na promenu površine DB kanala tehnika imala veću ulogu u poređenju s lokalizacijom. Međutim, i u ovom slučaju postoji interakcija tehnike i lokalizacije, kao i da je ta interakcija podjednako bitna kao i primenjena mašinska tehnika preparacije DB kanala.

Kada je u pitanju udeo površine DB kanala od ukupne površine DB korena, uticaj tehnike je bio daleko veći, dok je uticaj lokalizacije bio zanemarljiv. Međutim, postoji statistički značajna interakcija između ove dve varijable. Na osnovu svega navedenog, tehnika mašinske preparacije je predstavljala najbitniji faktor promene površine disto-bukalnog kanala, ali u različim lokalizacijama postojale su varijacije uticaja tih tehnika.

**5.2.3. C) Promene površine poprečnih preseka mezio-bukalnih kanala
u zavisnosti od mašinske tehnike preparacije**

Tabela 58 prikazuje uporedno promene površine (mm²) mezio-bukalnih kanala (MB1 i MB2) pre i posle preparacije sa pet mašinskih tehnika: Revo-S, WaveOne (WO), ProTaper Next (PN), Tilos i Self Adjusting File (SAF).

Tabela 58 Promene površina MB kanala (%) pre i posle preparacije u zavisnosti od tehnike mašinske preparacije

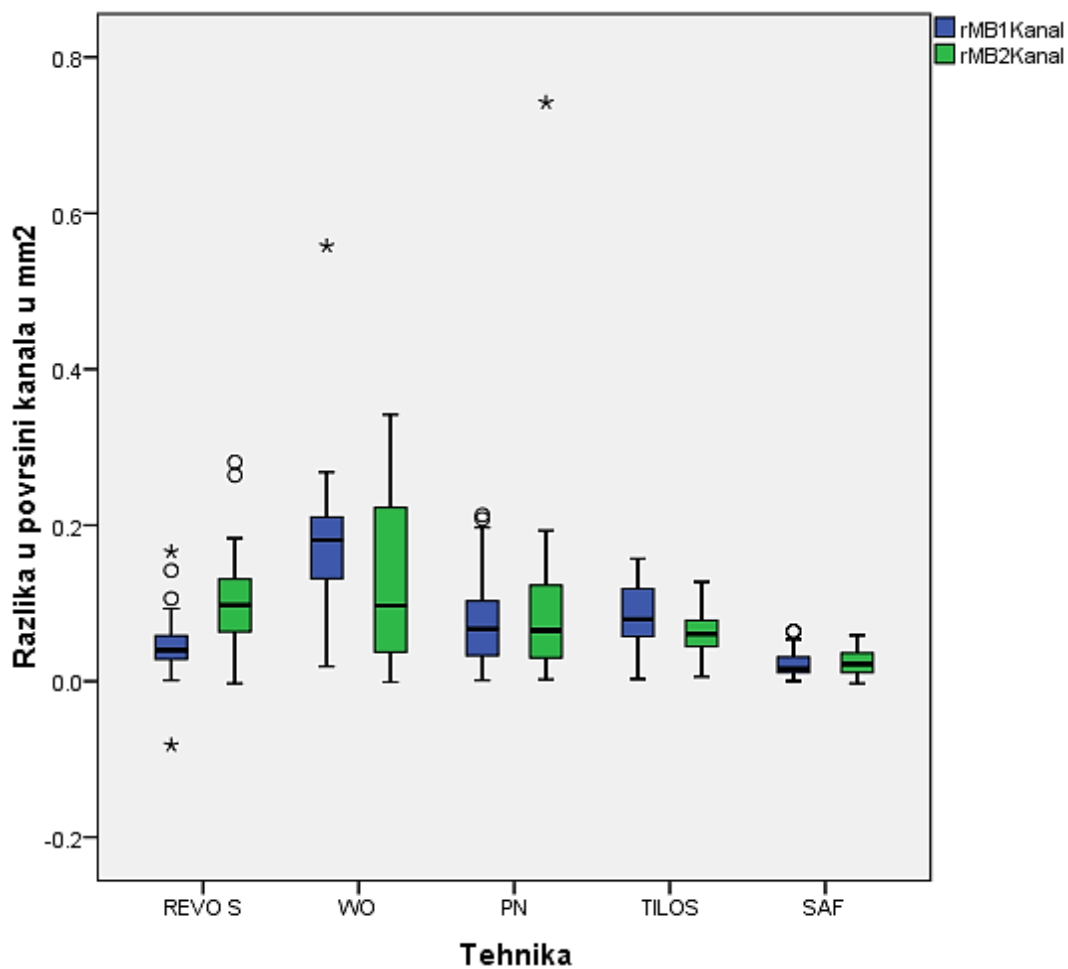
| Tehnika | | Mean | Std. Deviation | Median | Minimum | Maximum |
|---------|-----------|--------|----------------|--------|---------|---------|
| REVO S | MB1 pre | .28475 | .129377 | .27150 | .112 | .661 |
| | MB1 posle | .32956 | .129548 | .29500 | .168 | .711 |
| | MB2 pre | .17178 | .032915 | .16450 | .107 | .244 |
| | MB2 posle | .27411 | .080474 | .25450 | .156 | .445 |
| WO | MB1 pre | .24439 | .099242 | .23000 | .115 | .408 |
| | MB1 posle | .41566 | .163941 | .42900 | .168 | .940 |
| | MB2 pre | .14332 | .018710 | .14400 | .102 | .196 |
| | MB2 posle | .27436 | .115001 | .25300 | .127 | .495 |
| PN | MB1pre | .17888 | .028644 | .17200 | .144 | .301 |
| | MB1posle | .25514 | .076126 | .23100 | .153 | .402 |
| | MB2pre | .16318 | .024198 | .16200 | .124 | .241 |
| | MB2posle | .24886 | .123709 | .20800 | .157 | .983 |
| TILOS | MB1pre | .15449 | .022410 | .14900 | .119 | .210 |
| | MB1posle | .23271 | .057043 | .21800 | .160 | .328 |
| | MB2pre | .10710 | .029794 | .11450 | .055 | .156 |
| | MB2posle | .16915 | .033211 | .15700 | .133 | .260 |
| SAF | MB1pre | .14264 | .011964 | .14300 | .109 | .161 |
| | MB1posle | .16440 | .014383 | .16150 | .137 | .204 |
| | MB2pre | .14433 | .018540 | .14500 | .095 | .185 |
| | MB2posle | .16949 | .018890 | .16900 | .132 | .207 |

Statistička analiza parova je pokazala visoku značajnost razlika između vrednosti površina poprečnih preseka oba MB kanala pre i posle preparacije ($p < 0,001$).

Na tabeli 59 su prikazane srednje vrednosti razlika površina MB kanala, nastale posle preparacije mašinskim tehnikama, sa rezultatima statističke provere t-testom (t) i nivoom pouzdanosti (p), a na grafikonu 44 distribucija tih razlika.

Tabela 59 Razlike površina MB kanala (mm²) prema mašinskim tehnikama

| Tehnika | | Paired Differences | | t | p |
|---------|-----------------------------|--------------------|----------------|---------|------|
| | | Mean | Std. Deviation | | |
| REVO S | MB1kanalpre - MB1kanalposle | -.044806 | .041777 | -6.435 | .000 |
| | MB2kanalpre - MB2kanalposle | -.102333 | .061831 | -9.930 | .000 |
| WO | MB1kanalpre - MB1kanalposle | -.171271 | .078645 | -16.728 | .000 |
| | MB2kanalpre - MB2kanalposle | -.131034 | .104713 | -9.612 | .000 |
| PN | MB1kanalpre - MB1kanalposle | -.076265 | .062536 | -8.537 | .000 |
| | MB2kanalpre - MB2kanalposle | -.085673 | .108106 | -5.547 | .000 |
| TILOS | MB1kanalpre - MB1kanalposle | -.078222 | .041528 | -12.636 | .000 |
| | MB2kanalpre - MB2kanalposle | -.062050 | .026737 | -14.678 | .000 |
| SAF | MB1kanalpre - MB1kanalposle | -.021760 | .015707 | -9.796 | .000 |
| | MB2kanalpre - MB2kanalposle | -.025156 | .017218 | -9.801 | .000 |



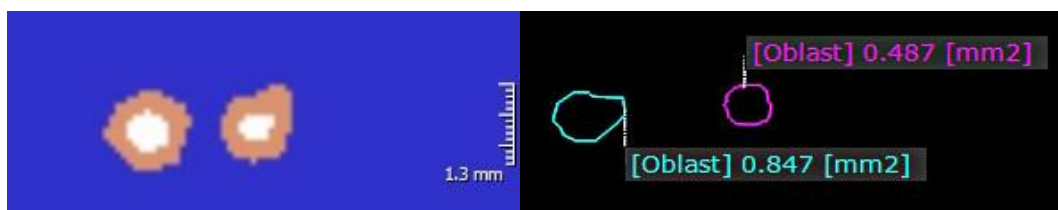
Grafikon 44 Distribucija razlika površine MB kanala u zavisnosti od mašinske tehnike

Naredne tabele i grafikoni prikazuju promene koje su se dešavale pod uticajem pet mašinskih tehnika preparacije i to: a) preko vrednosti površina MB korena (mm^2), b) razlike površina oba MB kanala pre i posle instrumentacije (mm^2) i c) gubitka tkiva MB korena (%), izraženog kroz razliku udela površina MB1 i MB2 kanala u ukupnoj površini MB korena pre i posle preparacije (%). Svi parametri su određeni na tri nivoa merenja: koronarna, srednja i apeksna trećina i data statistička analiza razlika.

Tabela 60 Prosečne vrednosti parametara promene površina MB kanala i gubitak tkiva MB korena u zavisnosti od tehnika mašinske preparacije na nivou koronarne trećine

| Koronarna trećina | Tehnika | Mean | Std. Deviation | Median | Minim | Maxim |
|---|---------|----------|----------------|----------|--------|--------|
| Površina korena (mm^2) | REVO S | 19.09010 | .704280 | 19.14700 | 17.934 | 20.094 |
| | WO | 18.43600 | 1.121317 | 18.43950 | 16.537 | 20.374 |
| | PN | 17.16311 | .877241 | 17.12500 | 15.789 | 18.699 |
| | TILOS | 18.87873 | 1.013258 | 18.93600 | 17.266 | 20.468 |
| | SAF | 15.49900 | .669122 | 15.41600 | 14.505 | 16.710 |
| Razlika površine MB1 kanala pre i posle preparacije (mm^2) | REVO S | .06270 | .069281 | .06650 | -.082 | .166 |
| | WO | .22630 | .081297 | .20450 | .181 | .558 |
| | PN | .14133 | .048796 | .13250 | .067 | .213 |
| | TILOS | .12600 | .018501 | .12500 | .095 | .157 |
| | SAF | .01571 | .012999 | .01300 | .000 | .045 |
| Razlika površine MB2 kanala pre i posle preparacije (mm^2) | REVO S | .17660 | .054404 | .16400 | .118 | .281 |
| | WO | .25930 | .046549 | .25650 | .161 | .342 |
| | PN | .16117 | .148517 | .13450 | .065 | .742 |
| | TILOS | .07567 | .025275 | .07000 | .043 | .127 |
| | SAF | .02800 | .017596 | .03000 | -.003 | .053 |
| Razlika udela od ukupne površine pre i posle preparacije(%) | REVO S | 1.24769 | .405831 | 1.22642 | .514 | 1.696 |
| | WO | 2.62285 | .485792 | 2.52682 | 2.165 | 4.486 |
| | PN | 1.72825 | .920474 | 1.59998 | .811 | 5.107 |
| | TILOS | 1.06671 | .157161 | 1.11227 | .718 | 1.265 |
| | SAF | .28257 | .114271 | .28486 | .063 | .442 |

Statistička analiza je pokazala visoko značajne razlike između merenih parametara za MB kanale na nivou njihove koronarne trećine ($p < 0,001$)



Slika 51 Razlika površine MB1 I MB2 kanala

Tabela 61 Statistička provera značajnosti razlika na nivou koronarne trećine

| | Chi-Square | df | Asymp. Sig. |
|--------------------|------------|----|-------------|
| MBkoren | 52.382 | 4 | .000 |
| MB1kanalposle | 70.334 | 4 | .000 |
| MB1kanalpre | 70.037 | 4 | .000 |
| MB2kanalposle | 65.596 | 4 | .000 |
| MB2kanalpre | 55.447 | 4 | .000 |
| MBpreUkupno | 70.386 | 4 | .000 |
| MBposleUkupno | 70.128 | 4 | .000 |
| rMB1Kanal | 61.815 | 4 | .000 |
| rMB2Kanal | 67.517 | 4 | .000 |
| uMBpreKanal | 73.386 | 4 | .000 |
| uMBposleKanal | 71.380 | 4 | .000 |
| rMBKanalUdeoPosPre | 66.856 | 4 | .000 |

a. Lokalizacija = koronarna

b. Kruskal Wallis Test

c. Grouping Variable: Tehnika

Tabela 62 Prosečne vrednosti parametara promene površina MB kanala i gubitak tkiva MB korena u zavisnosti od pet tehnika mašinske preparacije na nivou srednje trećine

| Srednja trećina | Tehnika | Mean | Std. Deviation | Median | Minim | Maxim |
|--|---------|----------|----------------|----------|--------|--------|
| Površina korena (mm ²) | REVO S | 14.24475 | 1.009824 | 14.13150 | 12.899 | 15.910 |
| | WO | 14.12690 | 1.344538 | 14.14050 | 12.036 | 16.283 |
| | PN | 13.73628 | 1.105338 | 13.64450 | 12.049 | 15.582 |
| | TILOS | 15.60500 | .787885 | 15.53500 | 14.512 | 17.014 |
| | SAF | 13.70453 | .385610 | 13.64000 | 13.146 | 14.408 |
| Razlika površine MB2 kanala pre i posle preparacije (mm ²) | REVO S | .02831 | .017564 | .03050 | .001 | .052 |
| | WO | .19140 | .025197 | .18450 | .157 | .234 |
| | PN | .06067 | .024176 | .06300 | .010 | .098 |
| | TILOS | .07480 | .014644 | .07300 | .056 | .116 |
| | SAF | .02753 | .017864 | .02400 | .000 | .064 |
| Razlika površine MB2 kanala pre i posle preparacije (mm ²) | REVO S | .09500 | .021245 | .09750 | .057 | .132 |
| | WO | .10005 | .047233 | .09550 | .029 | .194 |
| | PN | .05822 | .023698 | .06250 | .014 | .096 |
| | TILOS | .03933 | .017245 | .04200 | .006 | .072 |
| | SAF | .02171 | .016732 | .01600 | -.002 | .059 |
| Razlika udela od ukupne površine pre i posle preparacije(%) | REVO S | .86244 | .215995 | .90709 | .480 | 1.205 |
| | WO | 2.04002 | .286474 | 2.01177 | 1.570 | 2.543 |
| | PN | .84968 | .264128 | .88358 | .204 | 1.236 |
| | TILOS | .73251 | .163181 | .76610 | .419 | 1.105 |
| | SAF | .35754 | .196474 | .32389 | -.015 | .702 |

Tabela 63 Statistička provera značajnosti razlika na nivou srednje trećine

| | Chi-Square | df | Asymp. Sig. |
|----------------------|------------|----|-------------|
| MBkoren | 24.981 | 4 | .000 |
| MB1kanalposle | 73.743 | 4 | .000 |
| MB1kanalpre | 66.715 | 4 | .000 |
| MB2kanalposle | 63.110 | 4 | .000 |
| MB2kanalpre | 37.354 | 4 | .000 |
| MBpreUkupno | 69.013 | 4 | .000 |
| MBposleUkupno | 71.600 | 4 | .000 |
| rMB1Kanal | 68.016 | 4 | .000 |
| rMB2Kanal | 50.945 | 4 | .000 |
| uMBpreKanal | 77.525 | 4 | .000 |
| uMBposleKanal | 78.456 | 4 | .000 |
| rMBKanalUdeoPoslePre | 64.049 | 4 | .000 |

Statistička analiza je pokazala visoko značajne razlike između merenih parametara za MB kanale na nivou njihove srednje trećine ($p < 0,001$).

Tabela 64 Prosečne vrednosti parametra promene površina MB kanala i gubitak tkiva MB korena u zavisnosti od pet tehnika mašinske preparacije na nivou apeksne trećine

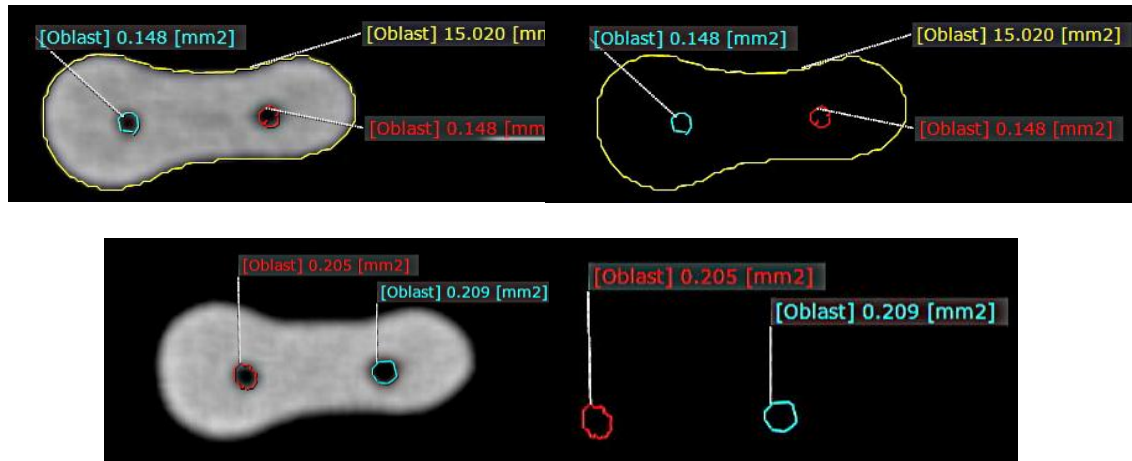
| Apeksna trećina | Tehnika | Mean | Std. Deviation | Median | Minim | Maxim |
|--|---------|----------|----------------|----------|--------|--------|
| Površina korena (mm ²) | REVO S | 12.49390 | .342721 | 12.54200 | 11.926 | 12.871 |
| | WO | 10.30553 | .963370 | 10.32200 | 8.787 | 11.861 |
| | PN | 10.75331 | .945171 | 11.10900 | 9.359 | 11.910 |
| | TILOS | 13.56900 | .441400 | 13.51900 | 12.988 | 14.362 |
| Razlika površine MB2 kanala pre i posle preparacije (mm ²) | SAF | 12.80375 | .209782 | 12.82850 | 12.086 | 13.086 |
| | REVO S | .05330 | .023533 | .05100 | .028 | .106 |
| | WO | .09216 | .043146 | .10700 | .019 | .164 |
| | PN | .01669 | .013419 | .01400 | .001 | .043 |
| Razlika površine MB2 kanala pre i posle preparacije (mm ²) | TILOS | .03387 | .017237 | .03400 | .003 | .062 |
| | SAF | .02206 | .014350 | .01850 | .003 | .064 |
| | REVO S | .03980 | .024216 | .04150 | -.003 | .070 |
| | WO | .02863 | .016520 | .02900 | -.001 | .059 |
| Razlika udela od ukupne površine pre i posle preparacije(%) | PN | .01915 | .015220 | .01700 | .002 | .052 |
| | TILOS | .07570 | .016289 | .08000 | .043 | .090 |
| | SAF | .02609 | .018058 | .02100 | .002 | .057 |
| | REVO S | .74539 | .191225 | .76976 | .404 | .961 |
| Razlika udela od ukupne površine pre i posle preparacije(%) | WO | 1.13943 | .402448 | 1.06568 | .387 | 1.703 |
| | PN | .33557 | .169072 | .33780 | .103 | .663 |
| | TILOS | .76748 | .139842 | .75078 | .543 | 1.067 |
| | SAF | .37708 | .218735 | .36406 | .092 | .810 |

Tabela 65 Statistička provera značajnosti razlika na nivou apeksne trećine

| | Chi-Square | df | Asymp. Sig. |
|----------------------|------------|----|-------------|
| MBkoren | 62.856 | 4 | .000 |
| MB1kanalposle | 37.498 | 4 | .000 |
| MB1kanalpre | 25.384 | 4 | .000 |
| MB2kanalposle | 31.111 | 4 | .000 |
| MB2kanalpre | 38.694 | 4 | .000 |
| MBpreUkupno | 39.461 | 4 | .000 |
| MBposleUkupno | 31.076 | 4 | .000 |
| rMB1Kanal | 40.593 | 4 | .000 |
| rMB2Kanal | 25.363 | 4 | .000 |
| uMBpreKanal | 45.473 | 4 | .000 |
| uMBposleKanal | 47.554 | 4 | .000 |
| rMBKanalUdeoPoslePre | 40.123 | 4 | .000 |

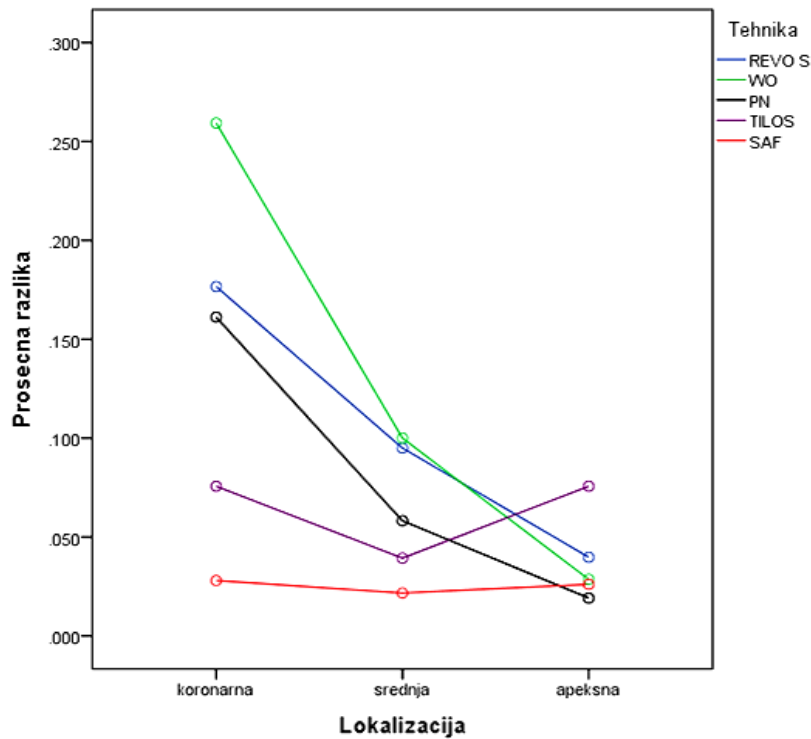
- a. Lokalizacija = apeksna
- b. Kruskal Wallis Test
- c. Grouping Variable: Tehnika

Statistička analiza je pokazala visoko značajne razlike između merenih parametara za MB kanale i na nivou njihove apeksne trećine ($p < 0,001$)

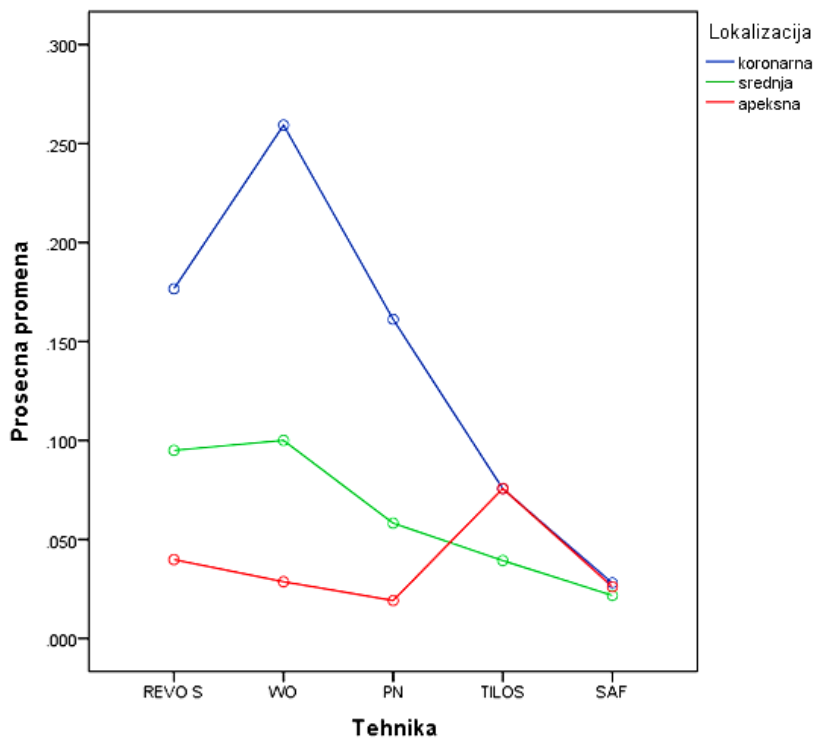


Slika 52 Površine MB korena , MB1 I MB2 kanala pre i posle preparacije

Na osnovu tabelarno prikazanih vrednosti ključnih parametara koji definišu promene površine poprečnih preseka po trećinama MB1 i MB2 kanala i gubitka tkiva MB korena pod uticajem mašinskih tehnika preparacije (tab. 60, 62 i 64) dati su i grafički prikazi na grafikonima 45



Grafikon 45 Razlike površina MB kanala po trećinama u zavisnosti od mašinske tehnike preparacije



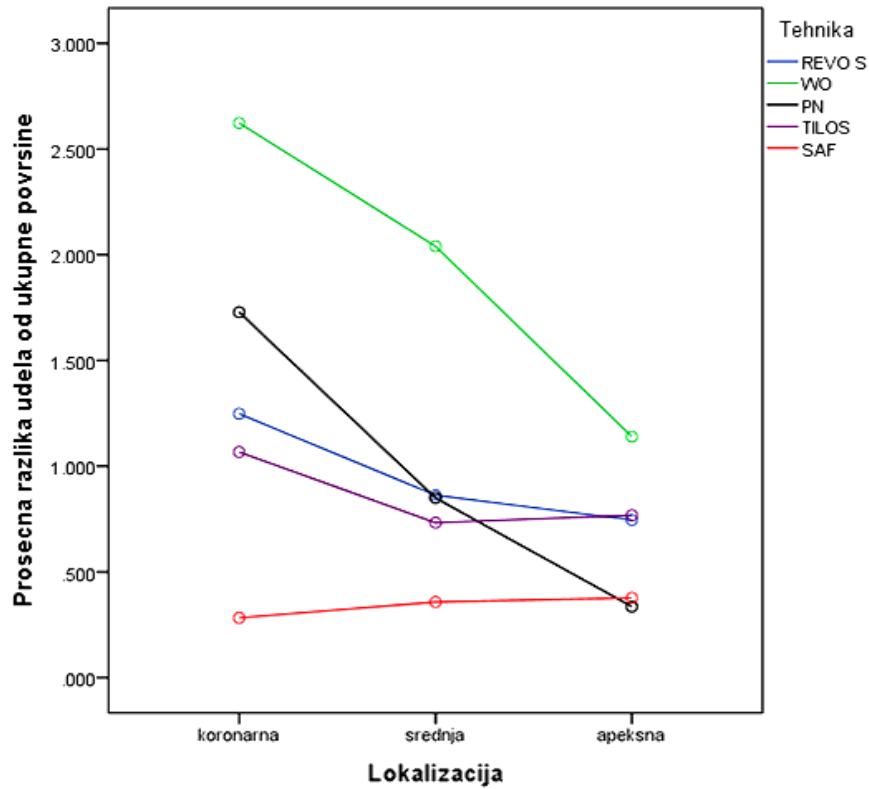
Grafikon 46 Promene površina MB kanala pod uticajem mašinskih tehnika preparacije po trećinama

Sa grafikona 45 i 46 uočava se da su svi sistemi za mašinsko širenje, osim Tilosa, povećavali površine poprečnih preseka MB1 i MB2 kanala statistički značajno najviše u njihovoj koronarnoj (plava linija na graf. 46), a najmanje u apeksnoj trećini (crvena linija na graf 46). Međutim, Tilos sistem je doveo do najizrazitijeg povećanja površina poprečnih preseka MB kanala u njihovoj apeksnoj trećini, i to u potpuno jednakom obimu kao i u koronarnoj trećini (spojene plava i crvena linija na graf. 4). Revo-S, WaveOne i ProTaper Next sistemi povećavali su površine poprečnih preseka MB kanala sa opadajućim trendom od koronarne do apeksne trećine (zelena, plava i crna linija na graf. 45; prve tri ordinatne vrednosti prosečnih promenana graf. 46). SAF sistem je u najmanjoj i veoma ujednačenoj meri povećavao površine oba MB kanala (crvena linija na graf. 45; poslednje ordinatne vrednosti na graf. 46).

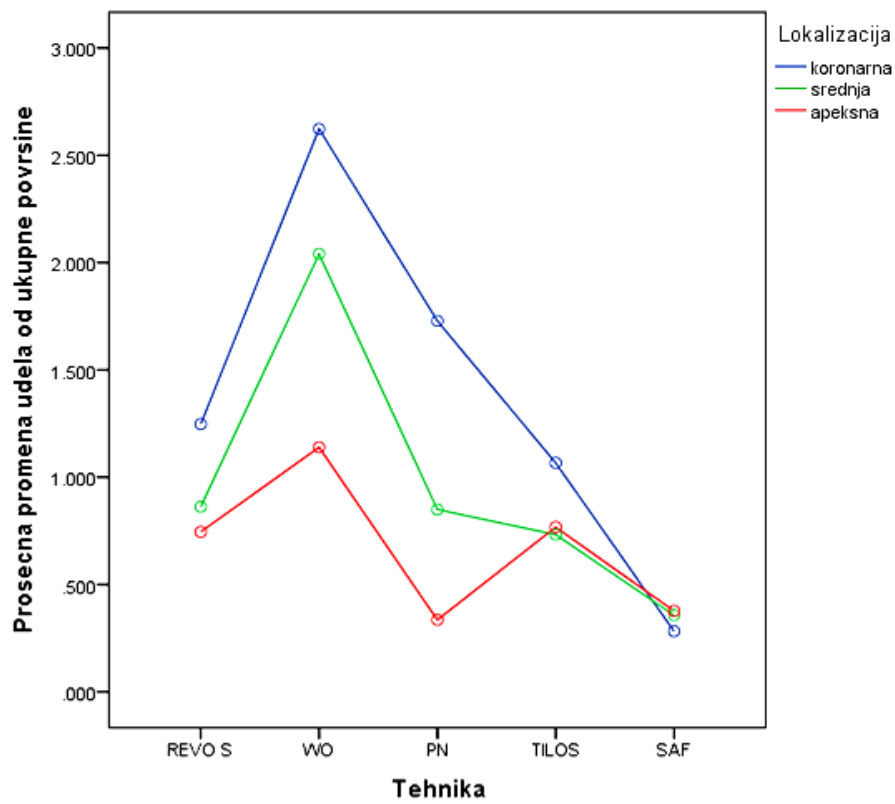
Tabela 66 Objedinjeni prikaz udela površina MB1 i MB2 kanala u površini MB korena pre i posle preparacije (%) i razlike tih udela za čitave dužine MB kanala

| UDEO SVI | Tehnika | AS | SD | Median | Min | Max |
|---|---------|-------|-------|--------|-------|-------|
| Udeo površine kanala u površini korena posle preparacije(%) | REVO S | 3.900 | .6727 | 3.905 | 2.652 | 5.894 |
| | WO | 4.625 | .8021 | 4.757 | 3.300 | 7.194 |
| | PN | 3.492 | .7192 | 3.376 | 2.642 | 7.407 |
| | TILOS | 2.473 | .2001 | 2.432 | 2.165 | 2.830 |
| | SAF | 2.366 | .1589 | 2.357 | 2.002 | 2.663 |
| Udeo površine kanala u površini korena pre preparacije(%) | REVO S | 2.963 | .5740 | 3.009 | 1.979 | 4.957 |
| | WO | 2.677 | .2073 | 2.690 | 2.037 | 3.107 |
| | PN | 2.455 | .4560 | 2.299 | 2.034 | 3.955 |
| | TILOS | 1.607 | .1225 | 1.602 | 1.380 | 1.922 |
| | SAF | 2.032 | .1554 | 2.032 | 1.718 | 2.440 |
| Razlika udela(%) | REVO S | .937 | .3352 | .908 | .404 | 1.696 |
| | WO | 1.947 | .7270 | 2.035 | .387 | 4.486 |
| | PN | 1.036 | .8109 | .918 | .103 | 5.107 |
| | TILOS | .867 | .2186 | .836 | .419 | 1.265 |
| | SAF | .334 | .1771 | .311 | -.015 | .810 |

Na osnovu prikazanih vrednosti po trećinama u tabelama 60, 62 i 64 dati su i grafički prikazi o udelu površina MB1 i MB2 kanala i razlikama tog udela od ukupne površine DB korena u % po trećinama i u zavisnosti od tehnika mašinske preparacije na grafikonima 47 i 48.



Grafikon 47 Razlika udela površina MB kanala od ukupne površine MB korena (%)



Grafikon 48 Promene udela površina MB kanala od ukupne površine MB korena (%)

Sa grafikona 47 se uočava da je za sistem WaveOne (WO) (zelena linija na graf. 47) razlika udela površina MB1 i MB2 kanala od ukupne površine MB korena pre i posle preparacije, što definiše gubitak korenskog dentina usled mašinske preparacije, bila veća na sva tri nivoa merenja, pogotovu u koronarnoj i srednjoj trećini, sa visokom statističkom značajnošću razlika u poređenju sa ostala četiri mašinska sistema. Ovo se uočava i na drugoj ordinatnoj vrednosti prosečne promene udela na graf. 48. ProTaper Next (PN) je ravnomernim opadajućim trendom od koronarne do apeksne trećine uklanjao parakanalni dentin (crna linija na graf. 47). SAF sistem (crvena linija na graf. 47) je u najmanjoj meri i sa podjednakim udelom na sva tri nivoa MB korena uklanjao dentin sa zidova MB1 i MB2 kanala (poslednja ordinatna grupa vrednosti na graf. 48). Između ova dva ekstrema nalaze se Revo-S (plava linija na graf. 47) i Tilos (ljubičasta linija na graf. 47), koji su u srednjoj i apeksnoj trećini ispoljili efekat bez statističke značajnosti razlika u udelu površine kanala pre i posle preparacije, odnosno uklanjali su dentin sa zidova oba MB kanala bez značajnih razlika na koronarnom i apeksnom nivou (prva i četvrta ordinatna grupa vrednosti na graf 48).

Statističkom analizom, koja je obuhvatila sve parametre i objedinjen uticaj svih pet mašinskih tehnika, utvrđeno je da je posle preparacije MB1 i MB2 kanala izgubljeno prosečno 1.088 % od ukupne mase dentina MB korena.

Na tabeli 67 predstavljena je statistička korelacija generalnog uticaja svih pet tehnika mašinske preparacije i lokalizacije u MB kanalima prema njihovim trećinama, na promenu površina poprečnih preseka ovih kanala pre i posle preparacije.

Tabela 67 Statistička korelacija uticaja tehnike mašinske preparacije i lokalizacije na promenu površine poprečnih preseka MB1 i MB2 kanala

| Wilks' Lambda | | | | |
|------------------------|-------|---------------------|------|---------------------|
| Effect | Value | F | Sig. | Partial Eta Squared |
| tehnika | .160 | 46.820 | .000 | .458 |
| lokalizacija | .306 | 57.126 ^b | .000 | .447 |
| tehnika * lokalizacija | .256 | 15.388 | .000 | .365 |

a. Design: Intercept + tehnika + lokalizacija + tehnika * lokalizacija

b. Exact statistic

Utvrđeno je da su tehnika mašinske instrumentacije i lokalizacija u MB kanalima imali približno jednak uticaj na promenu površine preseka MB1 i MB2 kanala posle preparacije. Takođe je značajno da između ove dve varijable postoji interakcija, koja sa svoje strane takođe ima uticaja na vrednosti merenih parametara promene površine MB kanala.

Na tabeli 68 prikazana je statistička korelacija između efekta tehnike mašinske preparacije i lokalizacije na promenu udela površine poprečnih preseka MB1 i MB2 kanala u ukupnoj površini MB korena, odnosno na gubitak tkiva dentina MB korena.

Tabela 68 Korelacija uticaja mašinske preparacije i lokalizacije na promenu udela površine MB1 i MB2 kanala u ukupnoj površini MB korena pre i posle instrumentacije

| Source | Dependent Variable | F | Sig. | Partial Eta Squared |
|------------------------|-----------------------|---------|------|---------------------|
| tehnika | rMB1Kanal | 117.232 | .000 | .687 |
| | rMB2Kanal | 29.614 | .000 | .356 |
| | rMBKanalUdelaPoslePre | 126.112 | .000 | .702 |
| lokalizacija | rMB1Kanal | 61.735 | .000 | .366 |
| | rMB2Kanal | 79.307 | .000 | .426 |
| | rMBKanalUdelaPoslePre | 63.853 | .000 | .374 |
| tehnika * lokalizacija | rMB1Kanal | 13.437 | .000 | .334 |
| | rMB2Kanal | 15.839 | .000 | .372 |
| | rMBKanalUdelaPoslePre | 14.288 | .000 | .348 |

Uticaj tehnike mašinske preparacije na udeo površine MB1 kanala, kao i na razlike udela tog kanala pre i posle preparacije na površinu MB korena, je bio mnogo veći nego uticaj lokalizacije. Situacija je potpuno suprotna za MB2 kanal, gde lokalizacija ima veći uticaj od tehnike preparacije na iste parametre koji definišu gubitak parakanalnog dentina u odnosu na ukupnu površinu MB korena. Bez obzira na ove obrnute korelacije, postoji statistički značajna interakcija između tehnike i lokalizacije za određivane parametre kod oba MB kanala.

6. D I S K U S I J A

6.1 Diskusija materijala i metoda

Osnovni cilj ovog doktorata je bio da se ispita uticaj različitih tehnika za mašinsku instrumentaciju na originalnu anatomiju kanala, a material je bio sastavljen od ekstrahovanih prvih maksilarnih molara. Istraživanja ovakve vrste uglavnom se obavljaju ili na plastičnim blokovima, ili na ekstrahovanim humanim zubima. Primena plastičnih blokova obezbeđuje standardizaciju dimenzija kanala u smislu njegove dužine i promera, sa kontrolisanim stepenom i radijusom povijenosti, što omogućava direktno poređenje efekta različitih instrumenata [81, 88, 105, 153]. Međutim, mnogi autori koji su koristili ovaj metod, kao i oni koji su primenjivali ekstrahovane zube, daju kritički osvrt na nedostatke simuliranih kanala. To su prvenstveno razlike u fizičkim svojstvima dentina i akrilatne smole, u obliku poprečnog preseka, kao i dvodimenzionalnost krivine kanala, koja ne može da simulira kombinovane buko-lingvalne i mezio-distalne povijenosti, prisutne u prirodnim korenovima zuba [154, 44, 81, 82].

Što se tiče izbora zuba sa povijenim kanalima istraživači se odlučuju za uzorke iz različitih morfoloških grupa. Veoma često su korišćeni mezijalni korenovi donjih molara [155, 156, 157, 158, 72]. Međutim, ne retko koriste se zubi različitih morfoloških grupa, ali sa sličnim ili grupisanim stepenom povijenosti kanala, odabranih na osnovu prethodnih analiza uobičajenim radiografskim metodom po Schneider-u [159, 160, 32, 45, 85], ili sofisticiranim kompjuterskim sistemom procesuiranja digitalnih imidža [150, 151, 160]. I na kraju, ograničen broj autora za planirane analize primenjuje samo prve maksilarne molare, pri čemu selektivno biraju ili pojedine korenove, ili korenske kanale. Pasternak-Júnior sa saradnicima [85] odseca vrhove palatinalnog i disto-bukalnog korena kako bi postigao maksimalnu preciznost u registrovanju transportacije kanala i centričnosti RaCe rotirajućeg instrumenta tokom preparacije jednog povijenog MB kanala. Tim istraživača Ove Peters-a isključuje drugi MB kanal iz materijala za analizu uticaja različitih instrumenata i tehnika preparacije na originalnu geometriju i anatomiju kanalnog sistema maksilarnih molara. Kao razlog

navode nekoliko faktora: nedovoljan broj MB2 kanala za validno upoređivanje [44], nisu uvek prisutni kao odvojen kanal duž čitavog MB korena [41], nisu ni locirani niti obrađeni, jer im je anatomija isuviše varijabilna [42].

Materijal ovog doktorskog rada se sastojao od ekstrahovanih prvih maksilarnih molara obe strane vilice osoba oba pola i starosti od 25-50 godina. Na osnovu rezultata prethodnih eksperimentalnih i kliničkih ispitivanja ustanovljeno je da nema značajnih razlika u morfološkim karakteristikama ovih zuba u zavisnosti od pola pacijenta, kao ni između leve i desne strane gornje vilice [4], što potvrđuju Zhang i saradnici, koji su kod maksilarnih molara registrovali bilateralnu simetriju u 84% slučajeva [7]. Takođe je konstatovano da se morfologija kanalnog sistema prvih maksilarnih molara ne menja značajno u osoba između 25. i 50. godine starosti, odnosno, da stvoreni sekundarni dentin ne remeti značajnije ni otkrivanje ulaza, niti prohodnost korenskih kanala, pa su zato i odabrani uzorci zuba od pacijenata ovog starosnog doba [4,15].

Posle obavljenog CBCT skeniranja prve grupe od 147 prvih maksilarnih molara sa tri jasno razvijena i odvojena korena, izabran je uzorak od 48 zuba, sa dva kanala konfiguracionog tipa IV po Vertucci-jevoj klasifikaciji u MB korenu. MB2 kanal je imao potpuno odvojen i nezavisan tok duž celog MB korena od svog orificijuma do anatomskog otvora. Slučajnim odabirom odstranjena su tri zuba, a preostalih 45 je podvrgnuto preparaciji oba MB kanala i preostalih korenskih kanala istog zuba jednom od pet navedenih mašinskih tehnika instrumentacije kanala, svakom tehnikom po devet. Razlog ovakvog odabira leži u činjenici da dosadašnja istraživanja sa sličnim ciljem nisu uključivala preparaciju MB2 kanala. Navedeni literaturni podaci jasno pokazuju da prethodni autori do sada nisu na ovaj način obrazovali uzorak, niti uključivali MB2 kanale u procedure istraživanja sa istim, odnosno sličnim ciljem [41, 42, 44, 85].

Grupa od 32 prva maksilarna molara sa fuzionisanim korenovima, koji inače predstavljaju zube sa najviše varijeteta kanalne anatomije, predstavljaju uzorak koji do sada nije korišćen u sličnim istraživanjima. Posle izdvajanja jednog zuba sa kompletnom fuzijom svih kanala u jedan, i drugog uzorka, odstranjenog zbog prisustva šest uskih kanala, po deset uzoraka preparisano je jednim od tri mašinska sistema.

Dostupna literatura u nekoliko revijalnih članaka daje podatke o učestalosti pojave i tipu fuzije korenova kod prvih maksilarnih molara [1, 3, 13]. Takođe, postoje prikazi slučajeva prvih maksilarnih molara sa fuzionisanim korenovima na kojima je

najčešće izvedena i endodontska terapija [33, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170]. Međutim, do sada nije bilo *in vitro* kontrolisane studije o uticaju mašinskih tehnika endodontske instrumentacije na anatomiju prvih maksilarnih molara sa fuzionisanim korenovima.

Širok dijapazon primenjenih metodologija za izučavanje kanalne morfologije zuba, mnogo više u *in vitro* nego onih u *in vivo* uslovima, daje veoma raznolike podatke, prvenstveno zbog različitih načina i pristupa istraživanjima, tehničko-tehnoloških sredstava i opreme koja se koristi [1, 3, 4, 8, 13, 15]. U ovoj doktorskoj disertaciji primenjena je kompjuterizovana tomografija sa konusno usmerenim zracima (CBCT) i sofisticirana softverska 3D tehnologija, koja je u 21. veku značajno unapredila i povećala mogućnost registrovanja anatomskih detalja kanalnog sistema zuba iz sve tri ravni, prevazilazeći nedostatke konvencionalne radiografije [28, 53, 58, 171]. CBCT je postao veoma moćno sredstvo za primenu u kliničkoj endodonciji [28, 52, 53, 55]. Pored navedenog, CBCT je primenjen i zbog postojanje značajnog broja radova koji koriste ovu tehnologiju za prikazivanje morfologije, kao i za precizno izračunavanje ključnih dimenzija anatomskih struktura korenskog i kanalnog sistema različitih grupa zuba, tako da je moguće validno upoređivanje sopstvenih sa rezultatima drugih autora [7, 53, 57, 58, 171,].

Metodologija CBCT je u prikazanim istraživanjima omogućila da se na ekstrahovanim zubima registruje prisustvo akcesornih kanala u korenu, interkanalnih komunikacija, račvanja kanala i menjanje njihovog toka kroz koren. Autori sličnih ispitivanja najčešće koriste mikro-CT [2, 12, 20, 23], čija preciznost prikazivanja morfoloških detalja kanalne anatomije nije značajno veća od CBCT tehnologije. Ovo dokazuju i rezultati retrospektivnih studija morfologije prvih maksilarnih molara na CBCT snimcima pacijenata, gde autori ističu preciznost metodlogije u otkrivanju detalja kanalne anatomije ovih zuba [5, 6, 7, 25].

Međutim, u dostupnoj literaturi do sada nema podataka da je CBCT korišćen za praćenje uticaja mašinskih tehnika preparacije kanala na originalnu anatomiju određene morfološke grupe ekstrahovanih humanih zuba, kao što je primenjen u metodologiji ovog dokorskog rada.

U metodologiji je navedeno da su dve reprezentativne grupe zuba, na kojima su izvedena istraživanja, ponovo snimane na CBCT aparatu Scanora 3DX (Soredex,

Tusuula, Finland), jer poseduje polje prilagođeno za endodontska ispitivanja, višu rezoluciju i veće mogućnosti softverskog programa za zadate ciljeve ovog istraživanja (računanje površine, fuzija pre- i post-operativnih snimaka). Ovakav postupak je omogućio izračunavanje svih zadatih parametara iz regije od interesa na višem nivou preciznosti, dobijanje većeg broja podataka za prikazivanje 3D imidža, što je bilo neophodno za dalju analizu uticaja preparacije kanala mašinskim tehnikama na originalnu anatomiju korenskih kanala.

6.2 Diskusija rezultata

Iz rezultata originalne morfologije prvih maksilarnih molara prvo je uočeno da 80% uzoraka ima tri jasno odvojena korena. Zhang i sar. [7] saopštavaju 100% trokorenost prvih maksilarnih molara u kineskoj populaciji, što je slično rezultatima Lee-a i sar. [5] na korejskoj, kao i Neelekantan-a i sar. [6] na indijskoj populacionoj grupaciji.

Sledeća specifičnost anatomije prvih gornjih molara otkrivena u ovom radu jeste da je učestalost multipnih kanala u korenovima u većem procentu nego što se nalazi u saopštenjima drugih autora. Cleghorn i sar. 2006. [3] i Cantatore i sar. 2009. [1] daju obiman i detaljan pregled rezultata istraživanja kanalne morfologije prvih maksilarnih molara sa jedinstvenim zaključkom da je prisustvo drugog MB kanala u MB korenu mnogo češće nego što se on klinički detektuje, što se odnosi i na pojavu drugog DB kanala. Bauman i sar. [172] na 24 ekstrahovana prva maksilarna molara su dokazali da je dimenzija vokselna na CBCT skenovima od uticaja na detekciju broja MB kanala, i da je čak i veće preciznosti od mikroskopske analize poprečnih sekcija istih korenova. Procenat zastupljenosti dva MB kanala je kod ovih autora bio 93,3% pri dimenziji vokselna od 0,125 mm, a značajno manji (60,3%) kada je dimenzija vokselna bila 0,4 mm. Tokom preduzetih CBCT snimanja za ovu disertaciju korišćena je takođe dimenzija vokselna od 0,125 mm, a procenat višestrukih kanala u MB korenu bio je čak 98%, što je veoma sličan rezultat ranijih istraživanja od 96% primenom radiografskog metoda [4].

Mnogim ispitivanjima je takođe dokazano da su morfološke varijacije broja korenova i korenskih kanala uslovljene rasnom i nacionalnom pripadnošću [5, 6, 7, 17, 18] i da naša populacija ima određene specifičnosti i razlike [4].

Zastupljenost pojedinih konfiguracijskih tipova MB kanala prema Vertucci-jevoj klasifikaciji, prikazana u tabeli 1 i na grafikonu 1, i različita je od mnogih literaturnih podataka. Iz ranijih istraživanja je utvrđena veća učestalost tipa IV, VI i VIII [4], a prikazani rezultati daju veoma sličnu distribuciju sa ubedljivo najvećom zastupljnošću tipa IV, zatim VI, VIII i II. Najznačajnija specifičnost jeste veliki procenat trokanalnih MB korenova, što nije saopšteno ni u jednom dostupnom radu pregledom obimne literature. Trostruki MB kanali imaju različit međusobni odnos i tok, tako da Vertucci-jeva klasifikacija, koja prepoznaje samo tri jasno odvojena kanala sa tri ulaza i tri foramena, nije zadovoljila deskriptivnu anatomiju trostrukih kanala otkrivenih u ovom istraživanju. Zato je urađena originalna klasifikacija prema njihovom međusobnom odnosu i kombinacijama spajanja i razdvajanja tokom prolaska kroz MB koren.

6. 2. 1 Diskusija rezultata pručavanja anatomije trokorenih prvih maksilarnih molara sa Vertucci tip IV konfiguracijom MB kanala

Posebna grupa za ispitivanje uticaja pet mašinskih tehnika instrumentacije na originalnu kanalnu anatomiju prvih maksilarnih molara bili su zubi sa tri odvojena korena u čijem su MB korenu bila dva odvojena kanala od ulaza, celom svojom dužinom i koji su se završavali sa dva odvojena foramena, tj. tip IV po Vertucci klasifikaciji (Rezultati: 5. 1. 1. a) . Ovo je jedinstven pristup u istraživanjima, što je razmatrano u diskusiji materijala i metoda ovog rada.

Vrednosti dimenzije zuba ove grupe (tab. 2, graf. 2) jasno pokazuju da je najmanja izmerena u M-D smeru, a najveća u dijagonalnom MB-DP smeru, sa visokom značajnošću razlika. Međutim, nije bilo nikakvih statističkih razlika između dimenzija izmerenih u B-P i DB-MP smeru. Prikazani koeficijenti varijacije upućuju da se radi o vrlo homogenom uzorku. Isti zaključak donešen je i na osnovu vrednosti Skewness (α_3) i Kurtosis (α_4) (tab. 2). U ovom slučaju vrednost Skewness za sve parametre je manja od 1 i vrlo je blizu 0, pa se može reći da se radi o vrlo simetričnoj raspodeli. Obzirom da je Kurtosis takođe veoma mali, može se zaključiti da se radi o raspodeli gde je grupisanje podataka oko srednje vrednosti veoma veliko, tj. visoka homogenost uzorka. Ova

činjenica je veoma važan faktor za validnost, praktičnu primenljivost i tumačenje dobijenih rezultata o uticaju preparacionih tehnika na originalnu kanalnu anatomiju ispitivanog uzorka zuba.

Prikazane vrednosti rastojanja između susednih ulaza u kanale, tj. dužine stranica četvorougla koga formiraju ulazi u kanale grupe zuba sa Vertucci tip IV konfiguracijom kanala u MB korenu (tab 3 i graf. 3), pokazuju da su najmanja rastojanja registrovana između MB1 i MB2 kanala, kao i između DB i MB1 kanala. Ovo je odraz spoljašnjih dimenzija tih zuba izmerenih na nivou dna krunične komore. Statistička analiza je takođe utvrdila veoma visoku homogenost uzorka, što mu dodatno potvrđuje validnost za preduzeta ispitivanja o uticaju mašinskih tehnika na originalnu anatomiju ovih kanala.

Statistička analiza vrednosti uglova koje zaklapaju stranice četvorougla koje povezuju centre ulaza u kanale ove grupe zuba (tab. 4 i graf. 4) jasno pokazuju da je najoštriji ugao između stranica koje spajaju MB2-P i P-DB kanal, a značajno najveći između stranica MB1-MB2 i MB2-P.

Kada u ovoj grupi zuba postoje dva DB kanala, tj. kada ulazi obrazuju petougao, veoma važan rezultat je da je rastojanje između MB1 i MB2 kanala ove grupe (tab. 5 i graf. 5) i prethodno komentarisane grupe identično. Iz dalje analize jasno se vidi da je najmanje rastojanje između dva DB kanala, dok su sve ostale dimenzije međusobno slične i bez statistički značajnih razlika, sa veoma niskim koeficijentom varijacije unutar grupe, što govori o homogenosti uzorka. Skoro podjednake dužine stranice koja povezuju dva MB kanala i stranice između P i MB2 kanala govore jasno o činjenici da je najveći promer prvih maksilarnih molara u BP smeru, kao i da je MB koren najviše razvijen u BP smeru, bez obzira na morfologiju ostala dva korena.

Što se tiče eventualnog poređenja dobijenih rezultata i podataka iz literature jedine pronađene informacije su iz udžebeničke literature, ali retko se spominju prosečna, ili ekstremna rastojanja između ulaza u kanale prvih maksilarnih molara. Arnaldo Castellucci u poglavlju o endodontskoj anatomiji [173] detaljno opisuje broj kanala prvog maksilarnog molara, gde su locirani i kako ih treba detektovati, ali ne spominje vrednosti rastojanja ni između ulaza u dva MB, niti između ovih i susednih, ili ostalih kanala. Ovo je uglavnom slučaj i sa knjigom "Ingle's Endodontics" [10]. Verma i Love 2011 [12] koriste mikrokomputerizovanu tomografiju pomoću koje veoma

detaljno prikazuju kanalnu morfologiju MB korena prvog maksilarnog molara, ali ni oni ne mere rastojanja između ulaza u kanale. Međutim, podatak o rastojanju između ulaza u susedne kanale, bilo da su to MB1 i MB2, ili neka druga dva, je veoma važan u praktičnom radu, jer kliničar sa takvom informacijom, čak i ako se radi o prosečnim ili graničnim vrednostima, sa mnogo više pouzdanja i uspeha pronalazi teško pristupačne i slabo vidljive ulaze u kanale. Statistička analiza, preko koeficijenta varijacije i mera oblika raspodele, dokazuje visoku homogenost i vrednost ovog uzorka kao ekperimentalnog materijala. Utoliko prikazani rezultati ovog istraživanja imaju veći praktični značaj, pogotovu što potiču sa materijala sakupljeneog u domaćoj populaciji.

Sledeće dve tabele prikazuju stepen zastupljenosti morfoloških tipova kanala prema Vertucci-jevoj klasifikaciji u P i DB korenu u grupi zuba sa tri korena i dva kanala u MB korenu. Tabela 7 daje prikaz zastupljenosti i statističku analizu odnosa zastupljenosti morfoloških tipova kanala prema Vertucci klasifikaciji u P i DB korenu. Razlike između korenova nisu statistički značajne, ali se simulacijom dobija podatak ($\chi^2=4,306$; $p= 0,094$) da ovu razliku ne treba prevideti u analizama anatomskih karakteristika, a imati ih na umu u kliničkom radu.

Cantatore sa saradnicima 2009. [1] navodi 14 radova gde je procenat jednokanalnih DB korenova oko 98%. Cleghorn i sar. 2006. [3] u svom obimnom pregledu navode da se u DB korenu jedan kanal nalazi u varijabilnom procentu od 90,5 – 100 %. Udvojenost kanala u DB korenu je retkost i po drugim autorima, pa se i objavljuju kao prikazi retkih slučajeva. Takva su na primer saopštenja Hulsmann-a 1997. [174], ili Patil-a i sar. iz 2010. [175], koji koriste dijametralno različite metodologije sa istim rezultatima.

Ovo istraživanje je pokazalo da kod više od trećine prvih maksilarnih molara postoji udvojenost kanala u DB korenu (tip II ili tip V), što može da ima velikog uticaja na tok instrumentacije i ishod endodontskog lečenja prvih maksilarnih molara (Tab. 7). Izvesno je da je najčešći tip udvojenosti u DB korenu postojanje dva kanala koja se pred vrhom spajaju u jedan (tip II), što je u direktnoj povezanosti sa brojem foramena na vrhu DB korena prikazano na tabeli 8. Ovo terapijski predstavlja olakšicu, jer optimalna preparacija i opturacija jednog kanala od njegovog ulaza do jednog zajedničkog apeksnog terminusa sprečava negativan uticaj iz drugog praznog kanala, koji se

završava na nekom nivou već definitivno zbinutog i hermetički zatvorenog prvog kanala, čime je uglavnom onemogućen prodor štetnih noksi ka periapeksu.

Međutim, preostaje DB korenovi u kojima se jedan kanal u apeksnoj trećini razdvaja u dva i završava sa dva odvojena foramena (Tabela 7 i 8) . Ovakva situacija je veliki izazov i značajan klinički problem za njihovo detektovanje, preparaciju i opturaciju, pogotovu ako je prisutna infekcija. Ako se posumnja na ovakvu situaciju, a na retroalveolarnoj radiografiji nije moguće da se odredi njihova orijentacija, indikovano je CBCT sa malim vidnim poljem snimanja, koji daje sigurnu i sveobuhvatnu informaciju o anatomiji udvojenih DB kanala.

Na grafikonu 7 i tabeli 9 predstavljene su interkanalne komunikacije između MB1 i MB2 kanala u MB korenu. One su registrovane u 75% od svih 48 uzoraka. U skoro 2/3 slučajeva locirane su u srednjoj trećini, dok je u koronarnoj, apeksnoj i sinhrono u obe ove trećine lociran mali i podjednak broj međukanalnih komunikacija. Ova analiza je urađena je zbog značaja interkanalnih komunikacija za ishod kanalne terapije, jer su nedostupne za mehaničku obradu i najčešće predstavljaju mesta zaostajanja štetnih noksi, a samim tim potencijalni uzrok neuspeha endodontskog lečenja. Do ovakvih zaključaka došli su u svojim istraživanjima Paque i sar. 2012. [156], koristeći mezijalne korenove mandibularnih molara sa kanalnom konfiguracijom Vertucci tip II, prisutnim istmusima i interkanalnim komunikacijama. Isti autor sa druga dva saradnika je 2011. [176] utvrdio, da čak i posle intenzivne irigacije, polovina količine čvrsto nabijenog detritusa zaostaje u međukanalnim komunikacijama.

Na tabelama od broja 10 – 14 i odgovarajućim grafikonima od 8 do 12 prikazane su statistički obrađene vrednosti i njihova distribucija za debljine zidova svih prisutnih kanala kod prvih maksilarnih molara sa tri odvojena korena. Detaljnim pregledom vrednosti u svakoj tabeli za svaki pojedinačni kanal mogu da se uoče lokalizacije gde su ti zidovi najtanji i na taj način da se dobije informacija o ugroženim zonama tokom instrumentacije tih korenskih kanala. Ovo je od izuzetne implikacije i važnosti u praktičanom radu, kada kliničar unapred zna u kom smeru i na kom nivou određenog korenskog kanala treba sa manjim intenzitetom i kvantitetom da izvede mehaničku instrumentaciju konkretnog zida koji je prirodno smanjene debljine. Konkretno, najviše su ugroženi mezijalni i distalni zid DB1 i DB2 kanala u apeksnoj trećini, kao i mezijalni i distalni zid MB2 kanala u srednjoj i apeksnoj trećini. Generalno, ugrožene zone tokom

preparacije MB i DB kanala bili bi mezijalni i distalni zidovi. Ovakve vrednosti i lokalizacije kritičnih mesta su i očekivane, obzirom na već poznate prosečne vrednosti debljine opisanih zidova.

Međutim, ono što nije toliko isticano, a jasno proizilazi iz rezultata ove disertacije, jeste relativno mala debljina mezijalnih i distalnih zidova bukalnih i distalnih kanala prvih maksilarnih molara u kruničnoj trećini. Ovo znači da treba obratiti pažnju i smanjiti obim širenja mezijalnog i distalnog zida ulaza i koronarne trećine bukalnih i distalnih kanala ovih zuba, što je inače ustaljena praksa i preporuka tokom endodontske instrumentacije.

Slično upozorenje moglo bi da važi i za palatinalni kanala, ali u ovom slučaju za njegov bukalni i palatinalni zid, koji su u koronarnoj trećini značajno tanji nego mezijalni i distalni zid, što se produžava kroz srednju, pa sve do apeksne trećine. Ovako locirane kritične zone palatinalnog kanala prvih maksilarnih molara sa tri odvojena korena proističu iz ovalnog oblika palatinalnog korena, pa posledično i palatinalnog kanala, sa značajno manjim buko-palatinalnim promerom, pa samim tim i tanjim bukalnim i palatinalnim zidom duž celog kanala.

6. 2. 2 Diskusija rezultata proučavanja anatomije grupe zuba sa fuzionisanim korenovima

Rezultati morfoloških ispitivanja prvih maksilarnih molara prema broju korenova pokazali su i visoku zastupljenost zuba sa fuzionisanim korenovima. Zbog toga je u rezultatima istraživanja originalne anatomije u ovoj disertaciji posvećeno posebno pod-poglavlje 5.1.2. Članci koji se bave istraživanjima i preglednim prikazima proučavanja ove problematike od strane drugih autora navode značajno niži stepen zastupljenosti maksilarnih molara sa fuzionisanim korenovima. Radovi Cantatore-a i sar [1], Cleghorn-ai i sar. [3], Weine-a i sar. [11] i Pecora-e i sar. [13] navode da procenat ove grupe zuba sa fuzionisanim kanalima nije veći od 13%, ne odvajajući prve od drugih maksilarnih molara i ne navodeći precizno tipove fuzije, odnosno koji korenovi se međusobno spajaju. U ovoj disertaciji se na tabeli 15 i grafikonu 13 daju podaci o tipovima fuzije i tendenciji pojedinih korenova ka međusobnom spajanju. Kada je u pitanju tendencija korenova za fuzionisanje, palatinalni su bili najučestaliji, a nešto

manje DB, dok je MB imao daleko manji procenat fuzionisanja u odnosu na prethodna dva korena.

Fuzionisani korenovi su formirali jedan koren, koji ima svoje specifičnosti i razlikuje se po svojim dimenzijama i obliku od slobodnih korenova. Zbog toga su posmatrani i analizirani kao integralna anatomska jedinica.

S obzirom da se na kliničkim retroalveolarnim radiografijama morfološke varijacije ne mogu jasno detektovati, informacija o stepenu njihove učestalosti može biti od velike koristi u praktičnom radu. Dobijeni podaci, koji su podvrgnuti upoređivanju, jasno ukazuju da se posmatranjem i analizom dna kruničnog kavuma može predvideti pojava fuzije korenova i kanala. U takvim slučajevima, kao dijagnostičko sredstvo, treba koristiti CBCT zbog mogućnosti prikazivanja svih dimenzija ovih zuba iz sve tri ravni.

Tabela 17 pokazuje da najveći broj prvih maksilarnih molara sa fuzionisanim korenovima ima četiri ulaza u kanale. Rezultati sa tabele 18 pokazuju da je veliki broj neklasifikovanih kanala, koji u fuzionisanom korenu menjaju svoj tok više od tri puta. Takva složena morfologija otežava kanalnu instrumentaciju i povećava procenat neuspeha endodontske terapije, što dokazuju prikazi slučajeva uspeha, ili pak neuspeha endodontske terapije ovih zuba [33, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170].

Fuzija korenova kod prvih maksilarnih molara ne znači i postojanje fuzije kanala, što se jasno uočava sa iste tabele 18. Najveći broj fuzionisanih korenova ima dva ili tri kanala, sa istim procentom zastupljenosti (tab. 18). Njihovo spajanje i razdvajanje može da se javi na različitim nivoima korena, što ne sme da se previdi tokom eksploracije i preparacije takvih kanala. Više od trećine kanala u fuzionisanom korenu nije moguće uvrstiti ni u jedan od osam tipova klasifikacije po Vertucci-ju (tab. 18). Značajna je činjenica da najveći broj kanala u fuzionisanom korenu nema interkanalne komunikacije (tab. 20), što može da utiče na povoljniji ishod njihove endodontske terapije.

Na tabeli 19 je prikazana distribucija broja apeksnih foramena na fuzionisanim korenovima u zavisnosti od njihove veličine. Prema rezultatima merenja tokom ovih istraživanja i detaljnoj analizi dobijenih vrednosti određeno je da numerička granica između velikih i malih anatomskih foramena bude dužina manjeg prečnika u vrednosti 0,3 mm. Postoji mali broj literaturnih podataka koji diferenciraju foramene prema

njihovoj veličini, a to čine uglavnom sa fiziološkim foramenom. Maroquin Briseño i sar. 2004. [177] i Arora i Tewari 2009. [178] daju detaljne analize broja, rasporeda i promera dva prečnika fizioloških foramena, ali bez ikakvih podataka o veličini anatomskih, tzv. glavnih foramena.

Analogno fuzionisanim korenovima, urađena je i analiza kanalne morfologije slobodnih korenova prvih maksilarnih molara sa fuzijom. Sa tabele 21 se uočava da je u skoro 2/3 uzoraka bio slobodan MB koren i da je najčešće sadržao dva kanala. U većini slučajeva bilo ih je moguće svrstati po Vertucci-jevoj kategorizaciji.

U slobodnom korenu fuzionisanih prvih maksilarnih molara najveći broj nema interkanalne komunikacije (tabela 23), što ih čini lakšim za instrumentaciju od fuzionisanih korenova, pa samim tim je i veća mogućnost uspešnog ishoda endodontske terapije.

Ispitivanja su obuhvatila i statsitičku analizu broja i distribucije apeksnih foramena kod fuzionisanih i slobodnih korenova. Za slobodne korenove zuba sa fuzionisanim korenovima ovo je prikazano na tabeli 22. Generalno, na vrhu fuzionisanog korena najčešće ima dva ili četiri anatomska otvora (tab. 20), dok se kod slobodnih korenova najčešće nalazi jedan ili dva foramena. Stepem kontigencije pokazuje da što je veći broj velikih foramena na fuzionisanom korenu, to je manji broj velikih foramena na vrhu slobodnog korena. Ovo potvrđuje statistički značajna korelacija negativnog smera sa srednjom jačinom ($Rho = -0,509$; $p = 0,003$).

Ispitivanje korelacije između broja velikih foramena (tab. 20 i 24) i broja kanala u fuzionisanom korenu (tab. 18) pokazalo je da što je veći broj velikih foramena to je i veći broj kanala u “zavesi” fuzionisanih korenova. Ova povezanost je statistički značajna, pozitivnog je smera i srednje jačine ($Rho = 0,509$; $p = 0,003$).

Ispitivanjem korelacije između broja velikih foramena (tab. 23 i 24) i broja kanala u slobodnom korenu (tab. 21) pokazana je direktna pozitivna korelacija između broja foramena i broja kanala u slobodnom korenu fuzionisanih prvih maksilarnih molara. Ova korelacija je statistički značajna, pozitivnog je smera i solidne jačine ($Rho = 0,592$; $p < 0,001$).

Konstatacije iz prethodna dva pasusa navode da se broj kanala kod prvih maksilarnih molara sa fuzijom korenova uglavnom poklapa sa brojem velikih, tj. glavnih apeksnih otvora, odnosno da se centralni kanal završava jednim apeksnim

foramenom, kako kod fuzionisanog, tako i kod slobodnog korena. Ova činjenica je od važnosti za predvidljivu i uspešnu preparaciju kanala, a samim tim i povoljan ishod endodontskog lečenja.

S tačke gledišta praktične endodoncije urađena je i statistička analiza između broja ulaza u kanale i ukupnog broja foramena, obzirom da kliničar ima uvid u ulaze u kanal, ali ne i u apeksne foramene na kraju kanala. Spirmanova korelaciona analiza utvrdila je da nema statistički značajne povezanosti između ukupnog broja foramena (tab. 24) i broja ulaza u kanale (tab. 17). Postoji tendencija da veći broj foramena prati veći broj orificijuma, ali ova povezanost je slaba i nije statistički značajna ($Rho=0,285$; $p = 0,114$).

U literature nisu nađeni radovi sa ovakvim tipom ispitivanja, pa je zato izostalo upoređivanje sa rezultatima drugih autora.

Upoređivanje broja kanala i broja foramena u slobodnom i fuzionisanom korenu urađeno je kroz statističke korelacije i određivanje stepena značajnosti. Opšte karakteristike su sledeće: a) da fuzionisani korenovi imaju veći broj apeksnih foramena nego slobodni (tab. 24); b) da i kod slobodnih i kod fuzionisanih korenova što je veći broj kanala to je i veći broj foramena; c) da nema statistički značajne povezanosti između broja ulaza u kanale i broja apeksnih foramena u objedinjenom uzorku slobodnih i fuzionisanih korenova; d) da slobodni DB i P imaju po jedan apeksni foramen (tab. 25); e) najveći broj slobodnih MB korenova ima dva apeksna foramena, a značajno manje jedan ili tri apeksna foramena, a broj kanala skoro u potpunosti odgovara broju foramena (tab. 25 i 26), bez ikakve statističke značajnosti razlika ($p = 1,00$).

Navedena anatomska svojstva pojedinih korenova, pogotovu onih fuzionisanih, imaju veliki praktični značaj i treba ih stalno imati na umu tokom endodontske terapije prvih maksilarnih molara sa nekim od tipova fuzije korenova. Važno je napomenuti da ovakve analize nisu nađene u stručnoj literaturi koja se bavi ispitivanjem morfoloških karakteristika prvih maksilarnih molara, pa je upoređivanje bilo izlišno.

Dalja analiza prvih maksilarnih molara sa fuzionisanim korenovima prikazuje njihove dimenzije na nivou dna krunične komore merena u četiri smeru: mezijalnom, distalnom, bukalnom i palatinalnom, što je prikazano na tabeli 27 i grafikonu 14. Iz deskriptivne statističke analize zapaža se da je buko-palatinalni promer značajno veći od

mezio-distalnog, a da je dijagonalno postavljeni meziobukalno-distopalatinalni promer značajno veći od drugog dijagonalnog meziopalatinalno-distobukalnog promera. Ovakvi promeri direktno utiču na oblik i konturu poprečnog preseka prvih maksilarnih molara sa fuzionisanim korenovima na nivou dna koronarnog cavum-a dentis, što je od velikog praktičnog značaja tokom iznalaženja ulaza u kanale, njihove eksploracije i kasnije instrumentacije.

Pored dimenzija samog zuba sa fuzionisanim korenovima, analizirana je dužina stranica između centara ulaza u kanale i vrednosti uglova između tih stranica (tabela 28, grafikoni 15 i 16). Ove dimenzije i njihovi odnosi uslovljavaju i rastojanja između orificijuma kanala zuba sa fuzionisanim korenovima. Tako je ustanovljeno da su u četvorouglu, koji povezuje ulaze u kanale zuba sa fuzijom korenova, najduže stranice koje povezuju mb2 i p kanal i p i db kanal, a što je sve locirano u buko-palatinalnom promeru zuba (tab. 28, graf. 15). Ovo normalno uslovljava i da su uglovi između ovih i susednih stranica sa suprotnom orijentacijom značajno veći (tab. 28, graf. 16).

Kao zaključna tvrdnja ovog dela diskusije može se istaći da u do sada objavljenoj i dostupnoj naučnoj i stručnoj literaturi nisu nađena saopštenja o anatomskim svojstvima prvih maksilarnih molara sa fuzionisanim korenovima, niti uporedne analize sa istom morfološkom grupom zuba sa tri jasno odvojena korena. Zbog toga nije ni bilo moguće povlačiti paralele sopstvenih sa rezultatima drugih autora. Međutim, svi podaci su veoma važni i primenljivi za endodontsku praksu i trebalo bi da olakšaju kliničarima dijagnostiku i terapijske zahvate na prvim maksilarnim molarima sa fuzionisanim korenovima, a time sigurniji, predvidljiviji i dugotrajniji uspeh lečenja zuba sa endodontskom patologijom.

Rezultati ispitivanja anatomije prvih maksilarnih molara sa fuzionisanim korenovima nastavljaju se prikazima debljine zidova kanala u fuzionisanom korenu izmerenih u mezijalnom, distalnom, bukalnom i palatinalnom smeru na tri ključna nivoa: kronarnom, srednjem i apeksnom.

Iz tabele 29 i sa grafikona 17 se vidi da su duž celog palatinalnog kanala najmanje prosečne vrednosti i medijane izmerene u mezijalnom smeru, tj. da je mezijalni zid palatinalnog kanala najtanji. Uočava se da je u koronarnoj i apeksnoj trećini debljina distalnog zida veoma bliska dimenzijama mezijalnog, a da su na nivou srednje trećine korena sva tri zida slične debljine, bez međusobno statistički značajnih

razlika. Treba napomenuti da mesta, gde su vrednosti debljine zida najmanje, predstavljaju potencijalno ugrožene zone tokom mašinske preparacije kanala. Primenjeno na prikazane dimenzije debljine ova tri zida palatinalnog kanala, njihova eventualna ugroženost je veoma slična.

Višestruko veće vrednosti debljine zida palatinalnog kanala u bukalnom (b) pravcu postoje jer je to rastojanje do drugog kanala u fuzionisanom korenu, sa prirodno najdebljim slojem međukanalnog dentina. Obzirom da je P koren uvek fuzionisan s jednim od bukalnih korenova, onda je jasna činjenica da je najveća vrednost debljine dentinskog zida palatinalnog kanala isključivo prema bukalno.

Nešto drugačija situacija je sa DB kanalom, čiji su rezultati prikazani na tabeli 30 i grafikonu 18. Pošto se DB koren najčešće fuzioniše sa palatinalnim (tabela 15), to je i dimenzija zida DB kanala izmerena prema palatinalno sa upadljivo najvećim vrednostima. Najtanji zid i kod DB kanala bio je mezijalni na sva tri nivoa merenja, ali veoma sličnih vrednosti sa distalnim. Bukalni zid DB kanala bio statistički značajno deblji od mezijalnog i distalnog. Pored konstatacije da su najtanji zidovi potencijalno ugrožene zone tokom instrumentacije kanala, iz prikazanih rezultata proizilazi i zaključak da je DB fuzionisani koren ovalan sa manjom MD dimenzijom.

Na osnovu rezultata prikazanih u tabeli 31 i na grafikonu 19 uočava se da su duž celog MB1 kanala fuzionisanog korena najmanje vrednosti izmerene na distalnom i mezijalnom zidu. Nešto veća debljina je izmerena na bukalnom zidu, ali bez značajne razlike, dok su višestruko veće vrednosti debljine bile prema palatinalno na sva tri nivoa merenja. Obzirom da je dvostruko veći broj MB korenova bio fuzionisan sa P nego sa DB korenom, ovakvi rezultati su i logični. Važna konstatacija je da kod fuzionisanog korena mezijalni i distalni zid MB1 kanala mogu da budu ugrožene zone tokom njegove instrumentacije, a u manjoj meri je to i njegov bukalni zid.

MB2 kanal ima relativno slične karakteristike debljine zidova kao i MB1, što je prikazano na tabeli 32 i grafikonu 20. U njegovoj koronarnoj trećini najmanja vrednost debljine zida je izmerena u mezijalnom, dok su u srednjoj i apeksnoj trećini najmanje vrednosti bile u distalnom smeru. Međutim, ta dva zida i kod MB2 kanala mogu da predstavljaju ugrožene zone za vreme preparacije ovog kanala.

Ni o ovim anatomskim detaljima nisu nađeni podaci u dostupnoj literaturi, pa i uporedna diskusija izostaje. Međutim, svi prikazani podaci i karakteristike kanala kod

prvih maksilarnih molara sa fuzionisanim korenovima mogu da budu od velike pomoći u praktičnom radu u smislu predviđanja koji varijetet je u konkretnoj situaciji. Prepoznavanje anatomskih odstupanja je prvi korak ka uspešnoj endodontskoj preparaciji i sigurnijem i većem terapijskom uspehu.

U odeljku rezultata 5.1.2 E data je uporedna statistička analiza putem testiranja dimenzija prvih maksilarnih molara sa fuzionisanim korenovima i sa tri jasno razdvojena korena. Ona je ukazala na postojanje međusobnih razlika između ove dve grupe (tab. 33 i graf. 21). Na grafičkom prikazu i testiranjem razlika zaključuje se da su sve prosečne vrednosti dimenzija veće kod uzoraka sa tri odvojena korena od istoimenih dimenzija zuba sa fuzionisanim korenovima. Sve razlike su statistički visoko značajne ($p = 0,017$; $p < 0,001$). Ovaj podatak takođe ima značaja za kliničku endodontsku praksu, jer na osnovu prikazanih razlika olakšava stomatologu prepoznavanje konkretnih varijeteta prvih maksilarnih molara. Slični rezultati nisu nađeni u dostupnoj literaturi.

Statistička analiza je takođe pokazala da su odnosi dužina stranica, koje povezuju četiri orificijuma na dnu kruničnog kavuma dentis, slični između zuba sa fuzionisanim korenovima i zuba sa tri odvojena korena i kanala po Vertucci tipu IV u MB korenu. Kod obe grupe zuba stranica mb1-mb2 je najkraća, a stranica p-db najduža (tab. 3 i tab. 28).

Međutim, vrednosti dužina stranica koje povezuju mb1-mb2, p-db i db-mb1 ulaze, statistički su značajno veće kod zuba sa tri odvojena korena nego kod zuba sa fuzionisanim korenovima ($p < 0,001$). Nasuprot ovome, između dužina stranice koja povezuje mb2 i p ulaze u kanale nema statistički značajne razlike ($p = 0,072$). Navedene specifičnosti dužina i međusobnih odnosa stranica, koje povezuju centre četiri ulaza u kanale prvih maksilarnih molara, imaju odraza na vrednosti uglova koje međusobno zaklapaju susedne stranice. Vrednosti svih uglova između stranica četovrougla bile su statistički značajno različite između prvih maksilarnih molara sa tri odvojena i sa fuzionisanim korenovima ($p < 0,007$ i $p < 0,001$).

Ovo jasno govori o specifičnosti MB korena sa dva odvojena kanala po tipu Vertucci IV, njegovoj anatomskoj konfiguraciji, odnosima anatomskih parametara na

dnu krunične komore i značajno većim dimenzijama od zuba sa fuzionisanim korenovima, pogotovu u buko-palatinalnom (bp) smeru.

Kao zaključna tvrdnja ovog dela diskusije može se istaći da u do sada objavljenoj i dostupnoj naučnoj i stručnoj literaturi nisu nađena saopštenja o anatomskim svojstvima prvih maksilarnih molara sa fuzionisanim korenovima, niti uporedne analize sa istom morfološkom grupom zuba sa tri jasno odvojena korena. Zbog toga nije ni bilo moguće povlačiti paralele sopstvenih sa rezultatima drugih autora.

Međutim, izneti podaci su veoma važni i primenljivi za endodontsku praksu i trebalo bi da olakšaju kliničarima dijagnostiku, prepoznavanje i otkrivanje ključnih anatomskih detalja i njihovih razlika između dve ispitivane grupe prvih maksilarnih molara. Sve ovo treba da usavrši i olakša terapijske zahvate, a time da se postigne sigurniji, predvidljiviji i dugotrajniji uspeh lečenja ovih zuba sa endodontskom patologijom.

6. 2. 3 Diskusija rezultata proučavanja promena originalne anatomije kanala korena prvih maksilarnih molara posle primene mašinskih tehnika preparacije

Rezultati ispitivanja uticaja mašinskih tehnika instrumentacije na originalnu kanalnu anatomiju prvih maksilarnih molara pokazali su veoma interesantne i važne podatke za kliničku endodontsku praksu. Oni su prikazani kroz promenu dimenzija prečnika grupe od 45 zuba sa tri odvojena korena u poglavlju 5.2.1, sa grupom od 32 zuba sa fuzionisanim korneovima u poglavlju 5.2.2, dok su u poglavlju 5.2.3 predstavljeni rezultati promene površine pošrečnih preseka kanala korena posle preparacije sa pet mašinskih tehnika.

Objedinjeni efekat svih pet mašinskih tehnika instrumentacije kanala prvo se proverio na promeni vrednosti prečnika palatinalnih kanala prvih maksilarnih molara sa Vertucci IV konfiguracijskim tipom MB kanala. Statistički najmanje promene se odigravaju u apeksnoj trećini (tab. 34). Na ulazima u kanale, u kruničnoj i srednjoj trećini statistički značajno se više povećava vrednost prečnika u buko-palatinalnom

smeru, dok je u apeksnoj trećini obrnuta situacija, sa značajnijim povećanjem prečnika u mezio-distalnom smeru (tab. 34).

Sa tabele 35 i preglednije sa grafikona 23, koji prikazuje distribuciju vrednosti povećanja dimenzija prečnika palatinalnog kanala pod uticajem svake pojedinačne mašinske tehnike preparacije, uočava se da Revo-S najviše širi ulaz u kanal u mezio-distalnom smeru, a da Tilos to čini u buko-palatinalnom smeru, dok WaveOne (WO) ravnomerno i u nešto manjoj meri od prethodna dva širi ulaz u palatinalni kanal. SAF sistem i ProTaper Next (PTN) značajno manje i ravnomernije šire ulaz u palatinalni kanal. Kruničnu trećinu najviše širi PTN u m-d smeru, a Tilos u b-p smeru, dok u srednjoj trećini najveći efekat širenja ima WO i Tilos, ali iz različitih smerova, dok je PTN u srednjoj trećini umereno i ujednačeno širio palatinalni kanal u oba smera. Osim Tilosa, koji je značajno više od ostalih tehnika povećao b-p prečnik apeksne trećine (graf. 23), ostala četiri sistema su umereno i u najmanjoj meri širili apeksni deo palatinalnog kanala, bez statistički značajnih međusobnih razlika.

Analiza podataka iz tab. 35 i detaljan pregled graf. 23 pokazuju da SAF sistem najmanje i najravnomernije širi palatinalni kanal u svim smerovima i na svim njegovim nivoima. Slično se može konstatovati i za PTN, s da su vrednosti povećanja prečnika preparisanih kanala nešto veće, pogotovu u kruničnoj i srednjoj trećini. I Revo-S je imao umeren i ujednačen efekat širenja kanala na svim nivoima, osim izrazitog povećanja m-d prečnika na ulazu u palatinalni kanal, sa statistički visokom značajnošću razlika. Tilos i WO sistemi širili su palatinalni kanal više od ostala tri sistema, s tim da je WO u apeksnoj trećini bio na nivou ostalih, dok je Tilos i u apeksnom segmentu značajno više širio palatinalni kanal od svih ostalih sistema.

Najveće promene prečnika P kanala se dešavaju na nivou njegovog ulaza za sve primenjene tehnike, osim za ProTaper Next, koji je uzrokovao najveće promene prečnika u kruničnoj i srednjoj trećini. Najmanje promene vrednosti prečnika P kanala su registrovane u apeksnoj trećini za sve testirane mašinske tehnike instrumentacije, osim za Tilos. Ovaj sistem je iz oba pravca merenja pokazao statistički značajno veće vrednosti promene prečnika P kanala u apeksnoj trećini nego ostala četiri sistema.

Paque, Barbakow i Peters su 2005. [44] objavili rezultate ispitivanja efekta Endo EZE AET sistema, preteče Tilosa, na oblik korenskih kanala maksilarnih molara, praćen preciznim parametrima pomoću mikro-kompjuterizovane tomografije.

Konstatovali su velike količine uklonjenog dentina sa zidova kanala, tj. povećanje njihovog prečnika, visok stepen ispravljanja povijenih DB i MB kanala i apeksne transportacije, pogotovu kod MB kanala. Ovako značajne nedostatke u preparaciji povijenih kanala pripisuju ograničenoj kontroli instrumenta tokom njegovih oscilujućih kretnji, nastale recipročnim rotacijama od po 30⁰ u oba smera.

S druge strane nešto povoljnije saopštenje o AET Tilos sistemu dali su Zmener i sar. 2011. godine [179], upoređujući Tilos i ProTaper naspram ručne instrumentacije, ali samo u odnosu na prisustvo i količinu detritusa i razmaznog sloja. Ovi autori zaključuju na osnovu skeniranja elektronske mikroskopije, da su zidovi kanala preparirani hibridnom Tilos i rotirajućom ProTaper mašinskom tehnikom ostavljali čistije zidove kanala donjih ekstrahovanih molara, ali ne bez ostatka debrija na sva tri nivoa posmatranja i procenjivanja.

Važno je istaći da su se prečnici palatinalnih kanala statistički značajno povećali na svim nivoima i iz oba smera merenja posle njihove preparacije sa statistički značajnim razlikama. Ovo je potpuno u saglasnosti sa svim rezultatima ispitivanja različitih autora, koja dolaze do istih zaključaka.

Rezultati promene prečnika DB kanala posle mašinske preparacije sa pet testiranih sistema prikazani su na tabelama 36 i 37, i na grafikonima 24 i 25. Najmanje promene prečnika DB kanala dešavaju se na nivou njegove apeksne trećine za sve primenjene tehnike, osim za Tilos. Instrumentacija Tilos sistemom je uzrokovala statistički značajno povećanje dimenzija prečnika DB kanala u apeksnoj trećini u poređenju sa ostala četiri sistema, naročito u njegovom b-p pravcu. Ovo je slično rezultatima kao kod P kanala i u ponovo u saglasnosti sa saopštenjem Paque-a i sar. [44]. Sistemi sa punom rotacijom: ProTaper Next, Revo-S, kao i SAF system, dali su ujednačenije rezultate u poređenju sa WaveOne sistemom sa nejednakim recipročnim rotacijama, kao i sa i Tilos hibridnim sistemom. WaveOne je doveo do višestrukog povećanja dimenzija prečnika DB kanala u m-d pravcu u poređenju sa svim ostalim sistemima, što u kliničkom radu može da predstavlja potencijalnu opasnost od istanjenja ionako najtanjeg mezijalnog i distalnog zida ovog kanala.

Tabele 38 – 41 uz grafikoni 26 – 29 prikazali su promene prečnika MB1 i MB2 kanala prvih maksilarnih molara sa tri odvojena korena posle primene pet tehnika mašinske preparacije. Kao i kod P i DB kanala povećanja prečnika kanala merena iz dva

pravca i na četiri nivoa kanala bila su statistički značajno veća posle preparacije svakom od testiranih mašinskih tehnika ($p < 0.001$). Kod oba kanala najizrazitija povećanja prečnika merena iz dva pravca bila su na njihovom ulazu, a najmanja u apeksnoj trećini. Izuzetak je ustanovljen kod SAF sistema, koji je apeksnu trećinu MB1 kanala u njegovom b-p pravcu proširio više nego na svim ostalim nivoima tog kanala. Takođe je konstatovano da je kod preparacije ProTaper Next sistemom najveće grupisanje vrednosti promene prečnika MB1 i MB2 kanala, odnosno da je mašinska instrumentacija ovim sistemom uravnotežena. Slično bi se moglo reći i za SAF system, kod koga su odstupanja po nivoima i pravcima merenja namjanja, osim navedenog skoka u apeksnoj trećini MB1 kanala.

Upoređujući rezultate ovog istraživanja, iz dostupne literature se dobija informacija da su sva ispitivanja ovog tipa merila isključivo promenu prečnika kanala u mezo-distalnom pravcu, sa obrazloženjem da su mezijalni i distalni zidovi tanji od bukalnih i palatinalnih, pa samim tim predstavljaju i ugroženija područja u kliničkom radu [45, 80, 85, 125, 152]. Međutim, ovaj rad pokazuje da se merenjem prečnika kanala iz mezo-distalnog, ali i iz buko-palatinalnog prvaca pre i posle instrumentacije, nedvosmisleno dobija bolji i realniji uvid u efekte mašinskih tehnika na promene lumena kanala i debljine svih njegovih zidova. Takođe, rezultati ukazuju na eventualne zone koje mogu biti ugrožene određenim sistemom, ili specifičnim instrumentom za mašinsku preparaciju.

Naredno poglavlje rezultata 5.2.2 predstavilo je promene prečnika kanala prvih maksilarnih molara sa fuzionisanim korenovima posle preparacije sa tri karaktersitična sistema za mašinsku preparaciju: Revo-S (RS - sa punom rotacijom), WaveOne (WO - sa nejednakom recipročnom rotacijom) i Self Adjusting File (SAF - kratke vertikalne kretnje šupljeg mrežastog instrumenta). Tabele od 42 – 45 prikazuju razlike dimenzije prečnika, a grafikoni od 30 – 33 distribuciju vrednosti promena dimenzija prečnika svakog pojedinačnog kanala (P, DB, MB1 i MB2) na sva četiri nivoa merenja (U, K, S i A trećina) u zavisnosti od tri navedene tehnike mašinske preparacije.

Rezultati generalno pokazuju nekoliko zajedničkih karakteristika za sva četiri kanala, bez obzira na tip fuzije korenova. Prvo, prečnici kanala su povećani posle instrumentacije na sva četiri nivoa i iz oba pravca merenja, s tim da je to povećanje najmanje u apeksnoj trećini svih kanala.

Upoređivanjem vrednosti dimenzija prečnika svih kanala na četiri nivoa i iz dva pravca merenja u zavisnosti od tehnike mašinske instrumentacije utvrđeno je postojanje statistički značajne razlike između ovih tehnika na nivou orificijuma, koronarne i srednje trećine, dok nije bilo statistički značajnih razlika u apeksnoj trećini. Ovo znači da vrsta tehnike preparacije kanala nije imala uticaja na promene njegovih originalnih dimenzija jedino u apeksnoj trećini, a da je značajno menjala originalne dimenzije svih instrumentiranih kanala na nivou njihovih ulaza, koronarne i srednje trećine.

Analiza rezultata jasno je pokazala da su najmanje promene dimenzija svih kanala posle preparacije bile u apeksnoj trećini, bez obzira koja je mašinska tehnika instrumentacije primenjena. Sva istraživanja sprovedena na Ni-Ti rotirajućim instrumentima i tehnikama preparacije nedvosmisleno su pokazala da oni imaju mnogo veću elastičnost i bolju centričnost u povijenim kanalima od čeličnih instrumenata, a samim tim i mnogo ređe dovode do transportacije apeksnog dela kanala [73, 76, 79, 80, 83, 84, 86, 91, 95]. Preparacija “crown-down” tehnikom stvara prostor da instrument nesmetano obrađuje apeksnu trećinu, bez većeg opterećenja njegovog srednjeg i koronarnog dela sečiva [68, 70].

Analizom prečnika kanala iz mb i bp smera na nivou ulaza, koronarne i srednje trećine pokazano je da instrumenti uklanjaju dentin sa svih zidova i da praćenje promena samo u md smeru nije dovoljno da bi se donosili zaključci o uticaju preparacije na efekat širenja, kako najveći broj autora radi u svojim istraživanjima [45, 80, 85, 125], što je komentarisano u prethodnom odeljku diskusije o promeni prečnika kanala pod uticajem pet tehnika mašinske preparacije.

Sa tabela i grafikona takođe se vidi da su prosečne vrednosti povećanja prečnika kanala značajno manje pod uticajem SAF sistema nego Revo-S i WaveOne mašinske instrumentacije. Drugim rečima, bila je ravnomernija distribucija vrednosti porasta dimenzija prečnika kanala posle instrumentacije SAF sistemom u poređenju sa Revo-S i WaveOne tehnikom, sa visokom statističkom značajnošću razlika. O SAF sistemu, kao minimalno invazivnom motedu mašinske instrumentacije kanala, govore i brojni radovi koji su upoređivali njegove efekte sa različitim rotacionim tehnikama i instrumentima [99, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 131, 144].

S obzirom da mašinski instrument tokom preparacije kanala deluje u svim pravcima, urađena su i merenja veličine površine poprečnih preseka sva četiri kanala na sekcijama od po 0,1 mm, od ulaza do apeksnog foramena, pre i posle preparacije, sa pet sistema za mašinsku preparaciju.

U poglavlju 5.2.3, na tabelama od broja 46 do 68, i na grafikonima od broja 34 do 48, prikazani su rezultati razlike površine poprečnih preseka sva četiri kanala, kao i gubitak tkiva svakog korena, izraženog kroz razliku udela površine kanala u ukupnoj površini korena pre i posle preparacije. Rezultati su obrađeni i predstavljeni u odnosu na tehniku mašinske preparacije i po trećinama kanala 45 prvih maksilarnih molara sa tri odvojena korena i Vertucci IV tipom MB kanala.

Testirane vrednosti povećanja i razlika površina poprečnih preseka na celokupnoj dužini sva četiri kanala, primenom statističke analize parova, pokazale su da su posle preparacije sa pet različitih mašinskih tehnika sve srednje vrednosti merenih parametara bile mnogo veće od originalnih, sa visokom statističkom značajnošću razlika i stepenom pouzdanosti od $p < 0,001$.

Kada su upoređivani uticaji mašinskih tehnika na P, DB i objedinjena dva MB kanala prema njihovim trećinama, ustanovljeno je da je P kanal bio najviše proširen u svojoj srednjoj (graf. 36), a DB (graf. 40) i dva MB (graf. 48) kanala u koronarnoj trećini.

Gubitak korenskog dentina tokom mašinske preparacije P kanala za sisteme sa punom rotacijom (PTN i Revo-S) i SAF sistem bio je najveći u srednjoj trećini, a značajno manji u apeksnoj i koronarnoj. Međutim, sistemi sa recipročnim kretnjama, WaveOne i Tilos, uklanjali su kod P korena statistički značajno više parakanalnog dentina u njegovoj apeksnoj trećini u poređenju sa pomenute tri rotacione tehnike. Ovo potvrđuju i konstatacije više različitih radova, koji su pored povećanog širenja kanala u njihovoj apeksnoj regiji tokom primene mašinskih tehnika sa recipročnim kretnjama Ni-Ti instrumenata [44], registrovali i mikroprskotine parakanalnog dentina u apeksnoj trećini korena [131, 138, 145, 147]. Objašnjenje se može naći u snažnijem efektu sečenja, ili struganja dentina tokom nagle promene pravca rotacije instrumenata sa recipročnim kretnjama, pogotovu kod WO sistema, gde aktivna, rezajuća rotacija iznosi 150° , a pasivna, relaksirajuća 30° . Međutim, izrazito veće vrednosti udela povećanja površine P kanala u ukupnoj površini P korena, odnosno, veće vrednosti gubitka dentina P korena pod dejstvom Tilos sistema, čije su naizmenične rotacije samo 30° levo-desno,

mogu se objasniti velikim brojem rotacija u minuti. Njihov broj je oko oko 3000 o/min, što je skoro desetostruko više od 300-350 o/min za WaveOne sistem, pa je samim tim mnogo teže kontrolisati efekat rezanja i otklanjanja dentina sa zidova kanala.

Kod DB i oba MB kanala, prirodno užih i sa većim stepenom povijenosti [4, 15], konstatovani su drugačiji efekti testiranih mašinskih tehnika. Sa odgovarajućih grafikona uočava se da su sistemi za mašinsko širenje generalno povećavali površinu poprečnih preseka DB i oba MB kanala statistički značajno više u koronarnoj nego u apeksnoj trećini, sa izuzetkom manjeg odstupanja Revo-S tehnike kod DB kanala. Ovakav efekat je imao direktnog odraza na vrednosti promene udela površine kanala od ukupne površine korena pre i posle preparacije, odnosno od vrednosti gubitka korenskog dentina pod uticajem pet mašinskih tehnika. Sistemi WaveOne kod DB, a naročito MB kanala i Revo-S kod DB i MB kanala, sa skoro podjednakim intenzitetom su uklanjali značajno više parakanalnog dentina na svim nivoima nego ostala tri sistema.

ProTaper Next, a u nešto manjem obimu i Tilos su u umerenoj količini i sa ravnomerno raspoređenim trendom od koronarne ka apeksnoj trećini uklanjali parakanalni dentin DB i oba MB kanala. SAF sistem je u najmanjoj meri i sa podjednakim udelom na sva tri nivoa korenova uklanjao dentin sa zidova DB, MB1 i MB2 kanala.

Na osnovu urađenih korelacionih testova, a u skladu sa dosadašnjim saznanjima iz literature, može se konstatovati da je konkretna tehnika mašinske preparacije imala generalno većeg uticaja na merene parametre od lokalizacije kanala na kojoj instrument ispoljava svoj efekat, ali da postoji statistički značajna interakcija između tehnike i lokalizacije kod svih kanala prvih maksilarnih molara. Takođe se sa sigurnošću može tvrditi da je ista tehnika instrumentacije u kanalima različite anatomije ispoljavala različite efekte na različitim nivoima tog kanala.

7. ZAKLJUČCI

Na osnovu prikazanih rezultata nulta hipoteza je odbačena i donešeni su sledeći zaključci:

- Pored trokorenih, postoji značajan procenat prvih maksilarnih molara sa fuzionisanim korenovima.
- Postoje značajne razlike u dimenzijama ključnih parametara između prvih maksilarnih molara sa tri odvojena korena i sa fuzionisanim korenovima.
- Prema Vertucci-jevoj klasifikaciji u MB korenu najčešći konfiguracijski oblik bio je tipa IV; u DB i P korenu najčešći oblik je bio tip I.
- Kod zuba sa tri odvojena korena najtanji zidovi palatinalnih kanala su izmereni u buko-palatinalnom pravcu, a za disto-bukalne i mezio-bukalne kanale u mezio-distalnom pravcu.
- Kod zuba sa fuzijom korenova najtanji zidovi svih kanala su izmereni u mezio-distalnom pravcu.
- Dimenzije prečnika kanala prvih maksilarnih molara posle preparacije sa pet mašinskih tehnika promenjene su u svim pravcima, sa najizrazitijim povećanjem u mezio-distalnoj dimenziji.
- Najmanje promene prečnika kanala posle preparacije su bile u apeksnoj trećini, sa izuzetkom u palatinalnom i disto-bukalnom kanalu zuba sa tri odvojena korena posle primene Tilos sistema.
- Između testiranih sistema za mašinsku preparaciju utvrđena je statistički značajna razlika u promeni dimenzija prečnika korenskih kanala.
- ProTaper Next sistem je širio kanale u ravnomernom trendu od ulaza ka apeksnoj trećini, sa neznatnim i retkim odstupanjima.
- SAF sistem je u najmanjoj meri i ravnomerno širio sve kanale prvih maksilarnih molara sa fuzionisanim korenovima.
- Površina poprečnih preseka kanala na svim nivoima i posle svih mašinskih sistema je povećana više u koronarnoj i srednjoj nego u apeksnoj trećini.

- WaveOne i Revo-S mašinske tehnike su dovodile do najvećih promena poprečnih preseka MB kanala, a samim tim do najvećeg gubitka tkiva MB korena.
- Između testiranih sistema za mašinsku preparaciju utvrđena je statistički značajna razlika u promeni površine poprečnih preseka korenskih kanala.
- Uticaj tehnike preparacije je značajniji od uticaja lokalizacije u kanalu gde su mereni ključni parametri.
- Ista mašinska tehnika u različitim kanalima ispoljava različite efekte.

Reference

1. Cantatore G, Berutti E, Castellucci A: Missed anatomy: frequency and clinical impact. *Endod Topics*. 2009; 15(1): 3-15.
2. Peters OA, Laib A, Rügsegger P, Barbakow F: Three-dimensional analysis of root canal geometry by high-resolution computed tomography. *J Dent Res*, 2000; 79(6): 1405-9.
3. Cleghorn BH, Christie WM, Dong CCS. Root and root canal morphology of the human permanent maxillary first molar: A literature review. *J Endod*, 2006; 32(9): 813-21.
4. Beljić-Ivanović K: Broj, konfiguracija, smer i oblik povijenosti korenskih kanala prvih maksilarnih molara. Magistarski rad, Stomatološki Fakultet, Univerzitet u Beogradu, 2003.
5. Lee JH, Kim KD, Lee JK et al: Mesio Buccal root canal anatomy of Korean maxillary first and second molars by cone-beam computed tomography. *Oral Surg Oral med Oral Path Oral Radiol Endod*, 2011; 111(6): 785-91.
6. Neelekantan P, Subbarao C, Ahuja R, Subbarao CV, Gutmann JL: Cone-beam computed tomography study of root and canal morphology of maxillary first and second molars in an Indian population. *J Endod*, 2010; 36(10): 1622-7.
7. Zhang R, Yang H, Yu X, Hu T & Dummer PMH: Use of CBCT to identify the morphology of maxillary permanent molar teeth in a Chinese subpopulation. *Int Endod J*, 2011; 42(2): 162-9.
8. Grover C, Shetty N: Methods to study root canal morphology: A review. *ENDO*, 2012; 6(3): 171-82.

9. Walton R, Torabinejad M: Principles and practice of Endodontics, ed 2. Philadelphia, PA, WB Saunders Co, 2003.
10. Ingle JI, Bakland KL, Baumgartner CJ (edits): Ingle's Endodontics. Lewiston, New York: BC Decker, 2008.
11. Weine FS, Healey HJ, Gerstein H, Evanson L: Canal configuration in the mesiobuccal root of the maxillary first molar and its endodontic significance. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 1969; 28(3): 419-25.
12. Verma P, Love M: A micro CT study of the mesiobuccal root canal morphology of the maxillary first molar tooth. *Int Endod J*, 2011; 44(3): 210-17.
13. Pecora JD, Woelfel JB, Sousa Netto MD, Issa EP: Morphologic study of maxillary molars. Part II: Internal anatomy, *Braz Dent J*, 1992; 3(1): 53-7.
14. Sert S, Bayirli GS: Evaluation of the root canal configurations in the mandibular and maxillary permanent teeth by gender in the Turkish population. *J Endod*, 2004; 30(6): 391-8.
15. Beljić-Ivanović K, Teodorović N: Morfološke karakteristike meziobukalnih kanala prvih maksilarnih molara. *Srp Arh Celok Lek*, 2010; 137(7-8): 414-9.
16. Al Shalabi RM, Omer OE, Glennon J, Jennings M, Claffey NM: Root canal anatomy of maxillary first and second molars. *Int Endod J*, 2000; 33(5): 405-14.
17. Wasti F, Shearer AC, Wilson NH: Root canal systems of the mandibular and maxillary first permanent molar teeth in South Asian Pakistanis. *Int Endod J*, 2001; 34(4): 263-6.
18. Ng Y-L, Aung TH, Alavi A, Gulabivala K: Root and canal morphology of Burmese maxillary molars. *Int Endod J*, 2001; 34(8): 620-30.

19. Vertucci FJ: Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surg, Oral Path, Oral Med*, 1984; 58(5): 589-99.
20. Bjørndal L, Carlsen O, Thuesen G, Darvann T, Kreiborg S: External and internal micromorphology in 3D-reconstructed maxillary molars using computerized x-ray microtomography. *Int Endod J*, 1999; 32(1): 3-9.
21. Rhodes JS, Pitt Ford TR, Lynch PJ, Liepins PJ, Curtis RV: Micro-computed tomography: a new tool for experimental endodontology. *Int Endod J*, 1999; 32(3): 165-70.
22. Bergmans L, Van Cleynenbreugel J, Wevers M, Lambrechts P: A methodology for quantitative evaluation of root canal instrumentation using microcomputed tomography. *Int Endod J*, 2001; 34(5): 390-8.
23. Somma F, Leoni D, Plotino G, Grande NM, Plasschaert A: Root canal morphology of the mesiobuccal root of maxillary first molars: a micro-computed tomographic analysis. *Int Endod J*, 2009; 42(2): 165-74.
24. Gu Y, Lee JK, Spångberg LS et al: Minimum-intensity projection for in-depth morphology study of mesiobuccal root. *Oral Surg Oral Med Oral Path Oral Radiol Endod*, 2011; 112(6): 671-7.
25. Michetti J, Maret D, Mallet JP, Diemer F: Validation of cone beam computed tomography as a tool to explore root canal anatomy. *J Endod*, 2010; 36(7): 1187-90.
26. Riitano F: A comparison of the true shape of the root canal and its relationship to the endodontic file within it. *Endod Pract*, 2012; 3(1): 22-6.
27. Patel S, Dawood A, Whaites E, Pitt Ford T: New dimensions in endodontic imaging: Part 1. Conventional and alternative radiographic systems. *Int Endod J*, 2009; 42(6): 447-62.

28. Patel S: New dimensions in endodontic imaging: Part 2. Cone beam computed tomography. *Int Endod J*, 2009; 42(6): 463-75.
29. Klingenbeck-Regn K, Flohr T, Ohnesorge B, Kopp AF, Baum U: Subsecond multi-slice computed tomography: basics and applications. *Eur J Radiol*, 1999; 31(2): 110-24.
30. Tachibana H, Matsumoto K: Applicability of x-ray computerized tomography in endodontics. *Dent Traumat*, 1990; 6(1): 16-20.
31. Huuononen S, Kvist T, Grondahl K, Molander A: Diagnostic value of computed tomography in re-treatment of root fillings in maxillary teeth. *Int Endod J*, 2006; 39(10): 827-33.
32. Gergi R, Abou Rjeily J, Osta N, Sader J, Naaman A: Taper preparation variability compared to current taper standards using computed tomography. *Int J Dentistry*, 2012; Article ID 265695, 4 pages, doi: 10.1155/2012/265695.
33. Gopikrishna V, Bhargavi N, Kandaswamy D. Endodontic management of a maxillary first molar with a single root and a single canal diagnosed with the aid of spiral CT: a case report. *J Endod*. 2006; 32(7): 687–91.
34. Aggarwal V, Singla M, Logani A, Shah N: Endodontic management of a maxillary first molar with two palatal canals with the aid of spiral computed tomography: a case report. *J Endod*, 2009; 35(1): 137-9.
35. Ballal S, Sachdeva GS, Kandaswamy D: Endodontic management of a fused mandibular second molar and para-molar with the aid of spiral computed tomography: a case report. *J Endod*, 2007; 33(10): 1247-51.

36. Shemesh H, Van Soest G, Wu MK, van der Sluis LW, Wesselink P: The ability of optical coherence tomography to characterize the root canal walls. *J Endod*, 2007; 33(11): 1369-73.
37. Dowker SE, Davis GR, Elliott JC: X-ray microtomography: nondestructive three-dimensional imaging for in vitro endodontic studies. *Oral Surg Oral Med Oral Path Oral Radiol Endod*. 1997; 83(4): 510-516.
38. Balto K, Müller R, Carrington D, Dobeck J, Stashenko P: Quantification of periapical bone destruction in mice by micro-computed tomography. *J Dent Res*, 2000; 79(1): 35-40.
39. Bramante C, Berbert A, Borges R: A methodology for evaluation of root canal instrumentation. *J Endod*, 1987; 13(5): 143-5.
40. Portenier I, Lutz F, Barbakow F: Preparation of the apical part of the root canal by the Lightspeed and step-back techniques. *Int Endod J*, 1998; 31(2): 103-11.
41. Peters OA, Schönenberger K, Laib A: Effects of four Ni-Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. *Int Endod J*, 2001; 34(3): 221-30.
42. Peters OA, Peters CI, Schönenberger K, Barbakow F: ProTaper rotary canal preparation: effects of canal anatomy on final shape analysed by micro CT. *Int Endod J*, 2003; 36(2): 86-92.
43. Peters OA: Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: A review. *J Endod*, 2004; 30(8): 559-67.
44. Paqué F, Barbakow F, Peters OA: Root canal preparation with Endo-Eze AET: changes in root canal shape assessed by micro-computed tomography. *Int Endod J*, 2005; 38(7): 456-64.

45. Markvart M, Darvann TA, Larsen P, Dalstra M, Kreiborg S, Bjørndal L: Micro-CT analyses of apical enlargement and molar root canal complexity. *Int Endod J*, 2012; 45(3): 273-81.
46. Arai Y, Tammissalo E, Iwai K, Hashimoto K, Shinoda K: Development of a compact computed tomographic apparatus for dental use. *Dentomaxillofac Radiol*, 1999; 28(4): 245-8.
47. Mozzo P, Procacci C, Tacconi A, Martini PT, Andreis IA: A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results. *Eur Radiol*, 1998; 8(9): 1558-64.
48. Oliviera A: Small field of view cone beam tomography and endodontics. *Endod Pract*, 2012; 2(1): 26-35.
49. Hirsch E, Graf H-L, Hemprich A: Comparative investigation of image quality of three different X-ray procedures. *Dentomaxillofac Radiol*, 2003; 32(3): 201-11.
50. Ahlowalia MS, Patel S, Anwar HMS, Cama G, Austin RS, Wilson R, Mannocci F: Accuracy of CBCT for volumetric measurement of simulated periapical lesions. *Int Endod J*, 2013; 46(6): 538-46.
51. Bartling SH, Majdani O, Gupta R, Irsar.: Large scan field, high spatial resolution flat-panel detector based volumetric CT of the whole human skull base for maxillofacial imaging. *Dentomaxillofac Radiol*, 2007; 36(6): 317-27.
52. Patel S, Dawood A, Pitt Ford T, Whaites E: The potential applications of cone beam computed tomography in the management of endodontic problems. *Int Endod J*, 2007; 40(10): 818-30.

53. Cotton TP, Geisler TM, Holden DT, Schwartz SA, Schindler WG: Endodontic application of cone-beam volumetric tomography. *J Endod*, 2007; 33(9), 1121-32.
54. Durack C, Patel S: Cone beam computed tomography in endodontics. *Brazil Dent J*, 2012; 23(3): 179-91.
55. Durack C, Patel S: The use of cone beam computed tomography in the management of dens invaginatus affecting a strategic tooth in a patient affected by hypodontia: a case report. *Int Endod J*, 2011; 44(5): 474-83.
56. Kahan R: Cone beam CT and endodontics. *Endo Pract*, 2012; 5(5): 38-40.
57. Tian Y.Y, Guo B, Zhang R, Yu X, Wang H, Hu T, Dummer PMH: Root and canal morphology of maxillary first premolars in a Chinese subpopulation evaluated using cone-beam computed tomography, *Int Endod J*, 2012; 45(11): 996-1003.
58. Matherne RP, Angelopoulos C, Kulilid JC, Tira D: Use of cone-beam computed tomography to identify root canal systems in vitro. *J Endod*, 2008; 34(1): 87-9.
59. D'Adazio PSS., Campos CN, Özcan M, Teixeira HGC, Passoni RM, Carvalho ACP: A comparative study between CBCT and periapical radiographs in the diagnosis of simulated endodontic complications. *Int Endod J*, 2011; 44(3): 218-24.
60. Patel S, Wilson R, Dawood A, Mannocci F: The detection of periapical pathosis using periapical radiography and cone beam computed tomography – Part 1: pre-operative status. *Int Endod J*, 2012; 45(8): 702-10.
61. Patel S, Wilson R, Dawood A, Foschi F, Mannocci F: The detection of periapical pathosis using digital periapical radiography and cone beam computed tomography – Part 2: a 1-year post-treatment follow-up. *Int Endod J*, 2012; 45(8): 711-23.

62. Liang Y-H, Li G, Wesselink PR, Wu M-K: Endodontic outcome predictors identified with periapical radiographs and cone-beam computed tomography scans. *J Endod*, 2011; 37(3): 326-31.
63. Imura N, Pinheiro ET, Gomes BP, Zaia AA, Ferraz CC, Souza-Filho FJ: The outcome of endodontic treatment: a retrospective study of 2000 cases performed by a specialist. *J Endod*, 2007; 33(11): 1278-82.
64. Liang Y-H, Yuan M, Li G, Shemesh H, Wesselink PR, Wu M-K: The ability of cone-beam computed tomography to detect simulated buccal and lingual recesses in root canals. *Int Endod J*, 2012; 45(8): 724-729.
65. Nascimento MMC, Nejaim Y, de Almeida SM, Bóscolo FZ, Haiter-Neto F, Sobrinho L C, Silva EJNL: Influence of cone beam CT enhancement filters on diagnosis ability of longitudinal root fractures. *J Head and Neck Imag-Dentomaxillofac Radiol*, online, 2014; Febr.05.
66. Patel S, Durack C, Abella F, Roig M, Shemesh H, Lambrechts P i Lemberg K: European Society of Endodontology position statement: the use of CBCT in endodontics. *Int Endod J*, 2014; 47(6): 502-4.
67. Schilder H: Cleaning and shaping of the root canal. *Dent Clin North Amer*, 1974; 18(2): 269-96.
68. Castellucci A: Schilder's technique for shaping the root canal system. U: Castellucci A, West JD: *Endodontics*, Vol. II. Il Tridente, Firenze, 2005; 438-467.
69. Stock CJR, Gulabivala K, Walker RT, Goodman JR: *Color Atlas and Text of Endodontics*. Sec. edit. Mosby-Wolfe, London, Baltimore, 1995; 112-44.

70. Scianamblo MJ: A contemporary approach to cleaning and shaping of the root canal system emphasizing “Early coronal enlargement”. U: Castellucci A, West JD: Endodontics, Vol. II. Il Tridente, Firenze, 2005; 470-500.
71. Calberson FLG, Deroose CAJG, Hommez GMG, DeMoor RJG: Shaping ability of ProTaper nickel-titanium files in simulated resin root canals, Int Endod J, 2004; 37(9): 613-23.
72. Kosti E, Zinelis S, Molyvda I, Lambrianidis T: Effect of root canal curvature on the failure incidence of ProFile rotary Ni-Ti endodontic instruments. Int Endod J, 2011; 44(10): 917-25.
73. Berutti E, Cantatore G: Rotary instruments in nickel titanium. U: Castellucci A, West JD: Endodontics, Vol. II. Il Tridente, Firenze, 2005; 518-545.
74. Thompson SA: An overview of nickel-titanium alloys used in dentistry. Int Endod J, 2000; 33(4): 297-310.
75. Gutmann JL, Gao Y: Alteration in the inherent metallic and surface properties of nickel-titanium root canal instruments to enhance performance, durability and safety: a focused review. Int Endod J, 2012; 45(2): 113-28.
76. Yoneyama T, Kobayashi C: Endodontic instruments for root canal treatment using Ni-Ti shape memory alloys. U: Yoneyama T, Miyazaki S.: Shape Memory Alloys for Biomedical Application. Cambridge, Woodhead Publishing Ltd, 2009; 297-305.
77. Hou XM, Yahata Y, Hayashi Y, Ebihara A, Hanawa T, Suda H: Phase transformation behavior and bending property of twisted nickel-titanium endodontic instruments. Int Endod J, 2011; 44(3): 253-58.

78. Guezlow A, Stamm O, Martus P, Kielbass AM: Comparative study of six rotary nickel-titanium systems and hand instrumentation for root canal preparation. *Int Endod J*, 2004; 38(1): 743-52.
79. Gergi R, Rjeily JA, Sader J, Naaman A: Comparison of canal transportation and centering ability of twisted files, Pathfile-ProTaper system, and stainless steel hand K-files by using computed tomography. *J Endod*, 2010; 36(5): 904-7.
80. El Batouty KM, Fekry WW: Canal centering ability of Mtwo, Twisted Files and Revo-S nickel-titanium rotary instruments. *ENDO*, 2012; 6(2): 125-30.
81. Schäfer E, Erler M, Dammaschke T: Comparative study on the shaping ability and cleaning efficiency of Rotary Mtwo instruments. Part 1. Shaping ability in simulated curved canals. *Int Endod J*, 2006; 39(3): 196-202.
82. 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.
83. Iqbal MK, Firic S, Tulcan J, Karabucak B, KimS: Comparison of apical transportation between ProFile and ProTaper NiTi rotary instruments. *Int Endod J*, 2004; 37(6): 359-64.
84. Castellucci A: Curved Canals. U: Castellucci A, West JD: *Endodontics*, vol II, Il Tridente Srl, Firenze, 2005; 502-17.
85. Pasternak-Junior B, Sousa-Neto MD, Silva RG: Canal transportation and centering ability of RaCE rotary instruments. *Int Endod J*, 2009; 42(6): 499-506.

86. Gonzales Sanchez JA, Duran-Sindreu F, Albuquerque M, Garsia Carabano T, Mercade Belido M, Morello Castro S, Roig Cayon M: Apical transportation created using three different patency instruments. *Int Endod J*, 2010; 43(7): 560-4.
87. Berutti E, Paolino DS, Chiandussi G i sar: Root canal anatomy preservation of WaveOne reciprocating files with or without glide path. *Int Endod J*, 2012; 38(1): 101-4.
88. Thompson SA, Dummer PMH: Shaping ability of ProFile 0.4 taper series 29 rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals. Part 1. *Int Endod J*, 1997; 30(1): 1-7.
89. Young GR, Parashos P, Messer HH: The principles of techniques for cleaning root canals. *Austr Dent J*, 2007; 52(1 Suppl): S 52-63.
90. Hülsmann M, Herbst U, Schäfer F: Comparative study of root-canal instruments Lightspeed and Quantec SC rotary NiTi instruments. *Int Endod J*, 2003; 36(11): 748-56.
91. Hülsmann M, Peters OA, Dummer PMH: Mechanical preparation of root canals, shaping goals, techniques and means. *Endod Topics*, 2005; 10(1): 30-76.
92. Rzhhanov EA, Belyaeva TS: Design features of rotary root canal instruments. *ENDO*, 2012; 6(1): 29-39.
93. Bergmans L, Lambrechts P: Root Canal Instrumentation. U: Bergenholtz G, Hørsted-Bindslev P, Reit C: Textbook of Endodontology, Sec. edit. Blackwell Publishing Ltd, 2010; 169-192.
94. Ayar LR, Love MR: Shaping ability of ProFile and K3 rotary Ni-Ti instruments when used in a variable tip sequence in simulated curved root canals. *Int Endod J*, 2004; 37(9): 593-601.

95. Ruddle CJ: ProTaper Technique. Shaping the Future of Endodontics. U: Castellucci A, West JD: Endodontics, vol II, Il Tridente Srl, Firenze, 2005; 548-63.
96. Buchanan SL: Prosystem GT. U: Castellucci A, West JD: Endodontics, vol II, Il Tridente Srl, Firenze, 2005; 564-79.
97. Saber ADM, Seeda MMAA, Hassanien E: The effect of instrument material, taper and degree of root canal curvature on cyclic fatigue of rotary nickel-titanium instruments. ENDO, 2013; 7(1): 59-64.
98. da Silva FM, Kobayashi C, Suda H: Analysis of force developed during mechanical preparation of extracted teeth using RaCe rotary instruments and ProFiles. Int Endod J, 2005; 38(1): 17-21.
99. Kim HC, Sung SY, Ha JH, Solomonov M, Lee JM, Lee CJ, Kim BM: Stress generation during self-adjusting file movement: minimally invasive instrumentation. J Endod, 2013; 39(12): 1572-5.
100. Rundquist BD, Versluis A: How does canal taper affect root stresses? Int Endo J, 2006; 39(3): 226-37.
101. Basrani B, Roth K, Sas G, Kisben A, Peters O: Torsional profiles of new and used Revo-S rotary instruments: An in vitro studies. J Endod, 2011; 37(7): 989-92.
102. Yum J, Cheung GS-P, Park J-K, Hur B, Kim H-C: Torsional strength and toughness of nickel-titanium rotary files. J Endod, 2011; 37(3): 382-6.
103. Dammaschke T, Schäfer E: Mechanical root canal preparation with the ENDOflash system – A review. Acta Stomatologica Naissi, 2004; 20(46): 261-74.

104. Yared G, Sleiman P: Failure of ProFile instruments with air, high torque control and low torque control motors. *Oral Surg Oral Med Oral Path Oral Radiol*, 2002; 93(1): 92-6.
105. Bürklein S, Schäfer E: The influence of various automated devices on the shaping ability of Mtwo rotary nickel-titanium instruments. *Int Endod J*, 2006; 39(12): 945-51.
106. Darabara M, Bourithis L, Zinelis S, Papadimitiou GD: Susceptibility to localized corrosion of stainless steel and NiTi endodontic instruments in irrigating solutions. *Int Endod J*, 2004; 37(10): 705-10.
107. Berutti E, Angelici E, Rigolone M, Migliaretti M, Pasqualini D: Influence of sodium hypochlorite on fracture properties and corrosion of ProTaper rotary instruments. *Int Endod J*, 2006; 39(9): 693-9.
108. Dobo-Nagy C, Keszthelyi G, Szabo J, Soloyk P, Ledeczky G: A computerized method for mathematical description of three-dimensional root canal axis. *J Endod*, 2000; 26(11): 639-43.
109. Spanaki-Voreadi AP, Kerezoudis NP, Zinelis S: Failure mechanism of ProTaper Ni-Ti rotary instruments during clinical use: fractographic analysis. *Int Endod J*, 2006; 39(3): 171-8.
110. Pedulla E, Plotino G, Grande NM, Scibilia M, Pappalardo A, Malagnino VA, Rapisarda E: Influence of rotational speed on the cyclic fatigue of Mtwo instruments. *Int Endod J*, 2014; 47(6): 514-19.
111. Kosti E, Zinelis S, Molyvdas I, Lambrianidis T: Effect of root canal curvature in the failure incidence of ProFile rotary Ni-Ti endodontic instruments. *Int Endod J*, 2011; 44(10): 917-25.

112. Fife D, Gambarini G, Brito LR: Cyclic fatigue testing of ProTaper NiTi rotary instruments after clinical use. *Oral Surg Oral Med Oral Path Oral Radiol Endod.* 2004; 97(3): 251-56.
113. Plotino G, Grande NM, Melo MC, Bahia MG, Testarelli L, Gambarini G: Cyclic fatigue of NiTi rotary instruments in a simulated apical abrupt curvature. *Int Endod J*, 2010; 43(3): 226-30.
114. Stojanac I: Ispitivanje dinamičkog zamora nikel-titanijumskih instrumenata pune rotacije. Doktorska teza, Univerzitet u Novom Sadu, 2011.
115. Lopes HP, Vieira MVB, Elias CN, Siqueira JF, Gonçalves LS, Vieira VTL: Location of the canal curvature and its influence on the resistance to fatigue fracture of two rotary nickel-titanium endodontic instruments: *ENDO*, 2013; 7(1); 53-8.
116. Plotino G, Grande NM, Cordaro M, Testarelli L, Gambarini G: A review of cyclic fatigue testing of nickel-titanium rotary instruments. *J Endod*, 2009; 35(11): 1469-76.
117. Ye J, Gao Y: Metalurgical characterization of M-wire Nickel Titanium shape memory alloy used for endodontic rotary instruments during low-cycle fatigue. *J Endod*, 2012; 38(1): 105-8.
118. Montalvao D, Shengwen Q, Freitas M: A study of the influence of Ni-Ti M-Wire in the flexural fatigue life of endodontic rotary files by using Finite Elements Analysis. *Mat Sci & Engeneer: C*, 2014; 40(3): 172-9.
119. Metzger Z, Teperovich E, Zary R, Cohen R, Hof R: The Self-adjusting File (SAF). Part 1: Respecting the root canal anatomy- A new concept of endodontic files and its implementation. *J Endodont*, 2010; 36(4): 679-90.

120. Hof R, Perevalov V, Eltanany M, Zary R, Metzger Z: The Self-adjusting File (SAF). Part 2: mechanical analysis. *J Endod*, 2010; 36(4): 691-6.
121. Metzger Z, Zary R, Cohen R, Teperovich E, Paque F: The quality of root canal preparation and root canal obturation in canals treated with rotary versus Self-adjusting files: A three-dimensional micro computed tomographic study. *J Endod*, 2010; 36(9): 1569-73.
122. Metzger Z, Teperovich E, Cohen R, Zary R, Pagué F, Hülsmann M: The Self-adjusting File (SAF). Part 3: removal of debris and smear layer – a scanning electron microscope study. *J Endod*, 2010; 36(4): 697-702.
123. Peters OA, Pagué: Root canal preparation of maxillary molars with the self-adjusting file: a micro-computed tomography study. *J Endod*, 2011; 37(1): 53-7.
124. Abramovitz I, Relles-Bonar S, Baransi B, Kfir A: The effectiveness of self-adjusting file to remove residual gutta-percha after retreatment with rotary files. *Int Endod J*, 2012; 45(4): 386-92.
125. Fayyad DM, Sabet NE, El-Hafiz MA: Computed tomographic evaluation of the apical shaping ability of Hero Shaper and Revo-S. *ENDO*, 2012; 6(2): 119-24.
126. Bürklein S, Börjes L, Schäfer E: Comparison of preparation of curved root canals with Hyflex CM and Revo-S rotary nickel-titanium instruments. *Int Endod J*, 2014; 47(5): 470-6.
127. Arias A, Singh R, Peters O: Torque and force induced by ProTaper Universal and ProTaper Next during shaping of large and small root canals in extracted teeth. *J Endod*, 2014; 40(7): 973-6.

128. Elnaghy AM: Cyclic fatigue resistance of ProTaper Next nickel-titanium rotary files. *Int Endod J*, 2014; 47(8): .
129. Kocak MM, Cicek E, Kocak S, Saglam BC, Yilmaz N: Apical extrusion of debris using ProTaper Universal and ProTaper Next rotary systems. *Int Endod J*, 2014; 47(5):
130. Tastarelli L, Plotino G, Al-Sudani D, Vincenzi V, Giansiracusa A, Grande NM, Gambarini G: Bending properties of a new Nickel-Titanium alloy with a lower percent by weight of nickel. *J Endod*, 2011; 37(9): 1293-5.
131. Peters OA, Paqué F: Current developments in rotary root canal instrument technology and clinical use: A review. *Quint Intern*, 2010; 41(6): 479-488.
132. Yared G: Canal preparation using only one Ni-Ti rotary instrument-preliminary observations. *Int Endod J*, 2008; 41(4): 339-44.
133. Gambarini G, Gergi R, Naaman A, Osta N, Al Sudani D: Cyclic fatigue analysis of twisted file rotary NiTi instruments used in reciprocating motion. *Int Endod J*, 2012; 45(9): 802-6.
134. Plotino G, Grande NM, Testarelli L, Gambarini G: Cyclic fatigue of Reciproc and WaveOne reciprocating instruments. *Int Endod J*, 2012; 45(7): 614-18.
135. Gavini G, Caldeira L, Akisue E, Candeiro GT, Akemi D, Kawakami S: Resistance to flexural fatigue of Reciproc R25 files under continuous rotation and reciprocating movements. *J Endod*, 2012; 38(5): 684-7.
136. Pedulla E, Grande NM, Plotino G, Palermo F, Gambarini G, Rapisarda E: Cyclized fatigue resistance of two reciprocating nickel-titanium instruments after immersion in sodium hypochlorite. *Int Endod* 2013; 46(2): 155-9.

137. Kiefner P, Ban M, De-Deus G: Is the reciprocating movement *per se* able to improve the cyclic fatigue resistance of instruments? *Int Endod J*, 2014; 47(5): 430-7.
138. Berutti E, Paolino DS, Chiandussi G et al: Root canal anatomy preservation of WaveOne reciprocating files with or without glide path. *J Endod*, 2012; 38(1): 101-4.
139. Lopes WSP, Lopes HP, Elias CN, Vieira MV, Batista MMD, Cunha RS: Resistance to bending and buckling of WaveOne and Reciproc instruments. *ENDO*, 2014; 8(2): 153-6.
140. Bürklein S, Schäfer E: Apically extruded debris with reciprocating single-file and full-sequence rotary instrumentation systems. *J Endod*, 2012; 38(6): 850-2.
141. Bürklein S, Benten S, Schäfer E: Quantitative evaluation of apically extruded debris with different single-file systems: Reciproc, F 360 and OneShape versus Mtwo. *Int Endod J*, 2014; 47(5): 405-10.
142. Lu Y, Wang R, Zhang L, Li HL, Zheng QH, Zhou XD, Huang DM: Apically extruded debris and irrigant with two Ni-Ti systems and hand files when removing root fillings: a laboratory study. *Int Endod J*, 2013; 46(12): 1125-30.
143. Tinico JM, De-Deus G, Tinoco EMB, Saavedra F, Fidel RAS, Sasson L: Apical extrusion of bacteria when using reciprocating single-file and rotary multifile instrumentation systems. *Int Endod J*, 2014; 47(6): 560-6.
144. Yoldas O, Yilmaz S, Atakan G, Kuden C, Kasan Z: Dentinal microcrack formation during root canal preparations by different NiTi rotary instruments and Self-Adjusting File. *J Endod*, 2012; 38(3): 232-5.

145. Ashwinkumar V, Krithikadatta J, Surendran S, Velmurugan N: Effect of reciprocating file motion on microcrack formation in root canals: an SEM study. *Int Endod J*, 2014; 47(7): 622-27.
146. Berutti E, Chiandussi G, Paolino DS et al: Canal shaping with WaveOne Primary reciprocating files and ProTaper system: a comparative study. *J Endod*, 2012; 38(6): 505-9.
147. Bürklein S, Tsotsis P, Schäfer E: Incidence of dentinal defects after root canal preparation: reciprocating versus rotary instrumentation. *J Endod*, 2013; 39(4):501-4.
148. Webber J, Machtou P, Pertot W, Kuttler S, Ruddle C, West J: The WaveOne single-file reciprocating system. *Roots*, 2011; 7(1): 28-33.
149. Yared G: Canal preparation with only one reciprocating instrument without prior hand filling: A new concept. *Quality Endodontic Distributors Ltd, Online Catalogue*, 2011; 1-8.
150. Bürklein S, Hinschitza K, Dammaschke T, Schäfer E: Shaping ability and cleaning effectiveness of two single-file systems in severely curved canals of extracted teeth: Reciproc and WaveOne versus Mtwo and ProTaper. *Int Endod J*, 2012; 45(5): 449-61.
151. Bürklein S, Benten S, Schäfer E: Shaping ability of different single-file systems in severely curved root canals of extracted teeth. *Int Endod J*, 2013; 46(6): 590-7.
152. Sauaia TS, Gomes BPF, Pinheiro BPF, Zaia AA, Ferray CCR, Souza-Filho FJ, Valdrighi L: Thickness of dentine in mesial roots of mandibular molars with different lengths. *Int End J*. 2010; 43 (7): 555-9.

153. Bryant S, Thompson SA, Al-Omari M, Dummer P: Shaping ability of Profile rotary nickel-titanium instruments with ISO sized tips in simulated root canals. Part 1. *Int Endod J*, 1998; 31 (3), 275-81.
154. Bryant S, Thompson SA, Al-Omari M, Dummer P: Shaping ability of Profile rotary nickel-titanium instruments with ISO sized tips in simulated root canals. Part 2. *Int Endod J*, 1998; 31 (3), 282-9.
155. Paqué F, Musch U, Hülsmann M: Comparison of root canal preparation using RaCe and ProTaper rotary Ni-Ti instruments. *Int Endod J*, 2005, 38(1), 8-16.
156. Paqué F, Al-JadaaA, Kfir A: Hard tissue debris accumulation created by conventional rotary versus self-adjusting file instrumentation in mesial root canal systems of mandibular molars. *Int Endod J*, 2012; 45(5), 413-18.
157. Jodway B, Hülsmann M: A comparative study of root canal preparation with NiTi-TEE and K3 rotary Ni-Ti instruments. *Int Endod J*, 2006; 39(1), 71-80.
158. de Lima Dias JR, Nevares G, Xavier F, Gominho LF, de Albuquerque DS: A comparative study of ProTaper and Twisted File nickel titanium instruments in curved canals preparation. *Stom glas Srb*, 2013; 60(4), 175-9.
159. Bürklein S, Hiller C, Huda M, Schäfer E: Shaping ability and cleaning effectiveness of Mtwo versus coated and uncoated EasyShape instruments in severely curved root canals of extracted teeth. *Int Endod J*, 2011; 44(5), 447-57.
160. Schäfer E, Diez C, Hoppe W, Tapel J: Roentgenographic investigation of frequency and degree of canal curvatures in human permanent teeth. *J Endod*, 2002; 28(2), 211-6.

161. Fava LRG. Root canal treatment in an unusual maxillary first molar, *Int Endod J.* 2001; 34(8): 649-53.
162. De Moor RJG. C-shaped root canal configuration in maxillary first molars. *Int Endod J.* 2002; 35(2): 200-8.
163. Yilmaz Z, Tuncel B, Serper A, Calt S. C-shaped root canal in a maxillary first molar: a case report. *Int Endod J.* 2006; 39(2): 162–6.
164. Gopikrishna V, Reuben J. Endodontic management of a maxillary first molar with two palatal roots and a single fused buccal root diagnosed with spiral computed tomography – a case report. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2008; 105: e74-e78.
165. de la Torre F, Rafael Cisneros-Cabello R, Aranguren JL, Roberto Estévez, Eugenio Velasco-Ortega E, Segura-Egea JJ. Single-rooted maxillary first molar with a single canal: endodontic retreatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2008; 106: e-66-e68.
166. C-K Song, Chang H-S, Min K-S. Endodontic management of supernumerary tooth fused with maxillary first molar by using cone-beam computed tomography. *J Endod.* 2010; 36(11): 1901-4.
167. Ioannidis K, Lambrianidis T, Beltes P, Besi E, Malliari M. Endodontic management and cone-beam computed tomography evaluation of seven maxillary and mandibular molars with single roots and single canals in a patient. *J Endod.* 2011; 37(1): 103-9.
168. Abraham D, Bahuguna N, Manan R. Use of CBCT in the Successful Management of Endodontic Cases. *J Clin Imaging Sci.* 2012; 2: 50.

169. Shakouie S, Ghasemi N, Gholizadeh S. Two-Rooted Maxillary First Molars with Two Canals: A Case Series. *Iran Endod J.* 2013; 8: 29-32.
170. Chhabra N, Singbal KP, Chhabra TM. Type I canal configuration in a single rooted maxillary first molar diagnosed with an aid of cone beam computed tomographic technique: A rare case report. *Journal of Conservative Dentistry.* 2013; 16(4): 385-7.
171. Patel S, Horner K. The use of cone beam computed tomography in endodontics. *Int Endo J.* 2009; 42(9): 755-6.
172. Bauman R, Scarfe W, Clark S, Morelli J, Scheetz J, Farman A: *Ex vivo* detection of mesiobuccal canals in maxillary molars using CBCT at four different isotropic voxel dimensions. *Int Endod J,* 2011; 44 (8): 752-8.
173. Castellucci A: Access cavity and endodontic anatomy. U: Castellucci A, West JD: *Endodontics, vol I, Il Tridente Srl, Firenze, 2004; 244-329.*
174. Hülsmann M: A maxillary first molar with two disto-buccal root canals. *J Endod,* 1997; 23 (11) : 707-8.
175. Patil AC, Ramesh HG, YelamaliS: Management of a permanent maxillary first molar with two disto bucal canals with the aid of spiral computed tomography: a case report. *J Clin Exp Dent,* 2010; e153-e156.
176. Paque F, Boessler C, Zehnder M: Accumulated hard tissue debris levels in mesial roots of mandibular molars after sequential irrigation steps. *Int Endod J,* 2011; 44 (2): 148-53.
177. Maroquin BB, El-Sayed MA, Wilershausen-Zönnchen B: Morphology of the physiological foramen. *J Endod,* 2004; 30 (5): 321-8.

178. Arora S, Tewari S: The morphology of the apical foramen in posterior teeth in a North Indian population. *Int Endod J*, 2009; 42 (10): 930-9.
179. Zmener O, Pameijer CH, Serrano SA, Hernandez SR: Cleaning efficacy using two engine-driven systems versus manual instrumentation in curved root canals: a SEM study. *J Endod*, 2011; 37 (9): 1279-82.

Biografski podaci

Dr Katarina Beljić-Ivanović je rođena 18. maja 1965. godine u Beogradu. Osnovnu i srednju školu završila je sa odličnim uspehom. Stomatološki fakultet Univerziteta u Beogradu završila je 1993. godine sa prosečnom ocenom 8,82 (osamosamdesetdva).

Dr Katarina Beljić-Ivanović je stekla Diplomu doktora stomatologije 1993. godine, postala magistar nauka 2003. godine, a specijalista za Bolesti zuba i endodoncije 2004. godine, sve na Stomatološkom fakultetu Univerziteta u Beogradu.

Februara 1994. godine zasnovala je radni odnos na naučno-istraživačkim projektima Stomatološkog fakulteta u Beogradu iz oblasti farmakologije. Od januara 1995. godine je zaposlena na Klinici za bolesti zuba Stomatološkog fakulteta, gde je profesionalnu karijeru započela kao asistent pripravnik. Juna 2002. godine položila je specijalistički ispit sa odličnim uspehom i stekla zvanje specijaliste iz oblasti Bolesti zuba i endodoncije. Jula 2003. godine uspešno je odbranila magistarsku tezu pod naslovom „Broj, konfiguracija, smer i oblik povijenosti korenskih kanala prvih maksilarnih molara“ i stekla zvanje magistra stomatoloških nauka za naučnu oblast Bolesti zuba i endodoncija. Februara 2004. godine proizvedena je u zvanje asistenta, a reizabrana 2009. i 2013. godine, u kom se zvanju i danas nalazi.

Dr Katarina Beljić-Ivanović počela je da se bavi naučno-istraživačkim radom na osnovnim studijama, kada je bila autor tri studentska rada koji su izlagani u zemlji i inostranstvu. Za rad „Mogućnosti endodontske preparacije povijenih korenskih kanala“ dobila je Oktobarsku nagradu grada Beograda 1993. godine. Kao diplomirani stomatolog objavila je osam (14) radova, od kojih su tri (3) štampana u časopisima sa SCI (CC) liste, dva (2) u međunarodnim i devet (9) u domaćim časopisima. Na međunarodnim i domaćim kongresima i simpozijumima saopštila je jedanaest (11) radova iz uže oblasti endodontologije i kliničke endodoncije. U okviru ličnog usavršavanja završila je četiri (4) visoka kursa, jedan u domaćoj akademskoj instituciji, a ostale u inostranstvu. Izvođač je dva kursa i predavač na simpozijumima iz okvira KME, akreditovana od strane Zdravstvenog saveta Srbije.

Dr Beljić-Ivanović je član SLD, Udruženja endodontista Srbije i Evropskog udruženja endodontologa (ESE – European Society of Endodontology).

Прилог 1.

Изјава о ауторству

Потписани-а др Катарина Бељић-Ивановић

број индекса 187

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

Потпис докторанда

Београду, 27. Фебруара, 2015.

Катарина Бељић-Ивановић

Прилог 2.

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора _ др Катарина Бељић-Ивановић _____

Број индекса _187_____

Студијски програм _____

Наслов рада „УТИЦАЈ РАЗЛИЧИТИХ ТЕХНИКА МАШИНСКЕ ПРЕПАРАЦИЈЕ НА
ОРИГИНАЛНУ АНАТОМИЈУ КАНАЛА КОРЕНОВА ПРВИХ МАКСИЛАРНИХ
МОЛАРА“

Ментор __ Проф. др Невенка Теодоровић _____

Потписани/а _др Катарина Бељић-Ивановић_____

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла за објављивање на порталу **Дигиталног репозиторијума Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис докторанда

У Београду, _____ 27. Фебруара, 2015. _____

Катарина Бељић-Ивановић

Прилог 3.

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом: „Утицај различитих техника машинске препарације на оригиналну анатомију канала коренова првих максиларних молара“

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство
2. Ауторство - некомерцијално
3. Ауторство – некомерцијално – без прераде
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима
5. Ауторство – без прераде
6. Ауторство – делити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на полеђини листа).

У Београду, ____ 27. Фебруара, 2015. ____

Потпис докторанда

Кашарина Бевита-Ивановић