



UNIVERZITET U NOVOM SADU
MEDICINSKI FAKULTET
DOKTORSKE STUDIJE KLINIČKE MEDICINE

**ZAPTIVNA SVOJSTVA SAVREMENIH
ENDODONTSKIH CEMENATA**
DOKTORSKA DISERTACIJA

Mentor:

Prof.dr Igor Stojanac

Kandidat:

dr Isidora Nešković

Novi Sad, 2019.godine

UNIVERZITET U NOVOM SADU
MEDICINSKI FAKULTET

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

Redni broj: RBR	
Identifikacioni broj: IBR	
Tip dokumentacije: TD	Monografska dokumentacija
Tip zapisa: TZ	Tekstualni štampani materijal
Vrsta rada (dipl., mag., dokt.): VR	Doktorska disertacija
Ime i prezime autora: AU	Isidora Nešković
Mentor (titula, ime, prezime, zvanje): MN	Prof. dr Igor Stojanac, vanredni profesor, Katedra za stomatologiju (Bolesti zuba i endodoncija), Medicinski fakultet, Univerzitet u Novom Sadu;
Naslov rada: NR	ZAPTIVNA SVOJSTVA SAVREMENIH ENDODONTSKIH CEMENATA
Jezik publikacije: JP	Srpski
Jezik izvoda: JI	srp. / eng.
Zemlja publikovanja: ZP	Republika Srbija
Uže geografsko područje: UGP	Novi Sad, AP Vojvodina

Godina: GO	2019.
Izdavač: IZ	autorski reprint
Mesto i adresa: MA	Medicinski fakultet, Novi Sad, Hajduk Veljkova 3

Fizički opis rada: FO	8 poglavlja / 82 stranice / 7 slika / 23 tabele/ 2 grafikona / 168 referenci
Naučna oblast: NO	Medicina
Naučna disciplina: ND	Stomatologija; Endodoncija
Predmetna odrednica, ključne reči: PO	materijali za punjenje kanala korena zuba; terapija kanala korena zuba; antibakterijski lekovi; dentalni cementi; mikročurenje; Enterococcus faecalis; opturacija kanala korena zuba; epoksi smole; jedinjenja kalcijuma; silikati
UDK	616.314.16-089.27-06 616.314-74
Čuva se: ČU	Biblioteka Medicinskog fakulteta, Hajduk Veljkova 3, Novi Sad
Važna napomena: VN	Nema
Izvod: IZ	Endodontska terapija predstavlja relativno složenu mikrohiruršku intervenciju na patološki promenjenoj ili traumatsko oštećenoj pulpi. Najčešći uzrok neuspeha endodontske terapije predstavlja apikalno čurenje, koje najčešće omogućava progresiju mikroorganizama usled nepotpune kanalne opturacije. Dalji uzroci nespeha su: anatomo-morfološke varijacije kanalnog sistema, kalcifikovani i neprohodni kanali, jako zakrivljeni i zaboravljeni (netretirani) kanali itd. Za

kanalnu opturaciju se najčešće koristi gutaperka zbog dobrih fizičkih i bioloških svojstava, ali usled slabe adhezije za dentin i nedovoljnog ispunjavanja mikroprostora unutar kanalnog sistema, uvek se mora koristiti u kombinaciji sa cementom za opturaciju (engl. *sealer*). Endodontski cementi su odgovorni za popunjavanje nepravilnosti u preparisanim kanalima, eliminisanje preostalih bakterija, i hermetičko zaptivanje kanalnog sistema. Idelan endodontski cement ima sposobnost da se lako adaptira za zidove kanala korena zuba, da popuni aksesorne kanale i apikalne ramifikacije, područja resorpcije, nepravilnosti unutar kanalnog sistema, odnosno sve prostore koje gutaperka ne može da ispuni i koji su kao takvi potencijalni rezervoar za bakterijsku kolonizaciju. Endodontski cementi koji poseduju sposobnost penetracije unutar dentinskih tubula mogu ispoljiti potencijalno antibakterijsko svojstvo i time dodatno uticati na broj preostalih bakterija.

Cilj ovog istraživanja je bio da se odredi kvalitet zaptivnih svojstava biokeramičkog cementa na bazi kalcijum silikata u odnosu na konvencionalne cemente na bazi epoksi-bisfenol smola i na bazi epoksi-bisfenol smola i kalcijum hidroksida, dve tehnike opturacije kanalnog sistema: monokona tehnika i opturacija tehnikom zagrejjane gutaperke na čvrstom nosaču.

Materijali i metode: U studiji, uzorak su činili vitalni jednokoreni humani zubi, sa sličnom morfologijom, ekstrahovani iz parodontoloških i ortodontskih razloga. U ispitivanje je uključeno 66 zuba. Uzorak je podeljen u dve grupe na osnovu tehnike opturacije, a svaka grupa je dodatno podeljena na još tri podgrupe u zavisnosti od endodontskog cementa koji je ispitivan, što ukupno čini 6 grupa od po 10 kanala. Zubi sa intaktnim krunicama (n=3)

	<p>predstavljali su negativnu kontrolnu grupu, dok su uzorci (n=3) opturirani samo gutaperkom predstavljali pozitivnu kontrolnu grupu.</p> <p>Rezultati: Pojava mikroturenja kod monokone tehnike i tehnike zagrejane gutaperke na čvrstom nosaču (<i>Thermafil</i>) prvi put se pojavljuje 14. dana od momenta inokulacije bakterijskim sojem. Kod monokone tehnike opturacije u 50% uzoraka do 33. dana došlo je do pojave mikroturenja nakon inokulacije bakterijskim sojem. Kod tehnike zagrejane gutaperke na čvrstom nosaču (<i>Thermafil</i>) u 53,33% uzoraka do 33. dana došlo je do pojave mikroturenja nakon inokulacije bakterijskim sojem. <i>AH plus</i> cement pokazuje statistički značajno bolje rezultate zaptivanja kanala korena od <i>BC sealer</i> cementa i <i>Acroseal</i> cementa, bez obzira na korišćenu teniku opturacije. <i>AH plus</i> pokazuje statistički značajno manju pojavu mikroturenja uz primenu monokone tehnike opturacije. <i>Acroseal</i> cement je obezbedio adekvatno zaptivanje kanala korena u obe korišćene tehnike opturacije u periodu od 23 dana od inokulacije što je statistički značajno bolje u odnosu na odnosu na <i>AH plus</i> i <i>BC sealer</i>, bez obzira na korišćenu teniku opturacije</p> <p>Zaključak: Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da kanalno punjenje može da prevenira pojavu mikroturenja maksimalno do 14 dana, te je u tom periodu neophodno izvršiti definitivnu koronarnu restauraciju, u suprotnom neophodno je ponoviti endodontski tretman.</p>
Datum prihvatanja teme od strane Senata: DP	10.11.2016. god
Datum odbrane: DO	

<p>Članovi komisije:</p> <p>(ime i prezime / titula / zvanje / naziv organizacije / status)</p> <p>KO</p>	<p>dr Duška Blagojević, redovni profesor, Medicinski fakultet, Univerzitet u Novom Sadu; predsednik;</p> <p>dr Branislav Karadžić, vanredni profesor, Stomatološki fakultet, Univerzitet u Beogradu; član;</p> <p>dr Deana Medić, docent, Medicinski fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, član;</p> <p>dr Milan Drobac, vanredni profesor, Medicinski fakultet, Univerzitet u Novom Sadu; član;</p> <p>dr Sanja Vujkov, docent, Medicinski fakultet, Univerzitet u Novom Sadu; član.</p>
---	---

University of Novi Sad

Faculty

Key word documentation

Accession number: ANO	
Identification number: INO	
Document type: DT	Monograph documentation
Type of record: TR	Textual printed material
Contents code: CC	Ph.D. Thesis
Author: AU	Isidora Nešković
Mentor: MN	Igor Stojanac, DMD, Ph.D, Associate Professor, Medical faculty, University of Novi Sad
Title: TI	SEALING ABILITY OF CONTEMPORARY ENDODONTIC CEMENTS
Language of text: LT	Serbian/Latin
Language of abstract: LA	eng. / srp.
Country of publication: CP	Republic of Serbia
Locality of publication: LP	Novi Sad, Vojvodina
Publication year: PY	2019.
Publisher:	Author's reprint

PU	
Publication place: PP	Faculty of Medicine, Novi Sad, Hajduk Veljkova 3
Physical description: PD	8 chapters, 82 pages, 7 figures, 23 tables, 2 graphics, 168 references
Scientific field SF	Medicine
Scientific discipline SD	Dentistry, Endodontics
Subject, Key words SKW	Root Canal Filling Materials; Root Canal Therapy; Anti-Bacterial Agents; Dental Cements; Dental Leakage; Enterococcus faecalis; Root Canal Obturation; Epoxy Resins; Calcium Compounds; Silicates
UC	616.314.16-089.27-06 616.314-74
Holding data: HD	Library of Medical Faculty, Hajduk Veljkova 3, Novi Sad
Note: N	None
Abstract: AB	Endodontic therapy is a relatively complex microsurgical intervention on a pathologically altered or traumatically damaged pulp. The most common cause of failure of endodontic therapy is apical leakage, which most often allows the progression of microorganisms due to incomplete canal obstruction. Further causes of failure are: anatomic-morphological variations of the canal system, calcified and impassable canals, heavily curved and forgotten (untreated) canals, etc. Gutta-percha is most commonly used for canal obturation because it has a good physical and biological properties, but due to poor dentin adhesion and insufficient filling of the micro space within the canal system, it has to be used in combination with sealer. Endodontic sealers are responsible for filling imperfections

in the prepared canals, eliminating the remaining bacteria, and sealing the canal system. Ideal endodontic cement has the ability to adapt to the walls of the root canal, to fill the accessory canals and apical ramifications, areas of resorption, irregularities within the canal system and spaces that the gutta-percha cannot fill, which as such are a potential reservoir for bacterial colonization. Endodontic cements that have the ability to penetrate the dentinal tubules may have exhibit a potential antibacterial capacity and thus further affect the number of bacteria remaining.

The aim of this study was to determine the quality of sealing properties of calcium silicate-based bioceramic cement over conventional epoxy-bisphenol resin and epoxy-bisphenol resin and calcium hydroxide cements and two obturation techniques: single-cone technique and Thermafil technique.

Materials and methods: In the study, the sample consisted of vital single-rooted human teeth, with similar morphology, extracted by periodontal and orthodontic reasons. 66 teeth were included in the test. The sample was divided into two groups on the basis of the technique of obturation, and each group was further divided into three more subgroups depending on the endodontic cement that was examined, making a total of 6 groups of 10 canal each. Teeth with intact crowns ($n = 3$) represented a negative control group, whereas specimens ($n = 3$) only gutta-percha-treated specimens represented a positive control group.

Results: The occurrence of micro leakage in the monocone technique and Thermafil technique first appears on 14th day from the moment of inoculation with bacterial strain. With the monocone technique of obturation, micro leakage occurred in 50% of the samples by day 33 after inoculation with bacterial strain. In Thermafil technique 53.33% of samples by day 33 showed microleakage after inoculation with bacterial strain. AH plus cement shows statistically significantly better root canal sealing

	<p>results than BC sealer cement and Acroseal cement, regardless of the used techniques. AH plus sealer shows a statistically significantly lower incidence of microleakage with the use of a single-cone technique. Acroseal cement provided adequate root canal sealing in both used techniques of inoculation over a period of 23 days after inoculation, which is statistically significantly better than that of AH plus and BC sealer, regardless of the technique used.</p> <p>Conclusion: Based on the obtained results, it can be concluded that canal filling can prevent the occurrence of microleakage for up to 14 days, then during this period it is necessary to perform definitive coronary restoration, otherwise it is necessary to do retreatment.</p>
<p>Accepted on Senate on: AS</p>	<p>10th November 2016.</p>
<p>Defended: DE</p>	
<p>Thesis Defend Board: DB</p>	<p>Duška Blagojević, DMD, PhD, Full professor, Faculty of Medicine, University of Novi Sad; president;</p> <p>Branislav Karadžić, DMD, PhD, Assistant professor, Faculty of Dentistry, University of Belgrade; member;</p> <p>Deana Medić, MD, PhD, Assistant professor, Faculty of Medicine, University of Novi Sad; member;</p> <p>Milan Drobac, DMD, PhD, Assistant professor, Faculty of Medicine, University of Novi Sad; member;</p> <p>Sanja Vujkov, DMD, PhD, Assistant professor, Faculty of Medicine, University of Novi Sad; member.</p>

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. PREGLED LITERATURE	4
2.1. Istorija endodoncije	4
2.2. Razlozi neuspeha endodontske terapije	5
2.3. Materijali za opturaciju	6
2.3.1. Gutaperka	6
2.3.2. Paste za opturaciju- endodontski cementi (sealer)	8
2.3.2.1. Endodontski cementi na bazi cink-oksida eugenola	9
2.3.2.2. Endodontski cementi na bazi epoksi smola	9
2.3.2.3. Endodontski cementi na bazi biokeramike	10
2.4. Tehnike opturacije kanalnog sistema	12
2.4.1. Tehnike opturacije hladnom gutaperkom	12
2.4.2. Tehnike opturacije zagrejanom gutaperkom	13
2.5. Kvalitet zaptivanja- testovi mikrocurenja	15
2.5.1. In vitro studije linearnog prodora boja	15
2.5.2. In vitro i in vivo mikrobiološke studije	16
2.5.3. Model penetracije glukoze	18
2.5.4. Proteinski test mikrocurenja	19
2.5.5. Trodimenzionalna metoda	19
3. CILJ ISTRAŽIVANJA I HIPOTEZE	20
4. MATERIJAL I METODE ISTRAŽIVANJA	21
4.1. Izbor i priprema uzorka	21
4.2. Instrumentacija kanala	22
4.3. Veličina i podela uzorka	23
4.4. Izbor endodontskih cemenata	24
4.5. Opturacija kanala	25
4.6. Test mikrocurenja	26
4.7. Statistička analiza	29

5.REZULTATI ISTRAŽIVANJA	30
5.1. Distribucija uzorka u odnosu na test mikrocurenja prema tehnici opturacije	31
5.2. Distribucija uzorka u odnosu na test mikrocurenja prema tehnici opturacije u različitim grupama cementata	35
5.2.1. <i>Distribucija uzorka u odnosu na test mikrocurenja prema tehnici opturacije u grupi cementa BC sealer</i>	35
5.2.2. <i>Distribucija uzorka u odnosu na test mikrocurenja prema tehnici opturacije u grupi cementa AH plus</i>	36
5.2.3. <i>Distribucija uzorka u odnosu na test mikrocurenja prema tehnici opturacije u grupi cementa Acroseal</i>	37
5.3. Distribucija uzorka u odnosu na test mikrocurenja prema vrsti cementa koji je korišćen	38
5.3.1. <i>Distribucija uzorka u odnosu na test mikrocurenja kod monokone tehnike opturacije unutar ispitivanih cementata</i>	39
5.3.2. <i>Distribucija uzorka u odnosu na test mikrocurenja kod tehnike tople gutaperke na čvrstom nosaču unutar ispitivanih cementata</i>	40
5.3.3 <i>Distribucija uzoraka pozitivnog testa mikrocurenja prema danu pojavljivanja i vrsti cementa</i>	41
5.4. Rezultati testa mikrocurenja u odnosu na sve ispitivane cemente	43
5.5. Poređenje pojave mikrocurenja prema cementu unutar monokone tehnike opturacije	45
5.6. Poređenje pojave mikrocurenja prema cementu unutar tehnike zagrejjane gutaperke na čvrstom nosaču	46
6.DISKUSIJA	49
6.1. Diskusija materijala i metoda	51
6.2. Diskusija rezultata u odnosu na test mikrocurenja prema tehnici opturacije	55
6.3. Diskusija rezultata u odnosu na test mikrocurenja prema endodontskom cementu	60
7. ZAKLJUČCI	66
8.LITERATURA	68

1.UVOD

Endodontska terapija predstavlja relativno složenu mikrohiruršku intervenciju na patološki izmenjenoj ili traumatsko oštećenoj pulpi. Zbog teškoća u endodontskom lečenju zuba i nepristupačnosti ove regije endodontska terapija je značajan problem u stomatološkoj praksi [1].

Američko udruženje endodontista (*The American Association of Endodontists-AAE*) objavilo je dijagnostičku terminologiju endodontskih oboljenja baziranih na kliničkoj dijagnozi. Ova podela obuhvata stanja koja zahtevaju endodontsku terapiju, a podeljeni su u dve grupe: oboljenja pulpnog sistema i oboljenja periapikalnih tkiva. U grupu oboljenja pulpnog tkiva spadaju: reverzibilni pulpitis, asimptomatski ireverzibilni pulpitis, simptomatski ireverzibilni pulpitis, nekroza pulpe, prethodno tretirana pulpa i ranije započeta terapije pulpe. Dok u grupu oboljenja periapikalnih tkiva spadaju: simptomatski apikalni parodontitis, asimptomatski apikalni parodontitis, akutni apikalni apsces i kondenzirajući osteitis[2].

Veoma važan faktor koji određuje uspeh endodontske terapije je adekvatna opturacija kanalnog sistema zuba. Cilj kanalne opturacije je da obezbedi trodimenzionalno punjenje kanala korena kako bi se sprečio prodor tkivnih fluida, bakterija i njihovih toksina u periapikalnu regiju. Ishod endodontske terapije biće uspešan ukoliko su u potpunosti eliminisani mikroorganizmi čišćenjem i oblikovanjem kanala, kanali opturirani uz pomoć biokompatibilnog, nepropustljivog i dimenzionalno stabilnog materijala kako bi se sprečila komunikacija između usne duplje i periodoncijuma [2-6].

Najčešći uzrok neuspeha endodontske terapije prema istraživanjima *Ingl* je neadekvatna kanalna opturacija [7]. Još 1940.godine *Grossman* je prvi definisao idealni materijal za endodontsko punjenje kanala korena zuba. Karakteristike tog materijala su: lak za unošenje, tečna ili polutečna materija koja vremenom postaje čvrsta, opturiše kanal apikalno i lateralno, ne kontrahuje se, otporan je na vlagu, deluje bakteriostatski, ne prebojava tkivo, ne iritira peripakilno tkivo, lako se uklanja, sterilan je ili ga je moguće sterilisati i rendgen je kontrastan [8]. *McElroy* je proširio ova ključna svojstva idealnog materijala za obturaciju naglašavajući značaj biokompatibilnosti, netopljivost u tkivnim tečnostima, lakoću manipulacije i prilagođavanje nepravilnostima korenskih kanala [9]. Studije koje su kasnije sproveli *Madison* [10] i saradnici pokazale su da je koncept tople vertikalne kompakcije gutaperke poboljšao svojstva zaptivanja materijala za opturaciju.

Endodontski cementi za kanalnu opturaciju su vrlo važni jer ispunjavanju površinu između dentinskih zidova kanala i materijala za opturaciju. Cilj dobre opturacije je da se ostvari hermetičko zaptivanje nakon čišćenja i oblikovanja kanala. Hermetičko zaptivanje ne bi bilo moguće bez endodontskih cemenata, jer sama gutaperka nema sposobnost vezivanja za dentin [6,11].

Postizanje trodimenzionalne opturacije kanalnog prostora, ima ulogu da “zapečati” dentinske tubule i preostale bakterije u njima i na taj način onemogući njihov prodor u periradikularna tkiva. Više od 50% neuspeha endodontskih terapija pripisuje se nekompletnoj opturaciji kanalnog prostora [12,13]. Kliničke studije pokazuju da je procenat uspešnosti endodontskog tretmana od 53%-97%. Visok procenat uspeha pokazuje da je skoro svaki endodontski tretman uspešan, dok niža vrednost procenata govori u prilog tome da je svaki drugi endodontski tretman neuspešan [15,82-85]. Ovako velika odstupanja pripisuju se razlikama u protokolu tretmana, korišćenih tehnika, dizajnu studija kao i kvalifikacijama terapeuta i kompleksnosti samih slučajeva. Neusaglašeni rezultati velikog broja studija podstiču svakog istraživača da sprovede istraživanje koje će u nekoj meri rasvetliti razloge ovih razlika i pružiti svoj doprinos rasvetljavanju problema. To je bio razlog za formiranje ideje u ovoj disertaciji.

Danas se na tržištu može naći veliki broj cemenata za opturaciju kanala korena. Za svaki od njih, proizvođači su u toku proizvodnje pokušali da zadovolje tražene kriterijume. U cilju poboljšanja traženih svojstava u samom sastavu dodavane su komponente koje su uticale na njihovo poboljšanje, kao što su: fluidnost ili čvrstoća nakon vezivanja, ali treba znati da endodontski cement nikada sam nije dovoljan za opturaciju kanala korena. Gutaperka, sa svojim svojstvima i tehnikama plasiranja u kanal takođe treba da bude u skladu sa primenjenim endodontskim cementom i njegovim svojstvima. Pred kliničarima se danas, nalazi velika dilema koji endodontski cement i koju tehniku opturacije izabrati za svoje pacijente. Postavlja se i pitanje indikacije ova dva elementa (endodontski cement i gutaperka) u zavisnosti od vrste zuba (prednji ili bočni), kao i dimenzija kanala korena koji se tretira. Ova disertacija pokušaće da objasni deo dilema koje se nameću.

Idealan endodontski cement bi trebao da jednako prijanja kako za dentin tako i za gutaperku. Moguće je očekivati razlike u adhezivnim svojstvima endodontskih cemenata u zavisnosti od njihove interakcije sa dentinom ili gutaperkom. Usled reakcije vezivanja kalcijum-hidroksida

i cemenata na bazi epoksi smola ne očekuje se specifična interakcija ni sa dentinom ni sa gutaperkom [15].

Nepopunjen prostor između materijala za opturaciju i dentina predstavlja kritičnu tačku za pojavu apikalnog curenja. Osim endodontskih cemenata važnu ulogu u ishodu endodontske terapije imaju i tehnike opturacije kanala korena koje mogu biti vršene ili hladnom ili zagrejanom gutaperkom. Veliki je broj istraživanja koja izučavaju svojstva materijala za opturaciju, ali napretkom tehnologije pojavili su se novi materijali čija svojstva je potrebno ispitati.

Uvek treba imati u vidu da se endodontski lečen zub nalazi u usnoj duplji okružen pljuvačkom, delovima tečnosti i hrane koju pacijent konzumira kao i dentalnim biofilmom koji u svom sastavu sadrži mnogobrojne bakterije. Ukoliko koronarno zatvaranje lečenog zuba nije kvalitetno, s dobrim rubnim zaptivanjem, prodor mikroorganizama u kanal korena zuba je izvestan.

Mikrobiloški test apikalnog curenja predstavlja sigurnu metodu za dokazivanje kvaliteta opturacije. Važno je znati da mnogi sojevi bakterija mogu negativno uticati na ishod endodontske terapije. Najveći problem predstavljaju rezistentni sojevi bakterija, koji se najčešće javljaju zbog nekontrolisane upotrebe antibiotika kod pacijenata. Ova činjenica je iskorišćena kao osnov za postavljanje metodologije u *in vitro* studiji koja je sprovedena u ovoj disertaciji.

2. PREGLED LITERATURE

2.1. Istorija endodoncije

Američko udruženje endodontista (*The American Association of Endodontists-AAE*) definiše endodonciju kao granu stomatologije koja se bavi morfologijom, fiziologijom i patologijom pulpnog sistema i periapiklanih tkiva humanih zuba [16].

Još 1678.godine, napisana je prva knjiga iz oblasti stomatologije, u kojoj je autor *Charles Allen* opisao tehniku dentalnog transplantata. U to vreme endodoncija kakvu danas poznajemo, nije postojala. Čak i tada bilo je neophodno eksperimentisati sa novim tehnikama, materijalima i instrumentima, iako je cilj terapije bio da se ublaži bol, očuva eksponirana pulpa i sačuva zub. U velikom broju slučajeva ovi pokušaji bili su uspešni [17]. Osnivačem moderne stomatologije ipak se smatra *Pierre Fauchard* koji je napisao knjigu “*Le chirurgien dentiste*” 1728.godine u kojoj je detaljno opisao dentalnu pulpu i srušio teoriju o “zubnom crvu”, koja se još od drevnih Asiraca zasnivala na tome da je zubni crv uzročnik karijesa i zubobolje. U svojoj knjizi opisao je tehniku otvaranja i dreniranja zuba, nakon čega je sledilo pakovanje komore uz pomoć olovne folije. 1746. godine, isti autor opisao je postupak uklanjanja pulpnog tkiva [18].

Pulpna patologija dugi niz godina bila je u fokusu interesovanja velikog broja naučnika. Prva organizacija koja je okupljala endodontiste formirana je 1943.godine, kada je grupa od 25 ljudi u Čikagu osnovala Američko udruženje endodontista. Naziv endodoncija osmislio je *Harry B. Johnston*, koji je upotrebio grčki termin “*endo*” (unutra) i “*ho dontas*” (zub). On je bio prvi stomatolog koji je svoju praksu sveo isključivo na endodonciju [19].

1963.godine, više od 200 stomatologa u svetu specijalizovalo je svoju praksu isključivo na endodonciju, a iste godine Američko udruženje stomatologa prepoznalo je endodonciju kao posebnu granu stomatologije [7,19,20].

2.2. Razlozi neuspeha endodontske terapije

Danas je dobro poznato da primarna etiologija kako pulpnih tako i periapikalnih oboljenja potiče od bakterija. Uspešna endodontska terapija u velikoj meri zavisi od hemo-mehaničkog čišćenja kanala korena zuba. Jedan od glavnih razloga za neuspeh u terapiji kanala korena je nedostatak znanja o anatomiji pulpo-dentinskog sistema [21].

Kompleksna konfiguracija kanala korena zuba predstavlja veliki izazov tokom endodontske terapije, a tokom godina razvile su se brojne metode proučavanja anatomije kanala korena [22-26]. Nemoguće je ispravno proveriti, pripremiti i opturirati korenske kanale bez detaljnog poznavanja anatomije kanala korena, jer kliničar nailazi na slučajeve koji se razlikuju po broju, veličini, obliku i imaju različita grananja, fuzije, pravce i faze razvoja. Stoga ne postoji nijedna tehnika za pravilno tretiranje svih kanala korena zuba na isti način.

Prema *Inglu*, najčešći uzrok endodontskog neuspeha je apikalna perkolacija fluida s najvećim procentom neuspeha usled nepotpune opturacije kanala. Studija je sprovedena na Vašingtonskom Univerzitetu na ukupno 3678 pacijenata kod kojih je izvršen endodontski tretman. Radiloške kontrole vršene su nakon 6 meseci, godinu, dve godine i pet godina. Kontrolni radiografski pregledi su smatrani uspešnim u slučajevima kada je uočeno periapikalno zarastanje, a neuspešni u slučaju kada nije bilo vidljivog radiološkog poboljšanja periapikalne regije. Procenat uspešnosti nehirurškog endodontskog lečenja u dvogodišnjem periodu iznosila je 91,54 %. Nakon perioda od pet godina, samo 302 pacijenta javila su se na kontrolno radiografisanje. Iako se u ovom istraživanju navodi više etioloških faktora odgovornih za neuspeh endodontske terapije, u najvećem procentu izdvaja se nepotpuna opturacija kanala u čak 58,66%. Kao ostali razlozi za neuspeh navode se: perforacija kanala korena (9,61%), eksterna resorpcija korena (7,7%), koegzistencija periodontalne lezije (5,78%) te punjenje prebačeno u periapikalnu regiju (3,85%) [7].

Razlozi za neuspeh takođe mogu biti učestalost pojavljivanja većeg broja kanala, oblik kanalnog sistema, broj korenova kao i učestalost fuzije korena. Kao poseban razlog za neuspeh izdvaja se potpuno prazan kanal koji se može pripisati kliničaru koji nije prepoznao njegovo prisustvo.

Veliki broj savremenih istraživanja bavi se tematikom mikrocurenja i zaptivanja punjenja, tj. adheziji materijala za opturaciju za zidove kanala korena zuba. Do pojave mikrocurenja

najčešće dolazi između kanalnog punjenja i dentinskog zida, međutim postoje i studije koje dokazuju da je mikrocurenje moguće i između konusa gutaperke i endodontskog cementa ili da do curenja dolazi kroz endodontski cement[3,5,7-13].

Koronarna restauracija je prva barijera koja sprečava koronarnu perkolaciju i bakterijsku kontaminaciju endodontski tretiranog kanala. Stoga je neophodno da se sistem opturiranih kanala korena dodatno obezbedi dobrom i pravovremenom kruničnom nadoknadom. Međutim, čak i savremeni materijali za definitivne ispune i protetske nadoknade ne mogu u potpunosti eliminisati krunično mikrocurenje [31].

Najveći problem za kontaminaciju kanala korena bakterijskom florom predstavlja privremeni ispun. Danas se smatra da privremeni ispun mora da budu najmanje 4 mm debljine kako bi se obezbedilo adekvatno zaptivanje, a ukoliko ne budu zamenjeni trajnom restauracijom u periodu od 3 nedelje endodontski tretman treba ponoviti [16].

2.3. Materijali za opturaciju

Opturacija kanala korena predstavlja kombinaciju dva materijala: osnovnog – biokompatibilnog materijala, koji se lako uklanja iz kanala korena zuba, i materijala koji obezbeđuje hermetičko zaptivanje - endodontski cement (*sealer*).

2.3.1. Gutaperka

Gutaperka je najčešće korišćen materijal za punjenje kanala korena. Iako ne zadovoljava sve neophodne kriterijume idealnog materijala za opturaciju, ipak ispunjava veliki broj uslova. Kao najveća mana ovog materijala navodi se njena rigidnost.

Gutaperka se dobija koagulacijom mlečnog soka egzotičnog drveta *Palaquium guttae*, koji je u Veliku Britaniju stigao iz Azije još 1600.godine. Prvi put 1848.godine *Ernst Werner von Siemens* upotrebio je gutaperku kao sredstvo za izolaciju podvodnih kablova. S obzirom na mnoga pozitivna svojstva koja ovaj materijal poseduje, gutaperka je pronašla primenu u mnogim granama industrije, te se danas koristi u izradi plute, cemenata, konca, hirurških instrumenata, cevi, muzičkih instrumenata, čarapa, vešalica, tepiha, dušeka, šatora,

suncobrana itd. Najveću primenu ipak gutaperka je našla u izradi loptica za golf, koje su se u 19. veku nazivale i "gutties"[27].

Gutaperka je linearni kristalni polimer, biokompatibilna je, laka za rukovanje, inertna, zagrevanjem se razmekšava, a pod pritiskom komprimuje [1,27-29]. Gutaperka postoji u dva kristalna oblika (α i β gutaperka) i u amorfnom obliku koji može prelaziti iz jednog oblika u drugi. Gutaperka koja se dobija iz drveta najčešće je u α fazi i koristi se u savremenim termoplastičnim postupcima punjenja kanala [27]. Gutaperka poeni su u β fazi, a zagrevanjem na temperaturi 41 - 49°C prelaze u α fazu. Grejanjem gutaperke na 52-59°C ona prelazi u amorfnu stanje. Promena faze gutaperke dovodi do promene volumena što smanjuje kvalitet punjenja. Što je veća temperatura na kojoj se gutaperka zagreva, to je veća kontrakcija pri hlađenju. Gutaperka je čvrsta na sobnoj temperaturi i crvenkaste je boje. Otapa se u hloroformu, etru, ksilolu i eteričnim uljima (eukaliptusovo ulje). Čista gutaperka biološki je inertan materijal ali na tržište ne dolazi u čistom stanju nego uz punilo (cink oksid), u razmeri 1 deo gutaperke na 4-7 delova cink oksida. U sastavu komercijalne gutaperke nalaze se još i metalni sulfat (radio-opaker), kao i vosak ili smola [28,29].

Zbog sadržaja cink oksida gutaperka uzrokuje iritaciju periapeksnog tkiva, ukoliko dođe do njihovog kontakta. Oko materijala u periapeksu stvara se vezivna kapsula bogata inflamatornim ćelijama [27].

Savremena dentalna industrija danas proizvodi različite oblike gutaperke, u cilju iznalaženja najprikladnijeg oblika za unošenje silera i njegovo utiskivanje u dentinske kanaliće u zidovima kanala korena zuba. Vrste gutaperke koji se mogu naći na tržištu su standardizovani konusi, dodatni konusi i konusi veće koničnosti, takođe i u obliku komadića za aparate koji ubrizgavaju termo-plastičnu zagrejanu gutaperku u preparisani kanal korena. Standardizovani konusi odgovaraju po dijametru i koničnosti (2%) instrumentima za obradu kanala korena zuba prema ISO standardu u raznim veličinama (ISO 10-140). Najznačajnije za opturaciju kanala korena jeste da konus zauzima što veću zapreminu kanala korena zuba, tako da se uvek koriste konusi koji maksimalno prate dimenzije i oblik proširivača, kako ručnih tako i mašinskih [30]. Posebnu vrstu gutaperke predstavlja gutaperka na čvrstom nosaču za *Thermafil* tehniku.

Gutaperka kao materijal ne izaziva toksične efekte na ćelije i tkiva. Alergijske reakcije na gutaperku su veoma retke, a nikada nisu zabeležene sistemske toksične reakcije. Gutaperka poseduje minimalna antimikrobna svojstva koja potiču od cink oksida. Ne otpušta hemijske

supstance koje iritiraju tkiva. Laka je za manipulaciju. Ne prebojava zubna tkiva i rendgen je kontrastna. Gutaperka nije dovoljna za hermetičko zaptivanje, što iziskuje upotrebu endodontskih cemenata [31].

2.3.2. Paste za opturaciju- endodontski cementi (sealer)

U cilju postizanja trodimenzionalne kanalne opturacije, neophodno je pored gutaperke koristiti i endodontske cimente-*sealer*-e. Uloga endodontskih cemenata je da obezbede vezivanje konusa gutaperke za zidove kanala korena, da ispune šupljine i nepravilnosti kanala, lateralne i akcesorne kanale kao i prostore između gutaperka poena u tehnikama lateralne kondenzacije. U slučaju nedostataka endodontskog cementa u kanalnom punjenju, ishod endodontske terapije je neizvestan, jer se povećava stepen mikročurenja [32-34].

Mnogi naučnici pokušali su da odrede koja svojstva treba da poseduje dobar endodontski cement. *Grossman* je još 40-tih godina prošlog veka definisao idealan endodontski cement. Na tim činjenicama, *Johnson* je 2011. godine postavio osnove idealnih svojstava savremenog endodontskog cementa:

- ✚ Lepljiv je u toku mešanja što omogućava dobro prijanjanje uz dentinski zid kanala korena
- ✚ Omogućava hermetičko zaptivanje
- ✚ Radiosenzitivn je
- ✚ Lako se meša
- ✚ Ne kontrahuje se pri vezivanju
- ✚ Ne prebojava zubna tkiva
- ✚ Deluje bakteriostatski
- ✚ Ima dovoljno dugo vreme vezivanja
- ✚ Nerastvorljiv u tkivnim tečnostima
- ✚ Ne iritira periapkesna tkiva
- ✚ Lako se uklanja iz kanala [35].

Orstavik [36] je kategorisao endodontske cimente u pet različitih grupa u odnosu na njihov hemijski sastav: endodontski cementi na bazi cink-oksida eugenola, glas-jonomera, epoksi smola, silikona i kalcijum hidroskida. Danas se na tržištu mogu naći i endodontski cementi na bazi mineral-trioksida agregata (*MTA*) i biokeramike [37].

2.3.2.1. Endodontski cementi na bazi cink-oksida eugenola

Endodontski cementi na bazi cink-oksida eugenola dugo su smatrani materijalom izbora u endodontskoj terapiji. Kao nedostaci materijala za opturaciju na bazi cink-oksida eugenola ističu se sporo vreme vezivanja, izražena kontrakcija pri vezivanju, rastvorljivost u tečnostima, te prebojavanje zubnih struktura [37,38]. Karakteristika koja ističe ovu grupu endodontskih cemenata svakako je njihovo antimikrobno svojstvo [39]. Jedan od prvih dvokomponentnih silera ove grupe koji je predstavljen od strane *Ricketa i Dixona* [36], sadržao je čestice srebra, kako bi dao kontrast na rendgenskom snimku. Iako je uz prisustvo cementa bilo moguće uočiti aksesorne kanale, izuzetno je prebojavao tvrda zubna tkiva. *Grossman* [8] je za razliku od prethodnika, koristio bizmut i soli barijuma kako bi postigao kontrast na rendgen snimcima. *Al-Khatib* i saradnici su u svojoj studiji poredili antimikrobnu aktivnost *Grossmanovog* silera, *Tubliseal-a*, *Calcibiotik* silera, *Sealapex-a*, *Hypocal-a*, *Eucapercha* silera, *Nogenol-a* i *AH 26* silera. Ovi endodontski cementi postavljeni su na hranljive podloge, koje su inokulisane mikroorganizmima. Nakon određenog perioda inkubacije merene su zone inhibicije bakterijskog rasta mikroorganizama. *Grossmanov* siler u ovoj studiji pokazao je najjače antimikrobno dejstvo. Međutim najveću antimikrobnu aktivnost prema bakteriji *Bacteroides endodontalis*, pokazao je siler *AH 26* [39].

2.3.2.2. Endodontski cementi na bazi epoksi smola

Grupa cemenata na bazi epoksi smola su najzastupljeniji savremeni materijali, s obzirom da njihova upotreba dominira u današnjoj endodonciji u odnosu na ostale endodontske cemente. Ostvaruju izuzetno dobro zaptivanje, a poseduju i dobra mehanička svojstva. Nisu citotoksični i poseduju antimikrobna svojstva [38].

Endodontski cementi na bazi epoksi smola pokazuju relativno malu kontrakciju u procesu vezivanja, te zbog toga imaju bolje zaptivanje od drugih silera. Laki su za manipulaciju i radiokontrastni su. U današnje vreme smatraju se najuspešnijom grupom materijala [35]. Najčešće korišćeni predstavnici endodontskih cemenata na bazi epoksi smola još su *AH 26*, *AH plus*, *Diaket* i *Acroseal*.

AH Plus (*Dentsply, Tulsa, USA*) je savremeni endodontski cement iz *AH* serije, predstavlja modifikovanu formulu prethodnog *AH 26* endodontskog cementa, gde je vreme vezivanja

smanjeno na 8 sati, a komponenta formaldehida je uklonjena, takođe savremeni endodontski cement ne dovodi do prebojavanja zubnih tkiva [39]. Zaptivanje mu je mnogo bolje nego kod drugih materijala iz ove grupe cemenata, kao i endodontski cemenata iz drugih grupa [40]. *AH-26* i *AH Plus* pokazali su znatno manju rastvorljivost u tečnostima od endodontskih cemenata na bazi cink-oksida eugenola i cemenata na bazi kalcijum-hidroksida, takodje im je apikalno zaptivanje bolje u odnosu na druge grupe materijala [40,41].

Acroseal (Septodont, France) je endodontski cement na bazi epoksi smola koji je obogaćen kalcijum hidroksidom, u cilju poboljšanja svojstava jedne i druge grupe materijala. Ova podgrupa materijala osmišljena je s ciljem da se iskoriste pozitivna svojstva epoksi smola a pri tom da se poboljšaju periapikalni reparatorni procesi. Ovi materijali pokazuju dobru penetraciju u dentinske tubule ali ipak lošiju od *AH plus* endodontskog cementa. Na testovima mikrocurenja pokazuju dobra zaptivna svojstva, ali ne bolja od *AH* serije [41,42,45].

2.3.2.3. Endodontski cementi na bazi biokeramike

Biokeramički materijali pripadaju grupi najsavremenijih endodontskih cemenata, u sastavu sadrže cirkonijum-oksida, kalcijum silikat, kalcijum fosfat i kalcijum hidroksid [43].

Kalcijum fosfatni biokeramički materijali, koji se danas koriste u medicini i stomatologiji po svom sastavu su fosfatne soli u obliku ortofosfata, metafosfata, pirofosfata, trifosfata i tetrafosfata. U izradi biokeramičkih materijala najčešće se koriste soli ortofosfata. Odnos kalcijuma i fosfora određuju baznost i rastvorljivost ortofosfata, pri čemu veći molarni odnos kalcijuma i fosfora rezultira baznim karakteristikama i manjom rastvorljivošću kalcijum ortofosfata [44].

Konzistencija kalcijum silikatnih i kalcijum fosfatnih cemenata sama po sebi, nije adekvatna za opturaciju kanala korena, te osnovne formulacije ovih cemenata nisu se mogle koristiti u ove svrhe. Tek poslednjih deset godina se intenzivno ispituju mogućnosti i modifikacije u hemijskom sastavu, pre svega u postizanju bolje fluidnosti. Kako bi se ostvarila bolja fluidnost ovih materijala proizvođači navode da materijal poseduju čestice izuzetno malih dimenzija, koje omogućavaju cementu bolju penetraciju u dentinske tubule i lateralne kanale [45,46].

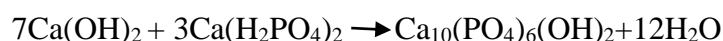
Danas na tržištu postoji nekoliko biokeramičkih silera. Jedan od prvih cemenata dostupnih na tržištu na bazi kalcijum silikata je *MTA Fillapex (Angelus, Londrina, Brazil)*, po hemijskom

sastavu ovaj cement je Portland cement koji sadži bizmut oksid i salicilatne smole. *BC sealer* (*Brasseler, Savannah, GA, USA*) i *iROOT SP* cement (*Inovative bioceramix, Vancouver, Canada*) su biokeramički, hidrofilni cementi, istog sastava ali različitih proizvođača. U sastav ovih cemenata ulazi kalcijum silikat i kalcijum fosfat sa dodatkom cirkonijum oksida kao rendgen sredstva, ovi cementi ne sadrže aluminijum. Grupa bioekramičkih endodontskih cemenata je unapred pripremljena, pakovani su u špriceve, a za vezivanje koriste vlagu iz dentinskih tubula [44-46]. Voda koja se vezuje u toku ove reakcije ima važnu ulogu u vremenu vezivanja biokeramičkih cemenata.

Reakcija hidratacije kalcijum silikata prikazana je sledećom hemijskom formulom:



Reakcija percipitacije kalcijum-fosfata prikazana je hemijskom formulom:



Formiranje kalcijum-hidoksida kao produkta ove reakcije uzrokuje veoma visoku vrednost pH (12,8), koja omogućava antimikrobno dejstvo u toku faze vezivanja. *Torabinejad* [11] ističe da je ovo fizičko svojstvo vrlo važno za cement, pogotovo ako se on koristi kao endodontski cement.

2.4. Tehnike opturacije kanalnog sistema

Tehnike za opturaciju kanala korena zuba su razvijene s ciljem da se postigne adherentno trodimenzionalno punjenje koje će obezbediti hermetičko zaptivanje i onemogućiti mikrocurenje. U dosadašnjim istraživanjima nije istaknuto koja vrsta tehnike za opturaciju je superiornija u odnosu drugu, te se podjednako koriste i hladne i tople tehnike [13,30].

2.4.1. Tehnike opturacije hladnom gutaperkom

Tehnika opturacije kanala korena zuba hladnom gutaperkom podrazumeva unošenje jednog ili više gutaperka poena u kanal, u kom se prethodno adaptira endodontski cement.

Monokona tehnika je jedna od najstarijih tehnika opturacije, ona je brza i jednostavna, a uvedena je kada su standardizovani endodontski instrumenti. Nedostatak ove tehnike ogleda se u tome što gutaperka ne može da isprati konfiguraciju kanala korena celom dužinom, nego samo u apikalnom delu i to 2-3 mm od apeksa gde je kanal cilindričan. Primenom ove tehnike samo u tom predelu se može očekivati adekvatno zaptivanje. U preostalom delu kanala, postoji veliki prostor između konusa gutaperke i dentinskog zida. Taj prostor je ispunjen samo silerom tako da su ovako opturirani kanali značajnije podložniji mikrocurenju, što su istraživanja i pokazala [47,48,49]. Postoje istraživanja koja govore u prilog tome da je ova tehnika opturacije podjednako efikasna kao i tehnike vertikalne i lateralne kompaktacije [48-51]. *Selzer i Bender* [14] su na uzorku od 2921 endodontski tretiranih zuba dobili rezultate koji ukazuju da je uspešnost terapije kod zuba opturiranih monokonom tehnikom iznosio 83,7%, dok je procenat uspešnosti kod hladne lateralne kompaktacije iznosio 84,4%. *Sjögren* [52] je ispitivao ishod endodontske terapije uz opturaciju monokonom tehnikom kod inficiranih i neinficiranih kanala korena zuba. Nakon petogodišnjeg perioda praćenja, periapiklano zaceljenje zapaženo je kod 94% pacijenata kod kojih je mikrobiološki test bio negativan. Kod kanala gde je bila prisutna infekcija pre tretmana uspeh je zabeležen u 40% slučajeva.

Hladna lateralna kompaktacija je najčešće primenjivana tehnika opturacije. Jednostavna je za izvođenje i ne zahteva skupu opremu. Klinički rezultati ove tehnike su zadovoljavajući, a kao mana ističe se vreme potrebno za opturaciju, kao i nedovoljna adaptacija materijala za dentinske zidove, nehomogenost samog punjenja, tragovi lateralnog kompaktera i

nemogućnost da se popune fini i uski kanalni prostori [50-52]. Finalna opturacija sastoji se od velikog broja gutaperka poena povezanih cementom, umesto da punjenje bude homogeno. Loša instrumentacija kanala, neadekvatna sila lateralne kompaktacije, zakrivljeni kanali, međuprostor između gutaperka poena i zidova kanala korena zuba vode do nekompaktnog punjenja te ostavljaju veliki prostor za endodontski cement, što kasnije može dovesti do kliničkog neuspeha [55-58]

2.4.2. Tehnike opturacije zagrejanom gutaperkom

U tehnike opturacije zagrejanom gutaperkom spadaju: topla lateralna kompaktacija, topla vertikalna kompaktacija, injekciona tehnika, termomehanička kompaktacija i tehnika na čvrstom nosaču. Upotrebom toplotnog izvora utiče se na termoplastična svojstva gutaperke te se ona u većem stepenu adaptira za kanalne zidove i iregularnosti. Na taj način postiže se viši stepen homogenosti punjenja uz minimalnu količinu cementa [1,53].

Glavni nedostaci ovih tehnika su otežana kontrola dužine punjenja i što se zagrevanjem može oštetiti periodoncijum. Rast temperature na površini korena zabeležen u *in vitro* uslovima može biti 15-30 °C. Posledice povišene temperature u mikroprostoru apeksa mogu biti resorpcija korena kao i ankiloza zuba [54]. Osnovne prednosti tehnika koje koriste toplu gutaperku je homogeno punjenje koje može ispuniti nepravilnosti kanala, što se dobija razmekšavanjem i kompaktacijom. Bez obzira na prednosti, ne postoje dokazi da ove tehnike ostvaruju bolje kliničke rezultate u poređenju sa hladnom lateralnom kondenzacijom[30]. U slučaju da se koriste tehnike zagrejanog gutaperke, treba napomenuti da istovremeno dolazi i do zagrevanja endodontskog cementa [55]

Tehniku tople vertikalne kompaktacije prvi put je upotrebio *Herbert Schilder* [1]. On je verovao da ova tehnika proizvodi gusto, dimenzionalno stabilno punjenje, koje savršeno zaptiva i akcesorne kanale. Tehnika podrazumeva upotrebu toplotnog izvora (prvobitno plamena) koji topi gutaperku i hladnog kompaktera za verikalnu kompaktaciju. Danas, postoji više sistema za vertikalnu kompaktaciju gutaperke. Neki od njih razvijaju temperature od 170° C do 220° C, međutim istraživanja ukazuju da je temperatura same gutaperke nakon unošenja u kanal znatno niža, čak do 50° C, u odnosu na temperature prikazane na uređaju za zagrevanje gutaperke [48,54,58]. *Bauchman* [59] je usavršio tehniku postojećeg *System B* uređaja za

zagrevanje gutaperke, koristeći tehniku komprimovnog talasa (*continious-wave-of-condensation*). Nakon plasiranja konusa, *System B* se aktivira, toplota se oslobađa na 200°C. Zagrejani kompakter prodire kroz gutaperku 5-7 mm od apikalnog stepenika. Na ovom nivou kompakter se uklanja iz kanala korena, zajedno s koronarnim delom konusa gutaperke. *Marciano* [29] navodi da zagrevanje gutaperke iznad 100°C dovodi do ireverzibilnih promena u molekularnoj strukturi.

Thermafil tehnika - zagrejana gutaperka na čvrstom nosaču podrazumeva plastični opturator presvučen gutaperkom u α -faznom stanju. Opturatori su dizajnirani tako da odgovaraju kanalima preparisanim instrumentima po ISO standardima kao i kanalima koji su obrađeni niki-titanijumskim instrumentima pune ili recipročne rotacije. Rezultati istraživanja *Greco*-a [60] i *Lee*-a [61] ističu da ova tehnika produkuje homogeniji gutaperka-cement monoblok, u odnosu na tehnike hladne lateralne konenzacije.

Thermafil tehniku prvi put predstavio je *Johnson* [62] 1978. godine, a početkom devedesetih godina prošlog veka prvi put je upotrebljen *K-file* presvučen gutaperkom, koji se u kanal unosio nakon grejanja na otvorenom plamenu.

U slučajevima izuzetno zakrivljenih kanala, "S" zakrivljenosti, kod dugih i uzanih kanala, *Thermafil* tehnika predstavlja zlatni standard u izboru tehnika opturacije u savremenoj endodontici.

Istraživanja su pokazala da aparati koji se koriste za zagrevanje gutaperke u ovoj tehnici, greju gutaperku na temperaturi od 40°C [60].

Thermafil opturatori su dostupni u 17 veličina. Na vrhu instrumenta veličina prečnika može biti od 0,20 do 1,40 mm sa nosačem konusa od 4%. *Thermafil* gutaperka na plastičnom nosaču, prekriva 16 mm nosača. *Pasqualini* [63] i saradnici su u in vitro studiji dokazali kako je apikalna infiltracija značajno manja ukoliko se pre odabira veličine konusa na osnovu veličine instrumenta za obradu kanala korena, proveriti stvarna veličina kanala pomoću ogoljenog plastičnog nosača.

2.5. Kvalitet zaptivanja- testovi mikrocurenja

U restorativnoj stomatologiji i endodonciji mikrocurenje predstavlja značajan problem. Kliničke studije koje se bave uzrocima terapijskog neuspeha, govore u prilog da je neadekvatna opturacija jedan od uzroka neuspeha endodontske terapije. U *in vitro* studijama je dokazano da neadekvatna opturacija uzrokuje mikrocurenje [14,40,41,42,47].

Pod pojmom mikrocurenja podrazumeva se prolazak fluida, proteina i bakterija iz kanala korena, što kasnije rezultira kliničkim znacima neuspeha terapije koji se mogu uočiti radiografski. Mnoga istraživanja bavila su se poređenjem materijala za opturaciju i tehnika, u cilju pronalaženja idelnog načina za pečaćenje foramena kanala korena. Proučavane su mnoge tehnike kao što su radioizotopi, prodor bakterija i boja, kako bi se ispitao integritet apikalnog dela punjenja [59,64]. Ove naučne studije su ustanovile da ispitivanje apikalnog curenja čestica ili rastvora između kanalnog punjenja i zidova kanala, jeste odgovarajući metod za procenu kvaliteta opturacije. *Messing* [65] se još sedamdesetih godina prošlog veka bavio istraživanjem koronarnog i apikalnog mikrocurenja koristeći fluorescentne boje, gde je primećeno da kod ispitivanih materijala nije došlo do mikrocurenja. Do suprotnih rezultata došli su *Swanson* [66] i *Madison* [64] koji su upoređivali koronarno mikrocurenje u različitim vremenskim intervalima, dok je pristupni kavitet i sadržaj punjenja bio izložen veštačkoj pljuvački. Njihovi rezultati pokazali su penetraciju boje u čak 79-85% dužine kanalnog punjenja u svim ispitivanim grupama. Do mikrocurenja nije došlo jedino u kontrolnoj grupi koja nije bila izložena veštačkoj pljuvački.

2.5.1. In vitro studije linearnog prodora boja

Mnogobrojne metode u kojima su korišćene boje i radioaktivni izotopi sprovedene su kako bi se dokazao kvalitet različitih materijala i tehnika opturacija. *Matloff* i saradnici [63] su u studiji koja je obuhvatala 63 ekstrahovana, jednokorena, humana zuba, izvršili standardizovanu instrumentaciju i opturaciju kanala korena. Zatim su uzorak podelili u 3 grupe, uzorke eksponirali metilen plavom bojom, rastvorom koji je saržao izotop kalcijuma ^{45}Ca , izotop ugljenika ^{14}C i izotop joda ^{125}I u trajanju od 48 sati, kako bi se uporedio stepen prodora za različite tehnike. Dobijeni su rezultati koji govore u prilog tome da je prodor metilen plave boje bolji od bilo kog izotopa. Izotop ugljenika bolje je penetrirao u punjenje od izotopa kalcijuma i joda. Nakon toga linearna penetracija boja postala je metoda izbora zbog

visoke osjetljivosti, lakog izvođenja i pogodnosti. Naučnici su tada verovali da je dubina prodora boje pokazatelj zjapa između endodontskog punjenja i zidova kanala korena zuba.

Rezultati studije koju su sproveli *Spradling* i *Senia* [68] govore u prilog tome da do potpunog mikrocurenja boje neće doći, čak ni u slučaju kada je kanal uzorka otvoren sa oba kraja. Pretpostavka je da je vazduh koji je ostao u kanalu zaustavio prodor boje u lumen kanala celokupnom dužinom. Ukoliko se zarobljeni vazduh potpuno eliminiše iz praznog prostora, boja posredstvom kapilarne sile neće moći da proдре dublje od tačke gde je dostignut balans pritiska i površinskog napona fluida. Zbog svega navedenog došli su do zaključka da rastvor boje ne može u potpunosti ispuniti mikropukotinu, s toga se smatra da je ova metoda nepouzdana.

Antoniazzi, *Mjor* i *Nygaard-Ostby* [69] proučavali su penetraciju metilen plave boje u prostor između dentina i cementa za opturaciju. Neki od kanala ekstrahovanih zuba punjeni su gutaperkom i cementom, dok je deo uzorka punjen isključivo cementom. Test su sprovodili neposredno nakon opturacije te nakon 48 sati. Dobijeni su rezultati koji govore u prilog tome, da nijedan od testiranih materijala nije bio nepropustljiv za boju.

Veoma je teško kontrolisati promenljive vrednosti kao što su vrednost pH, kanalnu ahitekturu, vreme koje ispitivani materijal provede u rastvoru boja, te propustljivost spoljašnjeg dela cementa zuba. Metoda linearnog prodora boja smatra se nepouzdanom, s obzirom da je veličina samih molekula boje neodređena.

2.5.2. In vitro i in vivo mikrobiološke studije

Za klinička ispitivanja pojave mikrocurenja *Mortensen* i saradnici [70] smatrali su da je prodor mikroorganizama mnogo relevantniji nego prodor boja i izotopa. *Goldman* i saradnici [71] ukazali su da je prodor bakterija uspešnija metoda za dokazivanje mikrocurenja hidrofилnih materijala od prodora boja, obzirom da boje mogu da daju i lažno pozitivan rezultat ukoliko su molekule boje malih dimenzija. Još 1987. godine, *Madison* i saradnici [72] dokazali su pomoću veštačke pljuvačke da je prisutno mikrocurenje kod endodontski lečenih zuba u roku od 7 dana kod svih ispitivanih materijala, dok su *Khayat* i saradnici [73] dokazali koronarno curenje uz pomoć humane pljuvačke koja je penetrirala celom dužinom kanala korena zuba za manje od 30 dana.

Torabinejad i saradnici [11] u svom istraživanju su tretirali 45 kanala, koji su opturisani *Rooth* silerom i gutaperkom uz lateralnu kondenzaciju. Koronarna trećina punjenja kanala korena zuba bila je izložena *Staphylococcus epidermalis* i *Proteus vulgaris*. Zatim su odredili broj dana koji je neophodan da bi došlo do potpunog prodora mikroorganizama kroz čitavo punjenje kanala. Rezultati su pokazali da je više od 50% kanala bilo potpuno kontaminirano nakon 19 dana od ekspozicije sa *S. epidermalis*. Dok je kod 50% kanala korena zuba takođe došlo do potpune kontaminacije 42 dana nakon ekspozicije *P. vulgaris*.

Magura i saradnici [74] ispitivali su koronarno curenje opturisanih kanala uz pomoć humane pljuvačke. Dobijeni rezultati ukazivali su da je prodor humane pljuvačke sporiji od prodora boja. Zapanili su da je prodor pljuvačke nakon 90 dana znatno veći nego nakon 2, 7, 14 i 28 dana. Nekoliko godina kasnije, 1994. *Grish* [75] je utvrdio da koronarni prodor bakterija iz pljuvačke u materijale za punjenje kanala korena zuba može biti potencijalni uzrok neuspjeha. Ovaj problem može biti izražen kod kanala kod kojih postoji nedostatak materijala za opturaciju, kao što je slučaj kod zuba koji su preparisani za postavljanje intraradiularnih kočica.

Chailertvanitkul [76] je istraživao ulogu anaeroba u koronarnoj propustljivosti materijala za opturaciju kanala korena zuba lateralnom kondenzacijom hladne gutaperke u kombinaciji sa dva cementa. Istraživanje je obuhvatalo 60 jednokorenih zuba, koji su obrađeni modifikovanom tehnikom umerene sile. Dvadeset zuba opturisani su *AH26* cementom u kombinaciji s hladnom lateralnom kondenzacijom, a 20 zuba opturisani su istom tehnikom, ali sa *Tubli Seal EWT* cementom. Negativna kontrola bili su zubi koji su u potpunosti ispunjeni silerom a pozitivna kontrola su bili zubi koji nisu uopšte opturisani. Koronarni deo svakog kanala korena zuba bio je zatvoren polipropilenskim vlaknom, i tako postavljen u posudu koja je bila napunjena sterilnom hranljivom podlogom za anaerobne mikroorganizme. Svakog sedmog dana, koronarni deo zuba inokulisan je sojem bakterija *Fusobacterium nucleatum*. Rast bakterija posmatran je u toku 12 nedelja. Sve pozitivne kontrole pokazale su znake propustljivosti već nakon nedelju dana, dok u grupi negativne kontrole nije došlo do kontaminacije. Svi uzorci pokazali su znake propustljivosti u toku trajanja ekperimenta. Period koji je bio potreban za potpunu propustljivost materijala *AH26* bio je 8,4 nedelje, dok je materijal *TubliSeal EWT* dao pozitivan rezultat nakon 8,2 nedelje. Na osnovu dobijenih rezultata statistička razlika nije postojala.

Schäfer [34] i *Maltezos* [77] smatraju da ukoliko materijal za opturaciju kanala korena zuba ima antimikrobno dejstvo, nije pogodan za ispitivanje mikrobiloškom metodom.

Metoda za sprovođenje mikrobiloških testova sastoji se od dvokomornog aparata koji omogućava potpuno odvajanje koronarnog od apikalnog dela uzorka. Zamućenje donje (apikalne) komore prvi je indikator bakterijske kontaminacije [74-78]. Mikrobiloške (bakterijske) studije u najvećem broju slučajeva su kvalitativne a ne kvantitativne [78]. Dovoljno je samo jedna bakterija da prođe kroz kanal korena zuba, da bi se dobio pozitivan rezultat u vidu zamućenja [75,78]. Mikroorganizmi koji su najčešće korišćeni u svrhe dokazivanja mikroćurenja su: *Enterococcus faecalis*[76,79,81], *P.mirabilis*[76], *Staphylococcus epidermidis* [81], *Candida albicans* [40], *Streptococcus salivarius* [74], *S.mutans*, *S.mitis*, *Prevotella melanogenica* i *Lactobacillus acidophilus*[39] *Actinomyces odontolyticus*, *Lactobacillus acidophilus* i *Pseudomonas fluorescens* [82] , *Fusobacterium nucleatum* [73]kao i humana pljuvačka [75]. Ipak najčešće korišćen bakterijski soj svakako je *E. faecalis*. Penetracija bakterija, ili njihovih produkata (endotoksina), lako mogu da dovedu do inflamatornog procesa [78]. Dokazano je da prodor endotoksina prethodi penetraciji bakterija u kanalni sistem [83].

2.5.3. Model penetracije glukoze

Savremena metoda za analiziranje mikroćurenja u endodonciji zasniva se na brzini filtracije glukoze kroz opturisan kanalni sistem [87,88]. Ova tehnika podrazumeva da se mikroćurenje određuje spektrofotometrijom [78] ili da se koncentracija glukoze, meri pomoću enzima glukoza-oksidade u različitim vremenskim intervalima [88]. Glukoza se koristi zbog male veličine molekula i zbog toga što predstavlja hranljivu materiju za bakterijske sojeve. Ukoliko glukoza prođe kroz kanal korena zuba iz usne duplje, bakterije mogu da prežive instrumentaciju i opturaciju, te nastave da se umnožavaju što za posledicu ima periapikalnu inflamaciju [78]. Model penetracije glukoze smatra se veoma senzibilnim i klinički relevantnim testom za dokazivanje mikroćurenja u odnosu na ostale tehnike. Kao najveći nedostaci ove tehnike navode se dug period izvođenja eksperimenta, nemogućnost obezbeđivanja sterilnog sistema bez prisustva bakterija, kao i mogućnost isparavanja tečnosti u toku eksperimenta [87].

2.5.4. Proteinski test mikrocurenja

Proteinski test mikrocurenja koristi albumin goveđeg seruma u dvokomornom sistemu sličnom metodi prodora bakterija. Kako bi se procenila koncentracija proteina u donjoj komori za test mikrocurenja koristi se *Bredfordov indikator*. Procedura se bazira na formaciji kompleksa između boje *Brilliant Blue G* i proteina u rastvoru. Novostvorena formacija proteina i boje pomera talasnu dužinu maksimalne apsorpcije *Brilliant Blue G* boje sa 465 na 596nm. Step en apsorpcije proporcionalan je nivou prisutnih proteina[89,90] .

2.5.5. Trodimenzionalna metoda

CBCT (*Cone beam computed tomography*) i SEM (*Scanning Electron Microscopy*) tehnologija mogu da se koriste za procenu prisustva maksimalnih i minimalnih praznina kao i difuzije cementa u dentinske tubule, te se na taj način može ispitati i potencijal određenih materijala za pojavu mikrocurenja [90]. Princip rada SEM-a zasnovan je na upotrebi snopa elektrona visoke energije usmerenog na površinu ispitivanog uzorka. Krajnji cilj je da se formira trodimenzionalna slika na osnovu koje je moguće dobiti informacije o ispitivanom uzorku. Upotrebom različitih softverskih aplikacija moguće je detaljno analizirati prodor materijala u dentinske tubule, integritet produžetaka cementa i izvršiti precizna merenja [91].

3. CILJ ISTRAŽIVANJA I HIPOTEZE

Cilj doktorske disertacije je da se metodom mikrobiološkog testa mikropropustljivosti, odredi kvalitet zaptivnih svojstava, novog biokeramičkog cementa na bazi kalcijum silikata *Endosequence BC Sealer* (*Brasseler, Savannah, GA, USA*) u odnosu na konvencionalne endodontske cemenete na bazi epoksi-bisfenol smola *AH plus* (*DeTrey/Dentsply, Konstanz, Germany*) i na bazi epoksi-bisfenol smola i kalcijum-hidroksida *Acroseal* (*Septodont, France*), primenom dve tehnike opturacije kanalnog sistema: monokona tehnika i opturacija tehnikom zagrejane gutaperke na čvrstom nosaču.

Za bliže ciljeve istraživanja određeno je:

- Utvrditi razliku u kvalitetu zaptivnih svojstava mikrobiološkim testom mikrocurenja; tri različita savremena endodontska cementa monokonom tehnikom opturacije
- Utvrditi razliku u kvalitetu zaptivnih svojstava mikrobiološkim testom mikrocurenja; tri različita savremena endodontska cementa opturacionom tehnikom zagrejane gutaperke na čvrstom nosaču
- Utvrditi razliku u kvalitetu zaptivnih svojstava mikrobiološkim testom mikrocurenja; svakog pojedinačnog endodontskog cementa u odnosu na tehnike opturacije i međusobno.

U odnosu na cilj doktorske disertacije postavljene su sledeće hipoteze istraživanja:

1. Ne postoji statistički značajna razlika između zaptivnih svojstava ispitivanih endodontskih cemenata kada se vrši monokona tehnika opturacije.
2. Ne postoji statistički značajna razlika između zaptivnih svojstava ispitivanih endodontskih cemenata kada se vrši opturacija tehnikom zagrejane gutaperke na čvrstom nosaču.

4. MATERIJAL I METODE ISTRAŽIVANJA

Na osnovu postavljenih ciljeva eksperimentalni deo istraživanja je podeljen na ispitivanje različitih vrsta endodontskih cemenata i različitih metoda opturacije, na kvalitet opturacije u smislu pojave apikalnog curenja - mikrocurenja.

4.1. Izbor i priprema uzorka

U istraživanju su upotrebljeni humani vitalni jednokoreni zubi, ekstrahovani na odeljenju za Oralnu hirurgiju Klinike za stomatologiju Vojvodine u Novom Sadu.

Upotreba humanih zuba u eksperimentalne svrhe odobrena je odlukom Etičke komisije Klinike za stomatologiju Vojvodine i Etičkog odbora Medicinskog fakulteta Univerziteta u Novom Sadu.

Kriterijumi za uključivanje zuba u studiju: vitalni jednokoreni zubi ekstrahovani iz ortodontskih ili parodontoloških razloga; zubi sa završenim rastom i razvojem korena i jednokanalnim sistemom.

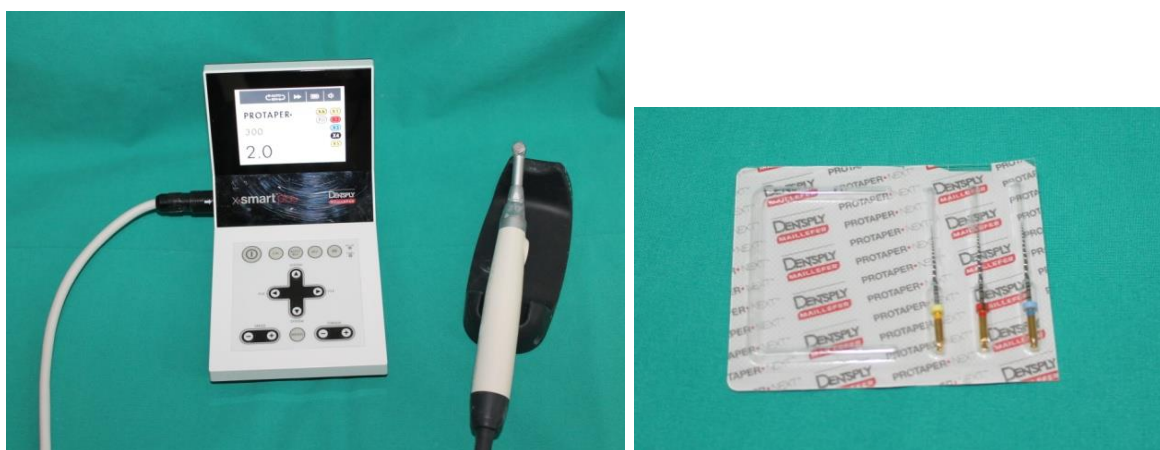
Kriterijumi za isključivanje zuba iz studije: zubi ekstrahovani usled akutnog/hroničnog periodontitisa; endodontski lečeni zubi; zubi s prisutnim korenskim frakturama, perforacijama, pukotinama, resorpcijama i otvorenim apeksom; jednokoreni zubi sa komplikovanom/višekanalnom morfologijom.

Neposredno nakon ekstrakcije zubi su očišćeni od mekih tkiva, kamenca i konkremenata ručnim kiretama i ultrazvučnim nastavcima i čuvani u sterilnom slanom rastvoru na temperaturi od 4°C do početka eksperimenta, ne duže od mesec dana. Dodatno isključivanje iz eksperimentalnog dela rada izvršeno je nakon radiografisanja, kako bi se potvrdilo prisustvo jednog kanalnog sistema, te su eliminisani zubi sa očiglednim lateralnim kanalima, frakturama zuba i abnormalnostima u morfologiji.

Materijal za ovo istraživanje činilo je 66 humanih jednokorenih zuba.

4.2. Instrumentacija kanala

Neposredno pre početka eksperimenta uzorci su potopljeni u 5,25%-tni rastvor natrijum-hipohlorita (NaOCl) tokom 30 minuta, zatim su ručnim instrumentima očišćena zaostala meka tkiva na površini zuba. Pristupilo se formiranju pristupnog kaviteta visokoturažnom bušilicom sa vodenim hlađenjem 300000 o/min (*W&H Dentalwerk, Burmos, Austria*), karbidnim okruglim svrdlom #4 i koničnim fisurnim borerom iz seta *EndoAccessKittm* (*DentsplySirona, Ballaigues, Switzerland*). Zatim se pristupilo eksploraciji ulaza i proveru prohodnosti kanala proširivačem *C+files #10* (*Dentsply Sirona, Ballaigues, Switzerland*). Radna dužina je određena uz pomoć instrumenta *C+files #10* dok vrh instrumenta nije uočen na apikalnom foramenu te skraćivanjem tako dobijene dužine za 0,5mm. Preparacija kanala vršena je krunično-apeksnom (“*crown down*”) tehnikom, mašinski pokretanim niktitanijumskim *ProTaper* instrumentima pune rotacije prateći sekvence X1, X2 i X3 (*ProTaper Next, Dentsply Sirona, Ballaigues, Switzerland*) (Slika 1.).



Slika 1. Oprema za instrumentaciju i preparaciju kanala korena

Kanali su preparisani endodontskim motorom i redukcionim kolenjakom (16:1) *X-Smart Plus* (*Dentsply Sirona, Ballaigues, Switzerland*) pri brzini od 300 obrtaja u minuti i kontrolom obrtnog mometa prema preporuci proizvođača (Slika 1.). Nakon upotrebe svakog pojedinačnog instrumenta kanali su ispirani sa 2 ml 5,25%-tnog rastvora natrijum-hipohlorita (NaOCl) plastičnim špricem i endodontskom iglom za irigaciju (*Micro-top applicators, Ceramed, Poland*). Za lubrikaciju korišćen je *Glyde* (*Dentsply Sirona, Ballaigues, Switzerland*). Nakon instrumentacije kanali su isprani sa 10 ml rastvora 17% EDTA (*I-dental,*

Siauliali, Lithuania) u trajanju od 60 sekundi, kako bi se uklonila neorganska komponenta razmaznog sloja. Finalna irigacija izvršena je sa 2ml 2% rastvora hlorheksidina (*GlucocHEX 2,0%, Cerkamed, Poland*). Između iriganasa kanali su isprani fiziološkim rastvorom u količini od 10 ml po kanalu, te blago posušeni papirnim poenima (*X3 Paper Points ProTaper Next, Dentsply Sirona, Ballaigues, Switzerland*).

4.3. Veličina i podela uzorka

U cilju standardizacije određeno je da uzorak treba da sadrži ukupno 66 zuba. Uzorak je nasumično podeljen u 3 grupe u zavisnosti od ispitivanog cementa i u 2 grupe u zavisnosti od tehnike opturacije. Ukupan uzorak činilo je 6 grupa od po 10 zuba. Zubi sa intaktnim kronicama (n=3) predstavljali su negativnu kontrolnu grupu, dok su uzorci (n=3) opturisani samo gutaperkom predstavljali pozitivnu kontrolnu grupu.

Ukupan broj zuba	Materijali	Tehnika opturacije	Broj zuba
60	<i>BC Sealer</i>	Monokona tehnika	10
		Tehnika zagrejane gutaperke na čvrstom nosaču	10
	<i>Acroseal</i>	Monokona tehnika	10
		Tehnika zagrejane gutaperke na čvrstom nosaču	10
	<i>AH Plus</i>	Monokona tehnika	10
		Tehnika zagrejane gutaperke na čvrstom nosaču	10

Slika 2. Šematski prikaz ispitivanih grupa.

4.4. Izbor endodontskih cementata

U istraživanju su ispitana tri endodontska cementa:

1. **AH Plus** (*Jet system, Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz, Germany*), dvokomponentni pasta/pasta cement na bazi epoksi-amin smole. Sistem je konstruisan da dvojnim špicem i specijalnim nastavkom koji automatski meša obe komponente cementa u idealnom odnosu (1:1). Cement je unošen u kanale instrumentom K-file #20, plasiranim 1 mm kraće od radne dužine obrnutim od smeru kazaljke na satu.

2. **Acroseal** (*Septodont, France*), dvokomponentna pasta/pasta cement na bazi epoksi smole i kalcijum-hidoksida. Cement je zamešan ručno, po uputstvu proizvođača. Istiskivanje jednake količine obe komponente materijala je kontrolisano vagom za precizna merenja. Cement je unošen u kanale instrumentom K-file #20, plasiranim 1 mm kraće od radne dužine obrnutim od smeru kazaljke na satu.

3. **BC sealer** (*Brasseler, Savannah, GA, USA*), jednokomponentna pasta na bazi biokeramičkih čestica. Pasta je fabrički pripremljena u špricu s kanilom. Cement je unošen u kanale instrumentom K-file #20, plasiranim 1 mm kraće od radne dužine obrnutim od smeru kazaljke na satu.

4.5. Opturacija kanala

Tehnike opturacije primenjene u istraživanju su:

1. Monokona tehnika opturacije (*Cone-fit; Single cone*): gutaperka poen (*X3 ProTaper Next Gutta-Percha Points, Dentsply Sirona, Ballaigues, Switzerland*) je aplikovan u prethodno pripremljen endodontski cement, do radne dužine. Višak gutaperke uklonjen je zagrejanim instrumentom.
2. Tehnika zagrejanje gutaperke na čvrstom nosaču, opturator (*X3 ProTaper Next Thermafill Obturator; Dentsply Sirona, Ballaigues, Switzerland*) je nakon zagrevanja u *ThermaPrep 2 Oven (Dentsply Sirona, Ballaigues, Switzerland)* u trajanju od 20 ± 5 sekundi, plasiran u kanal u koji je pretodno aplikovan endodontski cement, konstantnim apikalnim pritiskom do radne dužine. Koronarni deo opturatora je ručno uklonjen, a višak gutaperke uklonjen je zagrejanim instrumentom (Slika 3.).

Uzorci su nakon opturacije a pre izvođenja završnog dela eksperimenta postavljeni u gazu natopljenju sterilnim fiziološkim rastvorom kako bi se održala vlažnost zuba. Uzorci su čuvani u sterilnim bočicama na temperaturi od 4° .

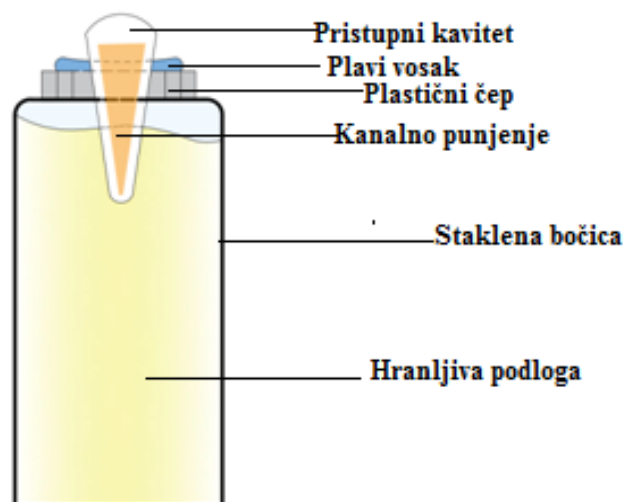


Slika 3. Oprema za opturaciju kanala korena zuba

4.6. Test mikrocorenja

Za dokazivanje apikalnog mikrocorenja korišćena je metoda dve komore, koju je opisao *Torabinejad* [11]. Za dokazivanje mikrocorenja korišćen je soj *E. faecalis* ATCC 29212. U bočice za uzorkovanje zapremine 20 ml, postavljeni su uzorci (opturisani zubi), tako da je krunični deo zuba izvan bočice (gornja komora), a korenski deo zuba nalazi se u sterilnoj hranljivoj podlozi – Tripton soja bujon, u kojoj se nalazi antibiotik streptomycin (donja komora), kako bi se izbegla kontaminacija podloge drugim sojevima bakterija u toku istraživanja. Zubi su postavljeni u zatvarač svake bočice koji su prethodno preparisani turbinskim svrdlom u vidu kružnog otvora. Nakon toga uzorci su učvršćeni uz pomoć plavog voska. Apikalni deo zuba (3mm) je potopljen u hranljivu podlogu, tom prilikom zubno tkivo nije dodirivalo zidove bočice (Slika 4).

Donja komora napunjena je sa 20 ml sterilnog Tripton soja bujona, u koji je dodat antibiotik-streptomycin, filter sterilizacijom u koncentraciji od 2000 μ g/ml. Sastav ove podloge na 1000 ml je sledeći: pepsin od kazeina 17.0 g, soja pepsin 3.00 g, dekstroza 2.50 g, natrijum hlorid (NaCl) 5.00 g i kalijumhidrogenfosfat 2.50 g. Odmereno je 60 g praha podloge i dodato 2000 ml hladne destilovane vode. Podloga je pažljivo i uz mešanje zagrevana do ključanja, do potpunog rastvaranja. Rastvorena podloga je razlivena u staklene boce i sterilisana u autoklavu 15 minuta na 121 °C. Podloga u staklenim bocama posle sterilizacije čuvana na temperaturi od 2°C do 8 °C do početka eksperimenta.



Slika 4. Šematski prikaz metode dve komore

U gornju komoru aparata, je svakog četvrtog dana dodato automatskom pipetom 0,1 ml sveže pripremljenog fiziološkog rastvora inokulisanog sojem *E.faecalis* ATCC 29212 u vrednosti od 0,5 McFarland-a ($1,5 \times 10^8$ UFC/ml) (Slika5.). Svi ispitivani uzorci u toku eksperimenta čuvani su u 5%-tnom CO2 inkubatoru na 37°C pri 100% vlažnosti.

Test mikropropustljivosti izvršen je na Institutu za javno zdravlje Vojvodine u laboratoriji za bakteriološka ispitivanja.



Slika 5. Pripremljen soj E.faecalis za inokulaciju električnom pipetom

Pozitivan rezultat mikrocurenja određen je vizuelno, golim okom na osnovu zamućenosti hranljive podloge. Eksperiment je trajao 33 dana, svakodnevno su kontrolisane promene u zamućenosti. (Slika 6.)



Slika 6. Pripremljeni uzorci pre postavljanja u termostat

4.7. Statistička analiza

Podaci prikupljeni tokom istraživanja su analizirani korišćenjem statističkog paketa *SPSS20.0. for Windows*.

Primenjene su tehnike deskriptivne i inferencijalne statistike.

- ✚ Dihotomna varijabla o prisustvu zamućenja prikazana je tabelarno i uz pomoć Fišerovog i χ^2 -testa. Analizirana je značajnost razlike u distribuciji zamućenja prema tehnici i cementu.
- ✚ Dan zamućenja prikazan je tabelarno uz osnovne pokazatelje deskriptivne statistike prema tehnici i cementu.
- ✚ Ispitivanje varijacija u danu zamućenja prema tehnici analizirano je pomoću neparametarskog Man-Vitnjevog testa.
- ✚ Varijacije u danu zamućenja prema cementu analizirane su pomoću neparametarskog Kruskal-Valisovog testa i dodatno Man-Vitnjevim testom za poređenje parova.
- ✚ Kaplan-Majerova analiza preživljavanja je primenjena na dan zamućenja sa izborom faktora tehnike i cementa.

U svim primenjenim testovima, rezultati kod kojih je nivo značajnosti bar 95% ($p < 0,05$) tumačeni su kao statistički značajni, a oni sa nivoom značajnosti minimalno 99% ($p < 0,01$) kao statistički visoko značajni. Rezultati kod kojih je nivo značajnosti ispod 95% ($p \geq 0,05$) interpretirani su kao rezultati bez statističkog značaja.

Rezultati su prezentovani tekstualno, tabelarno i grafički.

5.REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Pozitivan rezultat mikrocurenja određen je vizuelno, golim okom na osnovu prisustva zamućenosti hranljive podloge. (Slika 7.)

U pozitivnoj kontrolnoj grupi do mikrocurenja došlo je nakon 24h od postavke eksperimenta, dok u negativnoj kontrolnoj grupi do kraja eksperimenta nije došlo do pojave mikrocurenja.



Slika 7. Uzorak s zamućenom hranjivom podlogom i uzorak kod kog nije došlo do mikrocurenja

5.1. Distribucija uzorka u odnosu na test mikrocurenja prema tehnici opturacije

Rezultati istraživanja pokazuju da je u obe ispitivane grupe prema tehnikama opturacije došlo do zamućenja hranljive podloge. Pojava mikrocurenja prvi put je zabeležena 14. dana od postavljanja eksperimenta. U grupi s monokonom tehnikom zamutila su se 2 uzorka, u grupi s tehnikom zagrejjane gutaperke na čvrstom nosaču jedan uzorak. Od 15. do 18. dana nije došlo do novih zamućenja. U grupi s monokonom tehnikom opturacije 19-tog dana zamutio se još jedan uzorak. 20. dana u obe grupe došlo je do zamućenja još po jednog uzorka. 21. dana nije bilo novih zamućenja. 22. dana u obe grupe zamutio se još po jedan uzorak. Najveći broj zamućenja desio se 23. dana, i to u grupi monokone tehnike 4 uzorka, a u grupi tehnike zagrejjane gutaperke na čvrstom nosaču 6 uzoraka, što znači da je tog dana ukupno zamućeno novih 10 uzoraka od ukupnog broja. 24. dana nije bilo novih zamućenja. 25. dana u grupi monokone tehnike pojavila su se dva nova slučaja zamućenja, dok je u grupi tehnike zagrejjane gutaperke na čvrstom nosaču registrovano jedno zamućenje. 26. dana dva uzorka u grupi tehnike zagrejjane gutaperke na čvrstom nosaču su zabeležila zamućenje. 27. dana u grupi monokone tehnike zamutio se jedan uzorak, a u grupi zagrejjane gutaperke na čvrstom nosaču takvih uzoraka je bilo dva. 28. i 29. dana nije bilo novih slučajeva zamućenja, dok je 30. dana došlo do novih zamućenja u po dva uzorka u svakoj grupi. Do kraja eksperimenta koji je trajao 33 dana zamutio se još jedan uzorak u monokonoj tehnici. (Tabela 1.)

Tabela 1. Distribucija uzoraka pozitivnog testa mikrocurenja prema danu pojavljivanja i tehnici opturacije

Tehnika	Dan zamućenja										Ukupno:
	14	19	20	22	23	25	26	27	30	33	
Monokona tehnika opturacije	2	1	1	1	4	2	0	1	2	1	15
Tehnika zagrejjane gutaperke na čvrstom nosaču	1	0	1	1	6	1	2	2	2	0	16
Ukupno:	3	1	2	2	10	3	2	3	4	1	31

Analizom dobijenih rezultata uočava se da je u grupi monokone tehnike opturacije pozitivan test mikrocurenja imalo 15 uzoraka što čini 50% svih uzoraka rađenih ovom tehnikom. Kod tehnike zagrejjane gutaperke na čvrstom nosaču uočeno je neznatno veći broj zamućenih uzoraka i on iznosi 16, što čini 53,33%. (Tabela 2.)

Tabela 2. Raspored zamućenosti uzoraka prema tehnici

Tehnika	Zamućen uzorak		Ukupno:
	Ne	Da	
Monokona tehnika opturacije	15	15	30
Tehnika zagrejjane gutaperke na čvrstom nosaču	14	16	30
Ukupno:	29	31	60

Kako je p-vrednost Fišerovog testa $1,000 > 0,05$, ne postoje statistički značajne razlike u zamućenosti uzorka prema tehnici opturacije.

Prosečano vreme pojave zamućenja za monokonu tehniku opturacije je 23,40 dana, dok je prosečno vreme pojave zamućenja za tehniku zagrejjane gutaperke na čvrstom nosaču 24,06 dana. (Tabela 3.)

Tabela 3. Deskriptivna statistika vremena pojave zamućenja uzorka prema tehnikama opturacije

Tehnika	Broj jedinica u uzorku	Minimum	Maksimum	Prosečna vrednost	Standardna devijacija
Monokona tehnika opturacije	15	14	33	23,40	5,396
Tehnika zagrejjane gutaperke na čvrstom nosaču	16	14	30	24,06	3,872

Dobijeni rezultati testa mikrocurenja u odnosu na tehnike opturacije već na prvi pogled su nagoveštavali da ne postoji razlika između grupa. Kako bi to proverili urađena je statistička obrada podataka putem neparametarskog Man-Vitnjevog testa. (Tabela 4.)

Tabela 4. Rangovi podataka prema tehnici opturacije

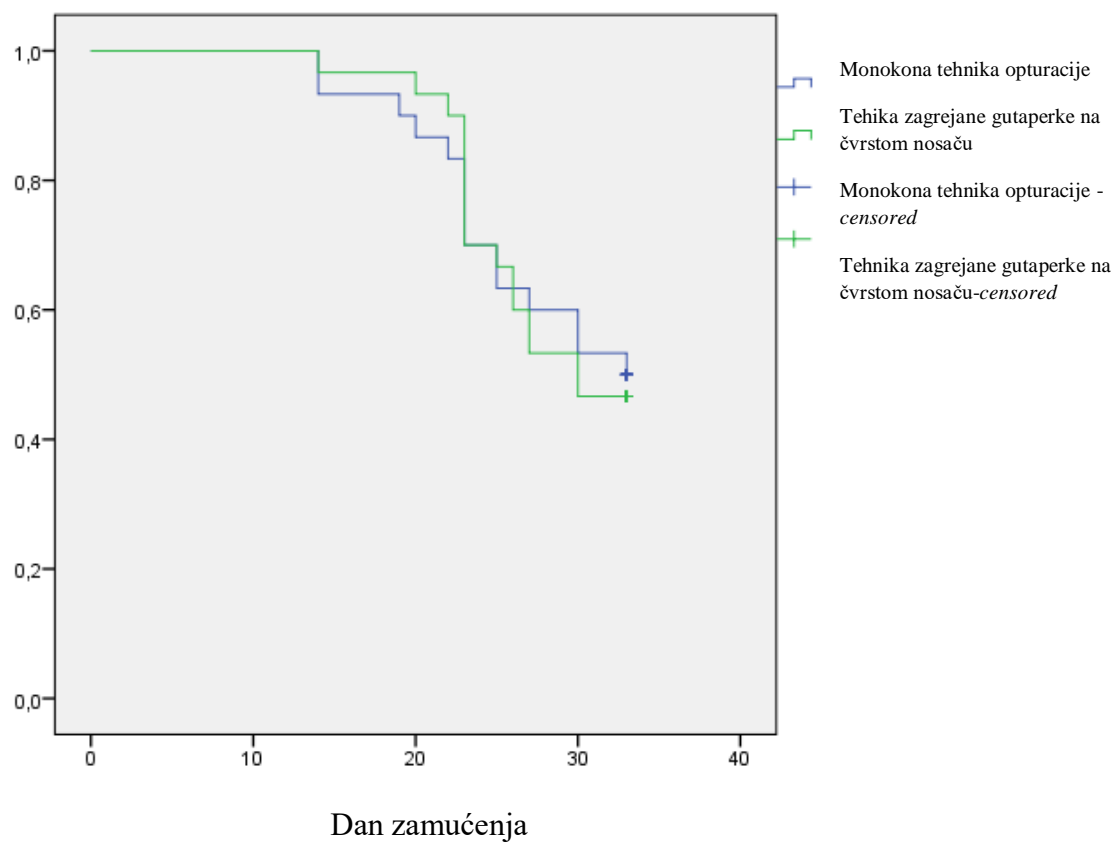
Tehnika	Broj podataka u uzorku	Prosečna vrednost ranga	Suma rangova
Monokona tehnika opturacije	15	15,20	228,00
Tehnika zagrejane gutaperke na čvrstom nosaču	16	16,75	268,00
Ukupno:	31		

Tabela 5. Statistika i p-vrednost Man-Vitnjevog testa

Test	Statistika testa
Mann-Whitney U	108,000
Z	-0,484
p-vrednost	0,654

Kako je p -vrednost Man-Vitnjevog testa $0,654 > 0,05$ ($Z = -0,484$) ukazuje da ne postoje statistički značajne razlike u vremenu pojave zamućenja prema tehnici opturacije. (Tabela 5.)

Grafikon 1. Vreme pojave mikrocurjenja u odnosu na tehnike opturacije



5.2. Distribucija uzorka u odnosu na test mikrocurenja prema tehnici opturacije u različitim grupama cementa

5.2.1. Distribucija uzorka u odnosu na test mikrocurenja prema tehnici opturacije u grupi cementa BC sealer

Od ukupno 10 uzoraka opturiranih *BC sealer* cementom kod kojih je primenjena monokona tehnika opturacije u 7 uzoraka (70%) došlo je do mikropropustljivosti. Neznatno manje odnosno kod 6 uzoraka (60%) registrovano je zamućenje kod primene zagrejane gutaperke na čvrstom nosaču. (Tabela 6.)

Tabela 6. Raspored zamućenosti uzoraka prema tehnici za cement BC sealer

Tehnika	Zamućen uzorak		Ukupno:
	Ne	Da	
Monokona tehnika opturacije	3	7	10
Tehnika zagrejane gutaperke na čvrstom nosaču	4	6	10
Ukupno:	7	13	20

Kako je p-vrednost Fišerovog testa $1,000 > 0,05$, ne postoje statistički značajne razlike u zamućenosti uzorka prema tehnici, unutar cementa *BC sealer*.

5.2.2. Distribucija uzorka u odnosu na test mikrocurenja prema tehnici opturacije u grupi cementa *AH plus*

Rezultati ove disertacije pokazuju da je *AH plus* kao cement pokazao bolje zaptivanje kanala korena, jer je u grupi monokone tehnike opturacije od 10 uzoraka u samo 3 (30%) došlo do mikropropustljivosti. Primenom tehnike zagrejane gutaperke na čvrstom nosaču u kombinaciji sa *AH plus* cementom procenat neuspeha odnosno mikrocurenja je 40%. (Tabela 7.)

Tabela 3. Raspored zamućenosti uzoraka prema tehnici za cement *AH plus*

Tehnika	Zamućen uzorak		Ukupno:
	Ne	Da	
Monokona tehnika opturacije	7	3	10
Tehnika zagrejane gutaperke na čvrstom nosaču	6	4	10
Ukupno:	13	7	20

Kako je p -vrednost Fišerovog testa $1,000 > 0,05$, ne postoje statistički značajne razlike u zamućenosti uzorka prema tehnici, unutar cementa *AH plus*.

5.2.3. Distribucija uzorka u odnosu na test mikrocurenja prema tehnici opturacije u grupi cementa Acroseal

Od 10 uzoraka koji su opturirani *Acroseal* cementom u kombinaciji sa monokonom tehnikom 50% uzorka je pokazalo mikropropustljivost. Kod tehnike zagrejjane gutaperke na čvrstom nosaču, taj procenat je 60%. (Tabela 8.)

Tabela 8. Raspored zamućenosti uzoraka prema tehnici za cement *Acroseal*

Tehnika	Zamućen uzorak		Ukupno:
	Ne	Da	
Monokona tehnika opturacije	5	5	10
Tehnika zagrejjane gutaperke na čvrstom nosaču	4	6	10
Ukupno:	9	11	20

Kako je p -vrednost Fišerovog testa $1,000 > 0,05$, ne postoje statistički značajne razlike u zamućenosti uzorka prema tehnici, unutar cementa *Acroseal*.

Ni jedan od korišćenih cemenata, nije pokazao značajno bolja svojstva u odnosu na pojavu mikrocurenja bez obzira na vrstu tehnike opturacije. Zbog toga je bilo potrebno analizirati i statistički obraditi samu vremensku pojavu mikrocurenja u odnosu na svaki pojedinačni cement, a rezultate poredeći prema tehnici opturacije.

5.3. Distribucija uzorka u odnosu na test mikrocurenja prema vrsti cementa koji je korišćen

Dobijeni rezultati pokazuju da je u velikom procentu uzoraka došlo do mikropropustljivosti i to kod 31 uzorka što iznosi 51,66%. Manje od polovine uzorka (29 uzoraka) ostalo je intaktno.

Rezultati ove disertacije pokazuju da je najmanji broj mikrocurenja uočen kod primene *AH plus* cementa i to u 11,66% od ukupnog broja uzoraka. Po svojoj uspešnosti zaptivanja na drugom mestu je cement *Acroseal* sa 11 (18,33%) neuspešnih opturacija, a *BC sealer* dao je najlošiji rezultat sa procentom neuspeha od 21%. (Tabela 9.)

Tabela 9. Raspored zamućenosti uzoraka prema vrsti cementa

Cement	Zamućen uzorak		Ukupno:
	Ne	Da	
BC sealer	7	13	20
AH plus	13	7	20
Acroseal	9	11	20
Ukupno:	29	31	60

Kako je p -vrednost χ^2 testa $0,154 > 0,05$ ($\chi^2 = 3,737$), ne postoje statistički značajne razlike u zamućenosti uzorka prema cementu.

5.3.1. Distribucija uzorka u odnosu na test mikrocurenja kod monokone tehnike opturacije unutar ispitivanih cemenata

Analizom rasporeda zamućenosti uzoraka prema vrsti upotrebljenih cemenata, a uz primenu monokone tehnike ponovo se uočava da cement *AH plus* daje najbolje rezultate. Samo 3, od ukupnog broja uzoraka koji su opturisani monokonom tehnikom i ovim cementom pokazuju mikrocurenje. Kod *BC sealer cementa* taj broj je 7, a kod *Acroseal cementa* 5. (Tabela 10.)

Tabela 10. Raspored zamućenosti uzoraka prema cementu

Cement	Zamućen uzorak		Ukupno:
	Ne	Da	
BC sealer	3	7	10
AH plus	7	3	10
Acroseal	5	5	10
Ukupno:	15	15	30

Kako je p -vrednost χ^2 testa $0,202 > 0,05$ ($\chi^2 = 3,200$), ne postoje statistički značajne razlike u zamućenosti uzorka prema cementu unutar monokona tehnika opturacije.

5.3.2. Distribucija uzorka u odnosu na test mikrocurenja kod tehnike tople gutaperke na čvrstom nosaču unutar ispitivanih cementata

Pregledom rezultata iz oblasti opturacije tehnikom tople gutaperke na čvrstom nosaču sa različitim grupama cementa, uočava se da je najmanji broj mikrocurenja zabeležen kod cementa *AH plus* 13,33%, dok je kod cementa *BC sealer* i *Acroseal* ovaj procenat jednak i iznosi 20%. (Tabela 11.)

Tabela 11. Raspored zamućenosti uzoraka prema cementu

Cement	Zamućen uzorak		Ukupno:
	Ne	Da	
BC sealer	4	6	10
AH plus	6	4	10
Acroseal	4	6	10
Ukupno:	14	16	30

Bez obzira što se jasno uočava da kod obe tehnike opturacije najbolje rezultate odnosno najmanji procenat mikrocurenja pokazuje cement *AH plus*, razlike nisu tolike da bi bile statistički značajne.

Kako je p -vrednost χ^2 testa $0,585 > 0,05(\chi^2 = 1,071)$, ne postoje statistički značajne razlike u zamućenosti uzorka prema cementu unutar tehnike zagrejjane gutaperke na čvrstom nosaču.

5.3.3 Distribucija uzoraka pozitivnog testa mikrocurenja prema danu pojavljivanja i vrsti cementa

Analizom rezultata uočava se da se prva zamućenja javljaju kod primene *BC sealer cementa*, i to 14. dana od postavljanja eksperimenta. Od 15. do 18. dana nije bilo novih zamućenja dok se 19. dana uočava pojava mikrocurenja kod *AH plus* cementa u jednom uzorku. 20. dana takođe dolazi do pojave dva nova slučaja mikrocurenja u grupi cemenata *AH plus*. 21. dana nije bilo promena. 22. dana javljaju se dva uzorka sa mikrocurenjem, i to jedan u grupi sa *BC sealer*, a drugi u grupi sa *AH plus* cementom. Najkritičniji dan u vezi sa pojavom mikrocurenja je 23. dan. Tada se javlja zamućenje kod 6 uzorka na *BC sealer*, 2 na *AH plus*, i 2 uzorka sa *Acroseal* cementom. 24. dana nije bilo novih mikrocurenja dok su u grupi sa *Acroseal* cementom naredna 3 dana 25, 26 i 27. dan obeleženi novim slučajevima; i to po jedan 25. i 26, te 3 uzorka 27. dana. U grupi sa *BC sealer* cementom 25. dana javljaju se 2 nova slučaja mikrocurenja, a 26. dana samo jedan. Interesantno je zapaziti da u ova vezana 3 dana mikrocurenja kod *AH plus* cementa nema ni jednog novog slučaja. 28. i 29. dana ni u jednoj grupi cemenata nije bilo pojave mikrocurenja. Ono se javlja tek 30. dana i to u jednom uzorku sa *AH plus* cementom i 3 uzorka sa *Acroseal* cementom. (Tabela 12.)

Tabela 12 . Distribucija uzoraka pozitivnog testa mikrocurenja prema danu pojavljivanja i vrsti cementa

Cement	Dan zamućenja										Ukupno:
	14	19	20	22	23	25	26	27	30	33	
BC sealer	3	0	0	1	6	2	1	0	0	0	20
AH plus	0	1	2	1	2	0	0	0	1	0	20
Acroseal	0	0	0	0	2	1	1	3	3	1	20
Ukupno:	3	1	2	2	10	3	2	3	4	1	60

Prosečno vreme pojave zamućenja za cement *BC sealer* je 21,38. Prosečno vreme pojave zamućenja za *AH plus* je 22,43. Prosečan dan zamućenja za *Acoseal* je 27,36. (Tabela 13.)

Tabela 13. Deskriptivna statistika dana zamućenja uzorka prema cementu

Cement	Broj jedinica u uzorku	Minimum	Maksimum	Prosečna vrednost	Standardna devijacija
BC sealer	13	14	26	21,38	4,350
AH plus	7	19	30	22,43	3,690
Acroseal	11	23	33	27,36	3,139

5.4. Rezultati testa mikrocurenja u odnosu na sve ispitivane cemente

Na osnovu dobijenih rezultata može se uočiti da je cement *AH plus* dao najnižu vrednost, odnosno kod najmanjeg broja uzoraka u grupi cementa *AH plus* je došlo do mikrocurenja. (Tabela 14.)

Daljom obradom podataka pomoću Kruskal-Valisovog testa uočeno je da je ova razlika i statistički značajna. (Tabela 15.)

Tabela 14. Rangovi podataka prema cementu

Cement	Broj podataka u uzorku	Prosečna vrednost ranga
BC sealer	13	12,08
AH plus	7	11,14
Acroseal	11	23,73
Ukupno:	31	

Tabela 15. Statistika i p-vrednost Kruskal-Valisovog testa

Test	Statistika testa
χ^2	12,856
Broj stepeni slobode	2
p-vrednost	0,002

Kako je p-vrednost Kruskal-Valisovog testa $0,002 < 0,05$ ($\chi^2 = 12,856$), postoje statistički značajne razlike u zamućenosti uzorka prema cementu.

Ako se uzme u obzir parametar vremena pojave zamućenja, odnosno koliko dana prođe od postavke eksperimenta do momenta pojave mikrocurenja, možemo smatrati da cement *Acroseal* daje najbolje rezultate jer kod njega do 23. dana nema pojave mikrocurenja u obe tehnike opturacije niti u jednom uzorku. To dokazuje i statistička obrada podataka prema Man-Vitnijevom testu. (Tabela 16.)

Tabela 16. P-vrednost Man-Vitnijevog testa za poređenje po parovima

Cement	BC sealer	AH plus	Acroseal
BC sealer	-	0,622	0,001
AH plus	0,622	-	0,010
Acroseal	0,001	0,010	-

Na osnovu navedenih *p* - vrednosti, očigledno je da se *Acroseal* statistički značajno razlikuje od *BC sealer* i *AH plus*, a s obzirom na najveću prosečnu vrednost rangova daje najbolje rezultate.

5.5. Poređenje pojave mikrocurenja prema cementu unutar monokone tehnike opturacije

Radi praktične primene rezultata ove disertacije bilo je neophodno izvršiti statističku analizu koji će cement u kombinaciji sa kojom tehnikom dati najbolje rezultate. (Tabela 17, Tabela 18, Tabela 19.)

Tabela 17. Rangovi podataka prema cementu

Cement	Broj podataka u uzorku	Prosečna vrednost ranga
BC sealer	7	6,29
AH plus	3	4,83
Acroseal	5	12,30
Ukupno:	15	

Tabela 18. Statistika i p-vrednost Kruskal-Valisovog testa

Test	Statistika testa
χ^2	7,325
Broj stepeni slobode	2
p-vrednost	0,026

Kako je p-vrednost Kruskal-Valisovog testa $0,026 < 0,05$ ($\chi^2 = 7,325$), postoje statistički značajne razlike u zamućenosti uzorka prema cementu unutar monokone tehnika opturacije.

Tabela 19. P-vrednost Man-Vitnjevog testa za poređenje po parovima

Cement	BC sealer	AH plus	Acroseal
BC sealer	-	0,017	0,562
AH plus	0,017	-	0,035
Acroseal	0,562	0,035	-

Na osnovu navedenih *p*-vrednosti, očigledno je da se *AH plus* statistički značajno razlikuje od *BC sealer* i *Acroseal* cementa, a obzirom na najveću prosečnu vrednost rangova, daje najbolje rezultate u kombinaciji sa monokonom tehnikom opturacije.

5.6. Poređenje pojave mikrocurenja prema cementu unutar tehnike zagrejjane gutaperke na čvrstom nosaču

Nakon prethodnih statističkih obrada bilo je potrebno analizirati i rezultate u tehnici zagrejjane gutaperke na čvrstom nosaču.

Tabela 20. Rangovi podataka prema cementu

Cement	Broj podataka u uzorku	Prosečna vrednost ranga
BC sealer	6	6,42
AH plus	4	6,75
Acroseal	6	11,75
Ukupno:	16	

Tabela 21. Statistika i p-vrednost Kruskal-Valisovog testa

Test	Statistika testa
χ^2	4,751
Broj stepeni slobode	2
p-vrednost	0,093

Kako je p -vrednost Kruskal-Valisovog testa $0,093 > 0,05$ ($\chi^2 = 4,751$), ne postoje statistički značajne razlike u zamućenosti uzorka prema cementu unutar tehnike zagrejana gutaperke na čvrstom nosaču što praktično znači da kod ove tehnike opturacije izbor cementa nije od presudnog značaja.

Tabela 22. Pregled zamućenja prema tehnikama

Cement	Ukupan broj podataka	Broj zamućenja	Jedinice posmatranja bez zamućenja	
			N	(%)
BC sealer	20	13	7	35,0%
AH plus	20	7	13	65,0%
Acroseal	20	11	9	45,0%
Ukupno:	60	31	29	48,3%

Tabela 23. Pregled pokazatelja deskriptivne statistike pojave zamućenja uzoraka prema tehnikama opturacije

	Srednja vrednost				Medijana			
	Ocena	Stand ardna greška	95% Interval poverenja		Ocena	Stand ardna greška	95% Interval poverenja	
			Donja granica	Gornja granica			Donja granica	Gornja granica
Cement								
BC sealer	25,450	1,450	22,608	28,292	23,000	,839	21,356	24,644
AH plus	29,300	1,215	26,919	31,681
Acroseal	29,900	,839	28,256	31,544	30,000	3,354	23,426	36,574
Ukupno:	28,217	,742	26,762	29,672	30,000	.	.	.

Ocena srednje vrednosti dana zamućenja za cement *BC sealer* u uzorku iznosi 25,450.

Uz nivo pouzdanosti od 95% može se smatrati da interval 22,608 do 28,292 sadrži prosečnu vrednost dana zamućenja, za cement *BC sealer*.

U formiranom uzorku *BC sealer* cement može se očekivati da se polovina jedinica posmatranja zamućuje za manje od 23 dana, dok se polovina jedinica posmatranja zamućuje za više od 23 dana.

Uz nivo pouzdanosti od 95% može se smatrati da interval 21,356 do 24,644 sadrži medijanu dana zamućenja za cement *BC sealer*.

Ocena srednje vrednosti dana zamućenja za cement *AH plus* u uzorku iznosi 29,300.

Uz nivo pouzdanosti od 95% može se smatrati da interval 26,919 do 31,681 sadrži prosečnu vrednost dana zamućenja, za cement *AH plus*.

Ocena srednje vrednosti dana zamućenja za cement *Acroseal* u uzorku iznosi 29,900.

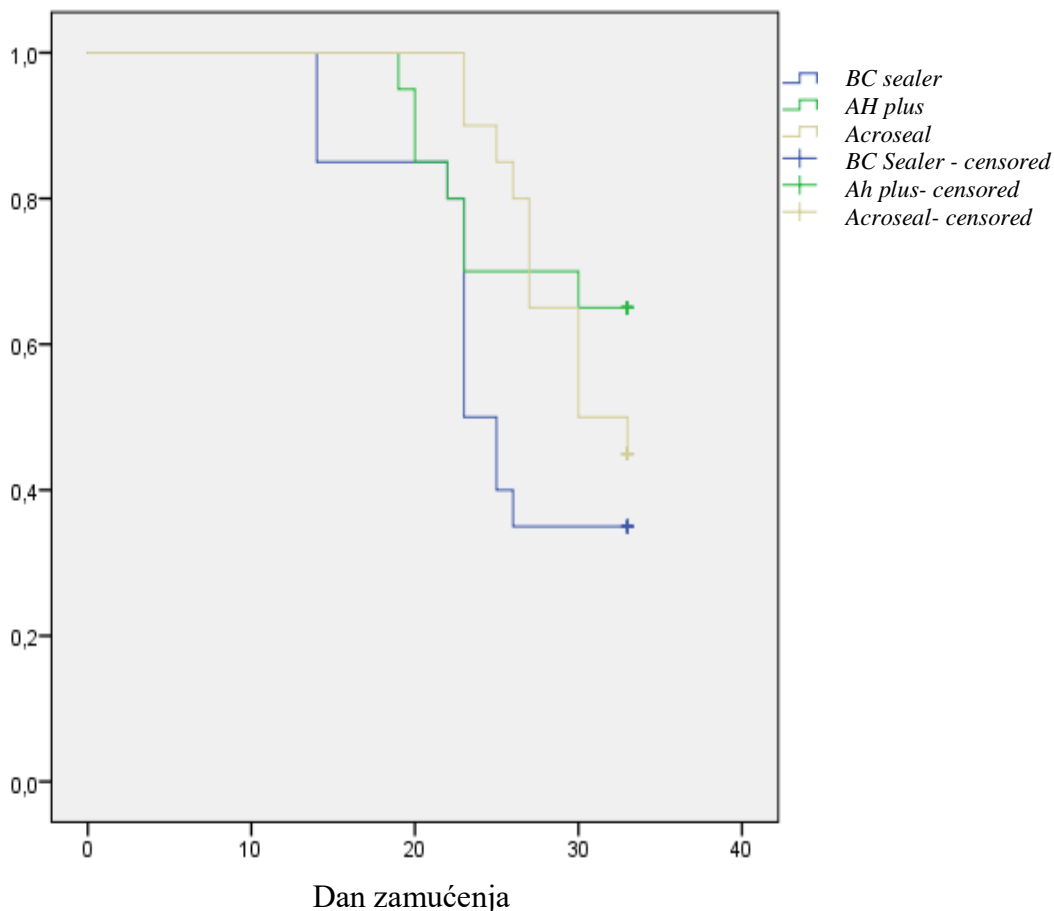
Uz nivo pouzdanosti od 95% može se smatrati da interval 28,256 do 31,544 sadrži prosečnu vrednost dana zamućenja, za cement *Acroseal*.

U formiranom uzorku za *Acroseal* cement može se očekivati da se polovina jedinica posmatranja zamućuje za manje od 30 dana, dok se polovina jedinica posmatranja zamućuje za više od 30 dana.

Uz nivo pouzdanosti od 95% može se smatrati da interval 23,426 do 36,574 sadrži medijanu dana zamućenja, za cement *Acroseal*.

Kako je p -vrednost $0,114 > 0,05$ ($\chi^2 = 4,349$) Kaplan-Majerov test ne pokazuje da postoje statistički značajne razlike u danu zamućenja prema cementu.

Grafikon 2. Vreme pojave mikrocurenja u odnosu na tehnike opturacije



6.DISKUSIJA

Savremena stomatologija sve više pažnje poklanja endodontskoj terapiji zuba, obzirom da se danas smatra da je endodontski lečen zub po svom biološkom potencijalu, jednako vredan kao i vitalan zub. Ranija shvatanja da struktura dentina i cementa zuba menjaju svoja svojstva zbog prekida neurovaskularnog snopa danas su prevaziđena. Naučno je dokazano da endodontski tretiran zub ima podjednake biološke kvalitete kao i zubi s zdravim pulpnim sistemom [92].

Učestalost pojave endodontski lečenih zuba kod odraslih pacijenata u Srbiji, po istraživanjima sa Beogradskog univerziteta, na uzorku od 3526 zuba, iznosi 438 zuba odnosno 12,5% od ukupnog uzorka. U odnosu na broj ispitanih pacijenata kojih je bilo 153, kod čak 85% odnosno 130 pacijenata detektovan je bar jedan endodontski lečen zub [93]. S obzirom na veliku učestalost endodontske terapije, i potrebu za endodontskim lečenjem, materijali koji se koriste za ovu namenu iz godine u godinu se usavršavaju, ponuda na tržištu je velika, a kliničari su u velikoj dilemi koji materijali su pravi izbor za uspešan ishod terapije.

Ova *in vitro* studija sprovedena je s ciljem da se analizira kvalitet zaptivnih svojstava endodontskih cemenata koji se često koriste u praksi i materijala najnovije generacije, u kombinacijama s tehnikama opturacije. Zadatak ove studije je da ukaže koji materijal sa kojom tehnikom daje najbolje rezultate, i na taj način usmeri kliničare i olakša planiranje endodontske terapije.

6.1. Diskusija materijala i metoda

Eksperimentalni protokol razvijen je u skladu s prethodno korišćenim modelima za ispitivanje zaptivnih svojstava endodontskih cemenata.

Istraživanje je sprovedeno na humanom biloškom materijalu u laboratorijskim uslovima. Pozitivna strana *in vitro* istraživanja je što se mogu sprovesti u relativno kratkom periodu na velikom broju uzoraka, u strogo kontrolisanim uslovima. Negativna strana *in vitro* studija svakako je nedostatak fizioloških uslova tokom protokola za endodontsku terapiju, što može uticati na verodostojnost dobijenih rezultata [94].

Kada se istraživanje sprovodi na ekstrahovanim zubima, javlja se problem sa eksperimentalnim modelom i odabirom uzorka. Kako bi uzorak bio standardizovan preporučuje se korišćenje humanih zuba iste morfološke grupe, sličnih dimenzija kanala korena zuba, kako bi se anatomske varijacije svele na minimum [95-100].

Poprečni presek kanala korena zuba u velikoj meri može da utiče na procedure koje se koriste tokom endodontskog tretmana, te bi postojanje standardizovane unutrašnje anatomije kanala predstavljalo idealan eksperimentalni model [101]. Kako bi se ova pojava eliminisala, neki autori su proizveli arteficialne kanalne sisteme u fabričkim blokovima za endodontski tretman ali tvrdoća i abrazija akrilne smole i dentina nisu iste, kao ni stres koji trpe instrumenti tokom preparacije kanala [91].

U eksperimentalnom delu ove disertacije upotrebljeni su jednokoreni zubi, koji su radiografisani kako bi se potvrdilo prisustvo jednokanalnog pulpnog sistema, a eliminisali očigledni lateralni kanali. Ovakva standardizacija unutrašnje kanalne anatomije utiče na povećanje homogenosti uzorka, ali u velikoj meri se razlikuje od kliničkih uslova [102]. Uzorci su nasumično podeljeni u 6 grupa od po 10 zuba, kako bi se uticaj starosti pacijenta, dentinska propustljivost i interne anatomije zuba svela na minimum.

Preparacija i opturacija, kao i sve procedure u vezi samog testa mikropropustljivosti izvedene su od strane jednog operatera, kako bi se izbegla razlika u načinu rada između operatera i postigla maksimalna kontrola tokom ovih faza eksperimenta [103-105].

Za način primene svakog instrumenta i materijala za opturaciju, poštovana su uputstva proizvođača. Za svaki zub korišćen je sterilan set instrumenata za preparaciju kanala, kako bi se izbegla eventualna kontaminacija uzoraka.

Tehnika preparacije kanala “*crown-down*” tehnikom, uz korišćenje nikel-titanijumskih instrumenata pune rotacije (*ProTaper Next*) omogućili su maksimalnu mehaničku preparaciju kanala korena uz primenu minimalnog broja instrumenata. Sistem instrumenata *ProTaper Next* dizajniran je tako da su fleksibilnost, snaga i otpornost poboljšani u odnosu na prethodne generacije. Bolje osobine pripisuju se nanokristalnoj strukturi žice, na poprečnom preseku pravougaonog oblika, koja je omogućila ekscentrične pokrete instrumenta unutar kanala. Zahvaljujući tome obezbeđen je veći prostor za eliminaciju debrisa iz kanala [106-108].

Nakon upotrebe svakog pojedinačnog instrumenta za preparaciju korišćena su sredstva za irigaciju u istoj količini i koncentraciji. Irigans izbora bio NaOCl (natrijum-hipohlorit) u koncentraciji od 5,25%, zbog svog snažnog antibakterijskog dejstva i sposobnosti da rastvara organski matriks odnosno nekrotično tkivo i organske komponente razmaznog sloja. Neki autori smatraju da primena natrijum-hipohlorita u nižim koncentracijama može biti jednako efikasna, ukoliko se kanali ispiraju većom količinom irigansa u dužem vremenskom intervalu [109]. Zbog svoje hipertoničnosti natrijum-hipohlorit pokazuje širok spektar dejstva protiv bakterija, spora, gljivica i virusa, zahvaljujući komponenti hlora koji ima sposobnost da prolazi kroz ćelijske membrane, oksidira i hidrolizuje proteine uzrokujući izlazak tečnosti iz ćelije [110]. Kao sredstvo za uklanjanje razmaznog sloja pre opturacije u trajanju od 1 minuta korišćen je 17% rastvor EDTA (etilen tetra-acetat), helatni agens, koji izuzetno efikasno uklanja neorgansku komponentu razmaznog sloja. Ovo sredstvo utiče na otvaranje dentinskih tubula, te na taj način dodatno omogućava antibakterijsko dejstvo iriganasa [111]. Za finalnu irigaciju kanala korena korišćeno je sredstvo na bazi hlorheksidina u koncentraciji od 2%. Neki autori preporučuju upotrebu ovog sredstva za irigaciju zbog širokog spektra dejstva na aerobne i anaerobne bakterije, posebno gram pozitivne mikroorganizme najčešće *E.faecalis* i gljivice iz roda *Candida* [112,113]

Na osnovu pregleda velikog broja naučnih radova razmatrali smo koji od savremenih endodontskih cemenata uključiti u ovo istraživanje, te kasnije na osnovu rezultata dati preporuke za njihovo korišćenje. Odabrani materijali potiču iz dve grupe endodontskih cemenata, cementi na bazi epoksi-smola *AH plus*, cement na bazi epoksi-smola i kalcijum-hidroksida *Acroseal* i iz grupe biokeramičkih cemenata *BC sealer*.

AH Plus je jedan od endodontskih cemenata koji se najčešće koristi u savremenoj stomatološkoj praksi, takođe je jedan od materijala čije su osobine vrlo često tematika naučnih istraživanja. Rezultati mnogih studija ukazuju da se cement *AH plus* u više aspekata izdvaja kao superiorniji u odnosu na druge endodontske cemente [114-116].

Acroseal je endodonstki cement koji se često sreće u stomatološkoj praksi, ali njegova svojstva u naučnoj literaturi nisu dovoljno opisana. Da bi se poboljšala svojstva ovog cementa smoli je dodat kalcijum-hidroksid u cilju podsticanja periapiklane regeneracije [41,42,45].

BC sealer je noviji cement na bazi biokeramičkih čestica, još uvek nedostupan na našem tržištu. Ispitivanje svojstava ovog cementa poslednjih godina tema je mnogih naučnih istraživanja, zbog toga je interesantno uporediti rezultate koje daje u odnosu na konvencionalne cemente koji su na tržištu duži niz godina [44,45,46].

U literaturi se navodi više metodologija za izvođenje testova mikrocurenja: linearni prodor boja [63,68,69,141,142,158], mikrobiološki test mikropropustljivosti [11,39,70-81,152,153], model penetracije glukoze [78,87,88], proteinski test mikrocurenja [89,90] i trodimenzionalna metoda [91,159,161,162]. U velikom broju studija mikrobiološki test mikrocurenja pokazuje brze i tačne rezultate a takođe se pokazao kao klinički i biološki relevantan, pa su to bili razlozi da se on koristi u ovoj disertaciji [11,39,70-81,152,153]. Mikrobiološki test mikropropustljivosti po sistemu dve komore koji je sproveden i u ovom istraživanju, prvi put je opisao *Torabinejad* 1990. Godine [10].

U studiji *Williamsona* [117] za dokazivanje mikropropustljivosti korišćen je soj *E. faecalis* koji je rezistentan na antibiotike i antimikotike. Supstrat za inokulaciju sadržao je streptomycin i ketonazol s rezistentnim sojem bakterije *E. faecalis*. Suspenzija je korišćena za inokulaciju gornje komore aparata svakog četvrtog dana. Ova podloga osmišljena je kako bi se smanjila mogućnost kontaminacije, a dozvoljavala je da se *E. faecalis* razvija u podlozi. Opisana metodologija korišćena je u našem radu. U toku daljeg istraživanja *Williamsona* [117] i saradnika otkriveno je da se ketonazol rastvara jedino u kiselini i alkoholu, te je ova komponenta uklonjena iz hranljive podloge u eksperimentu, te smo tu činjenicu koristili, i isključili ketonazol iz našeg eksperimenta.

Materijal za odvajanje gornje komore od donje u postavljenom eksperimentalnom modelu bio je plavi vosak, što je urađeno po uzoru na istraživanje *Nazzala* [14] koji je dokazao da jedino ovaj materijal može je da opstane duže od 40 dana a da ne promeni svoju strukturu.

Hranljiva podloga korišćena u našem istraživanju koja je postavljena u donji deo eksperimentalnog modela je Tripton soja bujon. Ova podloga se koristi za kultivaciju velikog broja mikroorganizama. Pogodna je za upotrebu, jer sadrži kazeine i soju koji su izvori hranljivih proteinskih supstanci neophodnih za rast mikroorganizama. Monosaharid dekstroza je izvor energije. Natrijum-hlorid obezbeđuje osmotsku ravnotežu, a kalijum-hidrogenfosfat

deluje kao pufer u podlozi. Rast mikroorganizama detektuje se kao zamucenje tečne podloge. Mikroorganizmi čiji rast se očekuje u Tripton soja bujonu su : *Aspergillus niger* ATCC 16404, *Bacillus subtilis* ATCC 6633, *Candida Albicans* ATCC 10231, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Escherichia coli* ATCC 25922 i *Enterococcus faecalis* ATCC 29212. Ove činjenice bile su razlog za inokulaciju eksperimentalnog modela sojem *E. faecalis* uz upotrebu Tripton soja bujon podloge [118].

Enterococcus faecalis je jedna od oportunih bakterija koje napuštaju svoje uobičajeno stanište u usnoj duplji i naseljavaju se u kanal korena zuba koristeći prednost dobijenu ekološkim promenama u kanalnom prostoru u odnosu na kompetitivne mikroorganizme koji su eliminisani endodontskim tretmanom [119]. U primarno inficiranim kanalima, ova bakterija se retko sreće, dok u slučajevima perzistirajućeg apikalnog periodontitisa prevalencija varira u istraživanjima više autora od 20% do čak 90% [120-125]. *Enterococcus faecalis* je otporan na većinu intrakanalinih medikamenata. Zahvaljujući svojoj sposobnosti da reguliše svoj unutrašnji pH pomoću protonske pumpe, dokazano je da može da preživi pH i do 11,5, što preparate na bazi kalcijum hidroksida čini nemoćnim [126].

Stuart i saradnici [127] su pregledom savremene literature sistematizovali faktore virulencije ovog mikroorganizma, te navode da trpi produžen period bez nutrijenata, vezuje se za dentin i vrši invaziju na dentinske kanaliće, ima sposobnost da menja imuni odgovor limfocita, suprimira dejstvo limfocita, koristi serum kao izvor nutrijenata, poseduje litičke enzime (citolizin, agregacione supstance, feromone i lipoteihnoičnu kiselinu), otporan je na intrakanalne medikamente. Zbog svojih osobina i otpornosti ovaj mikroorganizam često je predmet istraživanja mnogih studija iz oblasti endodonticije [128-131].

Nakon inokulacije gornje komore rezistentnim sojem *E. faecalis*, svi ispitivani uzorci postavljeni su u termostat na 37°C u uslovima 100% vlažnosti , kako bi se imitirali uslovi u usnoj duplji. Studije koje su se bavila sličnim istraživanjima, koristila su ovaj način čuvanja zuba [14]. Uzorci su čuvani u istim uslovima, do kraja trajanja eksperimenta.

Promene u zamucenosti hranljive podloge u donjoj komori eksperimentalnog modela, beležene su svakodnevno, što se podudara sa studijama koje su se bavile ovom tematikom [11,14,117,132].

Test mikrocurenja smatrao se pozitivnim u koliko je u donjoj komori došlo do zamucenja podloge. Pozitivnim rezultatom smatralo se samo novo zamucenje podloge. Obzirom da se u

našem istraživanju beležilo samo prisustvo odnosno odsustvo zamućenja hranljive podloge, istraživanje spada u grupu kvalitativnih metoda.

6.2. Diskusija rezultata u odnosu na test mikrocurenja prema tehnici opturacije

Najčešće primenjivana tehnika opturacije kanala korena zuba je monokona tehnika. Relativno brza i laka za izvođenje, ova tehnika podrazumeva primenu koničnih gutaperki koje po svojoj morfologiji i dimenzijama prate niki-titanijumske rotirajuće instrumente, te se na taj način poboljšava preciznost i ubrzava rad.

Rezultati istraživanja u ovoj disertaciji pokazuju, da nema statistički značajnih razlika u testu mikropropustljivosti između monokone tehnike i tehnike zagrejene gutaperke na čvrstom nosaču (*Thermafil*). U grupi monokone tehnike pozitivan rezultat mikrocurenja imalo je 15 uzoraka, što čini 50 % uzoraka rađenih ovom tehnikom. Kod tehnike zagrejene gutaperke na čvrstom nosaču ovaj procenat iznosio je 53,33%.

Postoji veliki broj radova koji podržavaju ovaj rezultat, međutim direktno poređenje otežava činjenica da postavljeni modeli istraživanja nisu jednaki s našim i da su u tim studijama korišćeni cementi drugačiji od onih koje smo mi koristili u radu, što direktno poređenje rezultata dovodi u pitanje.

Mnogobrojne studije koje su se bavile ispitivanjem mikropropustljivosti endodontski tretiranih zuba, poredili su monokonu tehniku s drugim vrstama opturacije, ne retko favorizujući upravo monokonu tehniku [133-141].

Gordon i saradnici [134] u svom istraživanju ispitivali su različite vrste opturacija u kombinaciji sa *AH 26* cementom, te su došli do rezultata da ne postoji statistički značajna razlika u kvalitetu zaptivanja monokone tehnike u odnosu na tehniku hladne lateralne kondenzacije, tople vertikalne kondenzacije, *Thermafil* i *Ultrafil* sistema za opturaciju kanala korena. Deo ovog istraživanja koji se odnosi na poređenje *Thermafil* tehnike i monokone tehnike se podudara sa rezultatima naše studije.

Damasceno [135] je vršio procenu kvaliteta apikalnog mikrocurenja monokone tehnike u kombinaciji sa *ProTaper* sistemom u odnosu na *TC* (termometrom kontrolisano zagrevanje) sisitem za opturaciju. Rezultati studije pokazali su apikalno mikrocurenje kod obe tehnike bez statističke značajnosti. *Holland* [136] je ispitivao uticaj vrste endodontskog cementa i tehnike

opturacije na pojavu apikalnog mikroturenja, poredeći monokonu i hladnu lateralnu tehniku opturacije. Rezultati njegove studije dokazali su da je pojava marginalnog apikalnog mikroturenja značajno manja kod monokone tehnike u odnosu na tehniku hladne lateralne kondenzacije, ali je mnogo veća pojava prebacivanja kanalnog punjenja u periapeks, što kod tehnike hladne lateralne kondenzacije nije bio slučaj.

Wu i saradnici [138] bavili su se procenom potrebnog vremena do pojave mikroturenja kod primene monokone tehnike i *Roeko Seal* cementa. Autori su došli do zaključka da kod dugih i pravih kanala, monokona tehnika može da prevenira pojavu mikroturenja čak i do godinu dana. Naši rezultati pokazuju da do pojave mikroturenja kod monokone tehnike prvi put dolazi 14. dana od momenta inokulacije bakterijskim sojem u 50% uzorka, dok je vreme praćenja bilo 33 dana, ova činjenica osporava apsolutno poređenje ova dva istraživanja, ali se rezultati kreću u istom pravcu.

Yilmaz [139] i saradnici poredili su zaptivnu efikasnost *BeeFill 2 in 1* sistema, *System B* i *Obtura II* sistema s monokonom tehnikom opturacije i hladnom lateralnom kondenzacijom. Njihovi rezultati govore u prilog tome da ne postoji razlika u kvalitetu zaptivanja između ispitivanih tehnika ali ni jedna nije mogla u potpunosti da spreči prodor tečnosti. Ovi nalazi su u skladu s našim rezultatima, ali u odnosu na poređnje monokone i *Thermafill* tehnike. Ova studija i rezultati disertacije pokazuju da monokona tehnika ne zaostaje za drugim vrstama opturacije.

Monticelli i saradnici [140] poredili su apikalno zaptivanje kod dva sistema monokone tehnike: *Active GP* u kombinaciji s glas-jonomer cementom i *GutaFlow* sa vertikalnom kondenzacijom i *AH plus* cementom. Za dokazivanje mikroturenja koristili su model za mikrobiološki test na jednokorenim zubima. Kod obe podvrste monokonih tehnika dobio mikroturenje u polovini uzorka nakon 22 dana od postavljanja eksperimenta, što je u potpunom skladu sa našim rezultatima, jer je u ovoj disertaciji isti procenat mikroturenja zapažen od monokone tehnike.

Pommel i Camps [137] su upoređivali kvalitet zaptivanja različitih tehnika za opturaciju: monokone, hladne lateralne kompakcije, vertikalne kondenzacije, *Termafil* i *System B* tehnike koristeći cement na bazi cink oksid eugenola i došli do zaključka da se primenom monokone tehnike uočava najlošije zaptivanje, što se ne slaže sa rezultatima naše studije, ali treba naglasiti da je druga vrsta endodontskog cementa korišćena u našoj studiji, a poznato je da na pojavu mikroturenja utiču tehnika opturacije i vrsta cementa.

U studiji iz 2018. godine, sprovedenoj od strane *Kassara* i saradnika [141] rezultati ukazuju da je hladna lateralna kompakcija pokazala bolje apikalno zaptivanje u odnosu na monokonu tehniku opturacije.

Studija koja po svojoj postavci u većem delu odgovara našoj, potvrđuje naše rezultate, da nema statistički značajne razlike između monokone i *Thermafil* tehnike opturacije uz upotrebu *AH plus* cementa [142].

Kombinacija monokone tehnike i *AH plus* cementa prema istraživanju *daSilve* [164] iz 2007. godine daje statistički značajno bolje zaptivanje ispitivanih cemenata u odnosu na druge ispitivane cemente. Naši rezultati takođe pokazuju da monokona tehnika opturacije u kombinaciji sa *AH plus* cementom daje najmanju mikropropustljivost. Rezultati ove disertacije pokazuju da je AH plus kao cement izvršio bolje zaptivanje kanala korena jer je u grupi monokone tehnike opturacije od 10 uzoraka u samo 3 (30%) došlo do mikropropustljivosti.

Thermafil tehnika se sve češće koristi u praksi. Tokom primene ove tehnike opturacije najveći deo kanala ispunjava gutaperka, a cement se nanosi u minimalnim količinama, što je jedan od osnovnih zahteva opturacije. Prednost ove tehnike kao i kod monokone tehnike opturacije svakako je skraćeno vreme rada, što opravdava sve veću zastupljenost kod kliničara. Mnogi naučni radovi bavili su se ispitivanjem zaptivnih svojstava *Thermafil* tehnike, odnosno tehnike zagrejne gutaperke na čvrstom nosaču.

Samson i saradnici [143] su poredili tri tehnike opturacije, hladnu lateralnu kondenzaciju, *Obtura II* sistem i *Thermafil* tehniku. Studija je vršena u laboratorijskim uslovima, gde je spektrofotometrijom određivan linearni prodor boja u kanalno punjenje. Analizom rezultata došli su do zaključka da je kod *Thermafil* tehnike opturacije došlo do najmanjeg prodora boje u odnosu na druge poređene tehnike, ali nisu dobili statističku značajnost, što je u skladu sa našim rezultatima, jer pokazuje da *Thermafil* opturacija ne zaostaje za drugim tehnikama opturacije.

Dummer i saradnici [144] posmatrali su propustljivost boje u ravnim i zakrivljenim korenskim kanalima kod tehnike hladne lateralne kondenzacije i *Thermafil* tehnike. Kod ravnih korenskih kanala nisu uočili statistički značajnu razliku između te dve tehnike rada. *Gencoglu* i saradnici [145] upoređivali su tehniku hladne lateralne kondenzacije, *System B*, *Quick Fill* i *Thermafil*. Tehnike zagrejne gutaperke na čvrstom nosaču (*Quick Fill* i *Thermafil*) pokazale su značajno manju propustljivost boje od tehnike hladne lateralne kondenzacije. Suprotno

tome, *Lares i El Deeb* [146] zabeležili su veći prodor boje kod *Thermafil* tehnike nego kod hladne lateralne kondenzacije.

Istraživanje *Inana* i saradnika [142] nije pokazalo statistički značajne razlike između monokone tehnike, hladne lateralne kondenzacije i *Thermafil* tehnike, što se podudara s našim rezultatima. Rezultati ove disertacije pokazuju da je procenat neuspeha odnosno mikrocorenja kod *Thermafil* tehnike 53,3% što je gotovo podudarno sa rezultatima dobijenim za monokonu tehniku, koja iznosi 50%, te se ovi rezultati podudaraju sa rezultatima *Inana*.

Prodor endodontskog cementa u dentinske tubule povećava površinu kontakta između materijala za punjenje i dentinskog zida, time i mehaničku retenciju materijala, ojačava koren zuba, povećava otpornost na vertikalnu frakturu i potencijalno smanjuje mikrocorenje [165-167]. Unutar dentinskih tubula endodontski cement može da ispolji potencijalno antibakterijsko dejstvo. U pojedinim istraživanjima ispitan je odnos mikrocorenja i tubularnog prodora silera, sa zaključkom da što je prodor dublji mikrocorenje je manje [91,168].

Ispitujući reološka svojstva endodontskih cementa Premović [91] je u svojoj disertaciji prikazala rezultate koji ukazuju da se primena toplote tokom opturacije pokazala kao značajan faktor u dubini tubularnog prodora silera. *AH Plus* je pokazao statistički značajno višu dubinu prodora u dentinske tubule primenom tehnika koje koriste toplotu (*Thermafil* i *DiaPen&DiaGun*) u odnosu na tehnike koje ne koriste (hladna lateralna kompakcija i monokona tehnika), dok se *EndoREZ* ponašao suprotno. *Sealapex* je pokazao višu dubinu prodora u dentinske tubule tehnikama opturacije koje ne koriste toplotu u odnosu na tehnike koje je koriste, ali bez statistički značajne razlike. S obzirom da tubularni prodor cementa u dentin značajno smanjuje mogućnost pojave mikropropustljivosti, rezultati ove studije ne podudaraju se sa rezultatima naše, pojava mikropropustljivosti u grupi *AH plus* cementa bila je podjednako uspešna kao i kod *Thermafil* tehnike.

Marciano i saradnici [147] vršili su studiju u kojoj su poredili udeo gutaperka/cement punjenja i praznog prostora u uzanim mezijalnim kanalima mandibularnih molara koristeći različite tehnike opturacije u kombinaciji s cementom na bazi epoksi-smola. Kanali su obrađeni *ProTaper* sistemom rotirajućih instrumenata, a kasnije su opturirani pomoću monokone tehnike, hladne lateralne kondenzacije, *System B* i *Thermafil* tehnike. Procenat gutaperke, cementa i nepopunjenog prostora u uzorcima mereni su na 2, 4 i 6mm od apeksa. Jednaki rezultati dobijeni su kod tehnike *System B*, hladne lateralne kondenzacije i monokone tehnike. Analizom kanala opturiranih monokonom tehnikom, došli su do rezultata da je procenat gutaperke u ovom punjenju značajno manji, dok je količina cementa i praznog

prostora veća u odnosu na *Thermafil* tehniku opturacije na nivou 2 i 4 mm. Analizom rezultata na sva 3 nivoa otkriveno da *System B* i *Thermafil* tehnika imaju veći udeo gutaperke, a manji udeo cementa i nepopunjenog prostora u odnosu na druge dve poređene tehnike. Kao zaključak autori su istakli podatak da tehnika opturacije značajno utiče na procentualnu raspodelu gutaperke, cementa i nepopunjenog prostora u kanalu endodontski tretiranog zuba.

U kombinaciji sa tehnikom zagrejjane gutaperke na čvršom nosaču (*Thermafil*) u našem istraživanju najbolje rezultate dao je *AH plus* cement sa 13,33% uzoraka kod kojih je zabeleženo mikrocurenje od ukupnog broja pozitivnih uzoraka, dok je u grupi *BC sealer* i *Acroseal* cementa ovaj procenat iznosio po 20%.

Yücel i saradnici [148] poredili su penetraciju *E. faecalis* nakon opturacije kanala korena zuba hladnom lateralnom kondenzacijom, *System B* i *Thermafil* tehnikom, *ProTaper* monokonom tehnikom i *ProTaper* tehnikom lateralne kondenzacije. Poređenje rezultata vršeno je 30. i 60. dana od početka eksperimenta, a dobijeni rezultati ukazuju da *ProTaper* tehnika lateralne kondenzacije i *System B* tehnika mogu da preveniraju mikrocurenje do 30 dana, ali da nakon 60 dana nije bilo razlike među tehnikama, odnosno da su sve vrste tehnika jednako uticale na mikropropustljivost. Do pojave mikrocurenja najbrže je došlo u grupi opturisanomj *Thermafil* tehnikom i *ProTaper* monokonomj tehnici. Ovi rezultati se podudaraju sa rezultatima našeg istraživanja, obzirom da pokazuju da ne postoji statistički značajna razlika u mikropropustljivosti između *Thermafil* i *ProTaper* monokone tehnike opturacije. Rezultati ove disertacije govore u prilog tome da je do pojave mikropropustljivosti u obe tehnike opturacije došlo istog odnosno 14-tog dana.

U studiji iz 2013. godine, *Alkahtani* i saradnici [149] poredili su apikalno zaptivanje *RealSeal1* sistema i *Thermafil* tehnike opturacije pomoću mikrobiološkog testa mikropropustljivosti uz pomoć bakterijskog soja *E. faecalis*. Rezultati ove studije ukazuju da ne postoji statistički značajna razlika između poređenih tehnika opturacije u vremenskom intervalu pojave mikrocurenja, te su zaključili da *RealSeal1* i *Thermafil* tehnika imaju uporedive karakteristike u pogledu adaptacije i zaptivnih svojstava.

Na osnovu gore navedenih rezultata može se zaključiti da različite tehnike opturacije daju slične rezultate u pogledu mikropropustljivosti, te je pojava mikrocurenja neminovna u bilo kojoj od korišćenih tehnika.

6.3. Diskusija rezultata u odnosu na test mikrocurenja prema endodontskom cementu

U okviru eksperimentalnog dela doktorske disertacije vršeno je ispitivanje 3 vrste endodontskih cemenata *AH plus*, *Acroseal* i *BC sealer*.

AH plus je zbog svojih dobrih hemijskih, fizičkih i bioloških svojstava postao najzastupljeniji endodontski cement među kliničarima.

Rezultati našeg istraživanja dobijeni mikrobiološkim testom mikrocurenja dokazuju da je *AH plus* endodontski cement u kombinaciji sa monokonom tehnikom opturacije daje najbolje rezultate. U ovoj tehnici samo 3 uzorka pokazalo je mikrocurenje, što iznosi 13,33%.

Kassar i saradnici [141] 2018. godine, objavili su rezultate svoje studije, koja je poredila apikalno zaptivanje više vrsta materijala za opturaciju u kombinaciji sa različitim tehnikama. Poredili su svojstva *Activ GP/GPsealer* sistema, *Resilion/Real Seal* kombinaciju i hladnu lateralnu kompakciju u kombinaciji s *AH plus* cementom. Koristili su metodu linearnog prodora boja (metilen plava boja) za dokazivanje mikrocurenja. Nakon 24h uzorci su uzdužno presečeni te je mikroskopski posmatran prodor boje u svakoj ispitivanoj grupi. Rezultati do kojih su došli ukazuju da kombinacija materijala *Activ GP/GPsealer* ima značajno lošije zaptivanje u odnosu na kombinaciju hladna lateralna kompakcija i *AH plus* cement i *Resilion/Real Seal* kombinacija. *Resilion/Real Seal* opturacioni sistem koji je predstavljen kao savremena alternativa gutaperki za kanalnu opturaciju nije pokazao superiornije karakteristike u odnosu na kombinaciju lateralne kondenzacije i *AH plus* cementa.

Vasconcelos [150] i saradnici su u svojoj studiji sprovedenoj na 5 različitih endodontskih cemenata ispitivali zaptivna svojstva materijala, od kojih su 2 bila ekperimentalni cementi. Endodontski cementi čije su osobine ispitivane bili su *AH plus*, *Acroseal*, *Sealapex* i ekperimentalni materijali *MBP* i *MTA-obtura*. Metoda za dokazivanje apikalnog mikrocurenja u ovoj studiji bila je metoda filtracije tečnosti, a ocena kvaliteta zaptivanja vršena je 15, 30. i 60. dana od početka ekperimenta. Na osnovu dobijenih rezultata uočeno je da *AH plus* i *MBP* cementi imaju isti procenat pojave mikrocurenja 15. i 60. dana, sa značajnim smanjenjem pojave novih slučajeva 30. dana, dok je kod drugih ispitivanih materijala dolazilo do progresivnog povećanja uzoraka sa mikrocurenjem. *Acroseal* i *Sealapex* postigli su najbolje rezultate 15. dana ekperimenta, a najlošije 60. dana. Autori ove studije zaključili su na osnovu dobijenih rezultata da je pojava apikalnog mikrocurenja kod svih endodontskih cemenata neizbežna, ali da su *AH plus* i *MBP* cement pokazali najbolje

rezultate do kraja eksperimenta. Kod ispitivanih cemenata *Acroseal*, *Sealapex* i *MTA-obtura* došlo je do povećanja vrednosti pojave mikrocurenja tokom dužeg vremena posmatranja. Rezultati pomenute studije podržavaju rezultate dobijene u našem istraživanju. *AH plus* cement pokazao je značajno manju pojavu prisustva mikrocurenja u odnosu na *Acroseal* ($p < 0,05$). Rezultati *Vasconcelosove* studije kao i naši govore u prilog da je kod cementa *Acroseal* do pojave mikrocurenja prošao najduži vremenski period (23 dana u rezultatima ove disertacije).

Varguez i saradnici [151] su su studiji sprovedenoj u Meksiku 2016. godine, poredili čvrstinu veze endodinskog cementa i dentina. Cementi koji su ispitivani u istraživanju su *AH plus* i *BC sealer*. *BC sealer* je ispitivan u kombinaciji sa monokonom tehnikom opturacije koristeći gutaperka poene impregnirane biokeramičkim česticama, dok je *AH plus* cement kombinovan sa tehnikom hladne lateralne kompakcije. Uzorci su podvrgnuti mehaničkom testu, a kasnije i elektronskoj mikroskopiji. Razlike u jačini veze materijala i dentina između grupa uočene su u različitim delovima kanala korena. *BC sealer* pokazao je bolju adheziju celom dužinom kanala, a pogotovo u apikalnom delu. Autori su zaključili da oba cementa imaju zadovoljavajuću adheziju za dentin ukoliko se pravilno upotrebe, te na taj način mogu da garantuju uspešan ishod terapije. U našem istraživanju nisu korišćeni gutaperka poeni impregnirani biokeramičkim česticama, obzirom da na našem tržištu ne postoje instrumenti za preparaciju kanala korena koji su standardizovani za ovu vrstu gutaperke, već su korišćeni gutaperka poeni standardizovani za *ProTaperNext* sistem instrumenata. Ovo može biti uzrok razlike u dobijenim rezultatima, obzirom da je u našoj studiji *AH plus* pokazao superiornije rezultate u odnosu na *BC sealer*.

U studiji iz 2002. godine grupa autora iz Zagreba vršila je istraživanje na temu mikropropustljivosti kanalnog punjenja kod zuba opturiranih *AH26* i *AH plus* cementom u kombinaciji sa gutaperkom. Eksperiment je trajao 90 dana, a korišćen je mikrobiološki test mikrocurenja. Pojava mikrocurenja beležena je između 14. i 87 dana. U grupi *AH26* cementa do mikrocurenja došlo je u 47% uzoraka, a u grupi *AH plus* u 50% uzoraka [39]. Rezultati ove studije slični su rezultatima našeg istraživanja, s obzirom da se u eksperimentalnom delu disertacije prva pojava mikrocurenja javlja 14. dana u grupi *BC sealer* a 19. dana kod *AH plus* cementa. U grupi uzoraka opturiranih *AH plus* cementom u našoj studiji procenat uzoraka kod kojih je došlo do mikrocurenja iznosi 35%, s obzirom na razliku u dužini trajanja eksperimenta, možemo smatrati da se rezultati ove dve studije podudaraju.

U jednoj studiji Beogradskog univerziteta, ispitivana su antibakterijska svojstva endodontskih materijala. U laboratorijskim uslovima ispitivan je antibakterijski efekat četiri endodontska cementa: *Acroseal*, *AH plus*, *Gutta Flow* i *MTA*. Antibakterijski potencijal proveravan je na baktirijskom soju *E. faecalis*, primenom agar difuzionog testa. Autori ove studije uočili su da sveže zamešani cementi *Acroseal* i *AH plus* ostvaruju značajan antibakterijski efekat, dok *Gutta Flow* i *MTA* nisu pokazali antibakterijsko dejstvo. Kada su testirani materijali ispitivani u čvrstom stanju odnosno nakon vezivanja ni jedan nije ispoljio antibakterijski efekat [152].

Tiwari i saradnici [153] su 2018. godine, objavili rezultate studije koja je ispitivala antimikrobni efekat i fluidnost dva endodontska cementa *AH plus* i *Perma Evolution* u laboratorijskim uslovima. Antibakterijska svojstva ovih materijala ispitivana su na soju bakterije *E. faecalis* ATCC 35550 i to prvog, trećeg, petog i sedmog dana od postavljanja eksperimenta pomoću agar difuzionog testa. Fluidnost materijala merena je prema preporukama ADA (*American Dental Association*) specifikacije br. 57. Rezultati agar difuzionog testa pokazali su da *Perma Evolution* cement ostvaruje veće zone inhibicijerasta bakterijskog soja u odnosu na *AH plus* cement. Dok kod ispitivanja fluidnosti obe vrste materijala nije bilo statistički značajne razlike između ispitivanih materijala.

Studija iz 2016. godine, sprovedena od strane *Patila* i saradnika [154] poredila je apikalno zaptivanje endodontskih cemenata *AH plus* i *Gutta Flow*, pomoću metode linearne penetracije boja. Poredeći dobijene rezultate autori nisu uočili statistički značajnu razliku između dve grupe uzoraka, s obzirom da je srednja vrednost pojave mikorcurenja u *Gutta Flow* grupi bila 1,38 mm, a u grupi *AH plus* 1,425 mm. Zaključili su da nijedan od ispitivanih materijala ne može u potpunosti da zapečati apikalni foramen, ali da je *Gutta Flow* dao bolji rezultat u odnosu na *AH plus* cement.

Acroseal je endodontski cement koji je svrstan u grupu cemenata na bazi epoksi-smola. Kako bi podstakao apikalnu regeneraciju, proizvođač je smolu obogatio česticama kalcijum-hidroksida. Materijal je novije generacije te su njegova svojstva tek poslednjih godina u fokusu naučnih istraživanja.

Jhamb [155] je poredio kvalitet zaptivnih svojstava dva endodontska cementa *Ketac-Endo* i *Acroseal* u zavisnosti od prisustva razmaznog sloja. U jednoj grupi uzoraka razmani sloj uklonjen je pomoću 17% *EDTA* rastvora, dok je u drugoj ispitivanoj grupi razmazni sloj tretiran sa 17 % *EGTA* (etilen glikol bis-acetatna kiselina). Za dokazivanje mikropropustljivosti korišćena je metoda linearnog prodora boja (metilen plava), a uzorci su

posmatrani pomoću mikroskopa. Na osnovu dobijenih rezultata uočeno je da je 17% *EGTA* rastvor efikasnije uklonio razmazni sloj, te je cement *Acroseal* u kombinaciji sa ovim sredstvom pokazao bolja zaptivna svojstva u apikalnom delu kanala u odnosu na *Ketac-Endo* cement. U eksperimentalnom delu ove disertacije razmazni sloj je takođe tretiran pomoću 17% *EDTA*, a grupa uzoraka opturisana *Acroseal* cementom u našoj studiji dala je najbolji rezultat u smislu odlaganja pojave mikrocurenja, s obzirom da se mikrocurenje prvi put javilo tek 23. dana od postavke eksperimenta. Na osnovu toga možemo primetiti da kombinacija *EDTA* i *Acroseal* cementa daje dobre i dugoročne rezultate.

Malik [156] je poredio koronarno zaptivanje *MTA* i glas-jonomer cementa, kao i zaptivna svojstva cink-oksida eugenol cementa sa *Acroseal* cementom kao sredstvima za opturaciju kanala. U ovoj studiji uzorak je podeljen u dve grupe, na osnovu intrakanalnog punjenja, a zatim u još dve podgrupe na osnovu materijala za koronarnu restauraciju. Koronarno mikrocurenje detektovano je mikroskopiranjem uzorka. Rezultati koji su dobijeni u ovoj studiji ukazuju da je u grupi sa *MTA* cementom kao intrakanalnom barijerom značajno manje dolazilo do pojave mikrocurenja, dok je u grupi endodontskih cementata *Acroseal* bio superiorniji u odnosu na cink-oksida eugenol cement.

U istraživanju grupe autora koja je istraživala pH vrednosti i količinu otpuštenih jona kalcijuma kod tri različita endodontska cementa, dobijeni su rezultati koji govore u prilog tome da *Acroseal* otpušta značajno manje jona kalcijuma u odnosu na *Apexit* i *Sealapex*, dok razlika u vrednostima pH nije postojala između ispitivanih materijala [157].

Ayer i saradnici [158] poredili su stepen apikalnog mikrocurenja kod *Acroseal*, *AH plus*, *Endoflas FS* i *Endomethasone N* endodontskog cementa u kombinaciji sa tehnikom hladne lateralne kondenzacije. Za dokazivanje mikrocurenja korišćena je metoda linearnog prodora boja, kao indikator korišćena je metilen plava boja. Minimalna pojava mikrocurenja primećena je kod *AH plus* cementa, dok je maksimalna vrednost pojave mikrocurenja zabeležena kod *Endomethasone N* paste. Između grupa otprurisanih *Acroseal*, *AH plus* i *Endoflas FS* cementima, nije primećena statistički značajna razlika. U grupi opturisanomj *Endomethasone N* pastom stepen mikrocurenja je statistički značajno veći. Slično rezultatima ove studije, u našem istraživanju *AH plus* cement dao je najbolje rezultate u smislu minimalne pojave mikrocurenja u ispitivanom uzorku statistički značajniju u odnosu na *Acroseal* cement.

BC sealer pripada najnovijoj grupi endodontskih cementa. Proizvođači polažu puno nade u uspešnost ovih materijala u kliničkoj praksi te su vrlo često tema savremenih naučnih radova širom sveta. Na našem tržištu još uvek nisu dostupni materijali iz ove grupe cementata, te je

smatrano da bi poredeći zaptivna svojstva ovog cementa u odnosu na konvencionalne cemente zastupljene u kliničkom radu u našoj regiji mogli da ukažemo na dobra svojstva jedne i druge grupe materijala.

Hachem [159] i saradnici ispitivali su penetraciju različitih vrsta endodontskih cemenata u dentinske tubule. Ispitivani materijali u ovoj studiji bili su *AH plus*, *BC sealer* i eksperimentalni trikalcijum silikatni cement. Penetracija materijala u dentinske tubule uočena je pomoću konfokalne laserske skenirajuće mikroskopije (*CLSM*). Dubina prodora cementa merena je *ImageJ* softverskim programom. Dobijeni rezultati pokazali su bolju penetraciju u dentinske tubule kod *BC sealera* i trikalcijum silikatnog cementa u odnosu na *AH plus*.

Candeiro [160] je poredio osobine biokeramičkog cementa (*BC sealer*) u odnosu na *AH plus* cement. U ovoj studiji ispitivana je rendgenkontrastnost, pH vrednost, otpuštanje jona kalcijuma i fluidnost materijala. Evaluacijom rezultata, došli su do podataka da *BC sealer* značajno manje daje kontrast prilikom radiografisanja u odnosu na *AH plus* cement. pH vrednost i količina otpuštenih jona kalcijuma viša je kod *BC sealera* u toku eksperimentalnog perioda, takođe dokazali su da je fluidnost biokeramičkog cementa značajno veća u odnosu na cement iz grupe materijala na bazi epoksi smola.

Iako većina autora favorizuje ovaj endodontski cement novije generacije, rezultati naše studije pokazali su da su zaptivna svojstva *BC sealer* cementa značajno lošija u odnosu na *AH plus* cement, a približno ista kao kod *Acroseal* cementa.

Carvalho i saradnici [161] 2017. godine, sproveli su studiju u kojoj su ispitivali bioaktivnost i jačinu veze biokeramičkog cementa i dentina pomoću mikro *push out* testa, poredeći ga sa *AH plus* cementom. Uzorci su nakon opturacije poređeni pomoću *SEM*-a. Rezultati mikro *push out* testa pokazali su da *AH plus* cement pokazuje jaču vezu s dentinom od *BC sealera*. *SEM* analiza dokazala je postojanje mineralnog taloga (*percipitata*) nakon 30 dana, u kom najveći udeo ima kalcijum. Analizom je uočeno postojanje kristalne faze kalcijum-karbonata koji se povezuje s bioaktivnošću ovog materijala. Na osnovu rezultata *BC sealer* je pokazao indikatore bioaktivnosti, ali slabiju jačinu veze u odnosu na *AH plus* cement.

Huang [162] je poredio prodor *BC sealer* i *AH plus* cementa u dentinske tubule, pomoću *SEM* i mikro *CT* analize. Na osnovu *SEM* analize rezultati su pokazali da oba cementa pokazuju dobar prodor u dentinske tubule celom dužinom kanala korena, u koronarnom delu znatno više nego u apikalnom. Mikro analizom poroznosti uočeno je da je volumen i površina zapečaćenih pora najveća u koronarnom delu, a zatim slede srednja i apikalna trećina kanala.

Statistički značajna razlika prodora u dentinske tubule u odnosu na ispitivane materijale nije postojala. Autori ove studije navode da kombinacijom monokone tehnike opturacije i *BC sealer* ili *AH plus* cementa nije moguće dobiti punjenje koje nije porozno. Iako metodološki drugačija, naša studija poredila je zaptivna svojstva istih materijala u kombinaciji s monokonom tehnikom opturacije, gde je dobijena statistička značajnost u kvalitetu zaptivanja. *AH plus* cement pokazao je superiornije rezultate u odnosu na *BC sealer* u monokonnoj tehnici opturacije.

De Melo [163] je mikrobiološkim testom mikrocurenja ispitivala zaptivna svojstva *BC sealer*, *AH plus*, *MTA Filapex* i *Gutta Flow* cementa. Kao test bakterija u ovom istraživanju korišćen je soj *E.faecalis*. Rezultati ove studije ukazali su da je kod *BC sealer* i *MTA Filapex* cementa značajno manje došlo do pojave mikrocurenja u odnosu na druga dva ispitivana materijala. Statistički značajna razlika u mikropropustljivosti *AH plus* i *Gutta Flow* cementa nije zapažena. Metodološki vrlo slična, ova studija dala je suprotne rezultate od istraživanja sprovedenog u ovoj disertaciji. Rezultati našeg istraživanja pokazali su da *AH plus* cement ima statistički značajnije bolja zaptivna svojstva od *BC sealer* i *Acroseal* cementa u kombinaciji sa monokonom tehnikom opturacije.

7. ZAKLJUČCI

Na osnovu dobijenih rezultata mogu se izvesti sledeći zaključci:

1. Mikrobiološki test mikrocorenja uz upotrebu bakterijskog soja *E. faecalis* ATCC 29212 je adekvatan za proveru zaptivnih svojstava endodontskih cemenata i različitih vrsta opturacije gutaperke.
2. Pojava mikrocorenja kod monokone tehnike i tehnike zagrejane gutaperke na čvrstom nosaču (*Thermafil*) prvi put se pojavljuje 14. dana od momenta inokulacije bakterijskim sojem.
3. Najveći procenat pojave mikrocorenja kod monokone tehnike i tehnike zagrejane gutaperke na čvrstom nosaču (*Thermafil*) javlja se 23. dana od momenta inokulacije bakterijskim sojem.
4. *AH plus* cement pokazuje statistički značajno bolje rezultate zaptivanja kanala korena od *BC sealer* cementa i *Acroseal* cementa, bez obzira na korišćenu tehniku opturacije (monokona tehnika i tehnika zagrejane gutaperke na čvrstom nosaču).
5. *Acroseal* cement je obezbedio adekvatno zaptivanje kanala korena u obe korišćene tehnike opturacije (monokona tehnika i tehnika zagrejane gutaperke na čvrstom nosaču), u periodu od 23. dana od inokulacije što je statistički značajno bolje u odnosu na odnosu na *AH plus* i *BC sealer*, bez obzira na korišćenu tehniku opturacije (monokona tehnika i tehnika zagrejane gutaperke na čvrstom nosaču).
6. *AH plus* pokazuje statistički značajno manju pojavu mikrocorenja uz primenu monokone tehnike opturacije, što ruši prvu postavljenu hipotezu ove doktorske disertacije.
7. Kod obe tehnike opturacije u oko 50% uzoraka do 33. dana došlo je do pojave mikrocorenja nakon inokulacije bakterijskim sojem .
8. Ne postoje statistički značajne razlike između monokone i tehnike zagrejane gutaperke na čvrstom nosaču (*Thermafil*) do 33. dana od inokulacije bakterijskim sojem.
9. Ne postoji statistički značajna razlika između pojave dana zamućenja između monokone i tehnike zagrejane gutaperke na čvrstom nosaču (*Thermafil*).
10. Ne postoji statistički značajna razlika u pojavi mikrocorenja kod primene *BC sealer*, *AH plus* i *Acroseal* cementa uz primenu monokone ili zagrejane gutaperke na čvrstom nosaču (*Thermafil*).

11. Pojavu mikrocurenja prvo je pokazao *BC sealer* i to 14 dana od inokulacije bakterijskim sojem *E. faecalis*.
12. 23. dana od inokulacije u eksperimentalnim modelima dolazi do pojave mikrocurenja u sve tri grupe ispitivanih cemenata, u grupi *BC sealer*, *AH plus* i *Acroseal*, 23. dan se smatra kritičnim momentom za pojavu mikrocurenja.

8.LITERATURA

1. Schilder H. Filling root canals in three dimensions. *Dent Clin North Am* 1967;723-44.
2. Wu MK, Fan B, Wesselink PR. Diminished leakage along root canals filled with gutta-percha without sealer over time: a laboratory study. *Int Endod J* 2000;33(2):121-5.
3. James BL, Brown CE, Legan JJ, et al. An in vitro evaluation of the contents of root canals obturated with gutta-percha and AH-26 sealer or Resilon and Epiphany sealer. *J Endod* 2007;33(11):1359-63.
4. Michaud RA, Burgess J, Barfield RD, et al. Volumetric expansion of gutta-percha in contact with eugenol. *J Endod* 2008;34(12):1528-32.
5. Paque F, Sirtes G. Apical sealing ability of Resilon/Epiphany versus guttapercha/AH Plus: immediate and 16-months leakage. *Int Endod J* 2007;40(9):722-9.
6. Castelluci A. MD, DDs, Endodontics, Florence, Italy 2004.
7. Ingle JJ. Endodontics. 3rd ed. Philadelphia: Lea & Febiger 1985.
8. Grossman LI. Physical properties of root canal cements. *J Endod* 1976;2(6):166-75.
9. McElroy ED. Physical properties of root canal filling materials. *J Am Dent Assoc* 1955;50(4):433-40.
10. Madison S, Wilcox LR. An evaluation of coronal microleakage in endodontically treated teeth. (Pt 3). In vivo study. *J Endod* 1988;14(9):455-8.
11. Torabinejad M, Ung B, Kettering JD. In vitro bacterial penetration of coronally unsealed endodontically treated teeth. *J Endod* 1990;16(12):566-9.
12. Dow PR, Ingle JJ, Isotope determination of root-canal failure. *Oral Surg Med Oral Pathol.* 1955;8:1100-4
13. ElDeeb ME. The sealing ability of injection-molded thermoplasticized gutta-percha, *J. Endod.* 1985;11(2):84-6.
14. Nazzal JF, An in-vitro comparison of bacterial microleakage of zinc-oxide eugenol and brasseler bioceramic sealer; doctoral theses, Indiana University, 2011.
15. Cohen S, Burns R. Pathways of the pulp 7th edition. Mosby. St Louis, Missouri, 1998.
16. American Association of Endodontists, Guideline for Clinical Endodontics [internet.] 2013. [preuzeto 01.06.2019.] Dostupno na <https://www.aae.org/specialty/clinical-resources/guide-clinical-endodontics/>
17. Curson I. History and endodontics. *Dent Pract Dent Rec* 1965;15:435-9.

18. Francke OC. Capping of the living pulp: from Philip Pfaff to John Wessler. *Bull Hist Dent* 1971;19(2):17-23.
19. Milas VB. A history of the American Association of Endodontics 1943-1968.
20. Kuttler Y. Microscopic investigation of root apices. *J Am Dent Assoc* 1955;50(5):544-52.
21. Iqbal MK, Kim S. A review of factors influencing treatment planning decisions of single-tooth implants versus preserving natural teeth with nonsurgical endodontic therapy. *J Endod* 2008;34(5):519-29.
22. Green D. A stereomicroscopic study of the root apices of 400 maxillary and mandibular anterior teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1956;9(11):1224-32. 104.
23. Weine FS, Healey HJ, Gerstein H, et al. 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. 105. Green EN. Microscopic investigation of root canal diameters. *J Am Dent Assoc* 1958;57(5):636-44. 106.
24. Mueller AH. Anatomy of the root canals of the incisors, cuspids and bicuspid of the permanent teeth. *J Am Dent Assoc* 1933(20):1361-86. 107.
25. Mueller AH. Morphology of root canals. *J Am Dent Assoc* 1936;23:1698-706. 108. Okumura T. Anatomy of root canals. *Trans Seventh International Dental Congress* 1926;1:49-82. 109.
26. Rankine-Wilson RW, Henry P. The bifurcated root canal in lower anterior teeth. *J Am Dent Assoc* 1965;70:1162-5. 110. Green D. Morphology of the pulp cavity of the permanent teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1955;8(7):743-59.
27. Anthony LP, Grossman LT. A brief history of root canal therapy in the United States. *J Am Dent Assoc* 1945(32):43.
28. Camps JJ, Pertot WJ, Escavy JY, Pravaz M. Young's modulus of warm and cold gutta-percha. *Endod Dent Traumatol.* 1996;12:50-3.
29. Marciano J, Michalesco P, Dental gutta-percha: chemical composition, X-ray identification, enthalpic studies, and clinical implications. *J Endod.* 1986;15:149-53.
30. Haapasalo HK, Siren EK, Waltimo TM, Ørstavik D, Haapasalo MP. Inactivation of local root canal medicaments by dentine: an in vitro study. *Int Endod J* 2000; 33: 126-131.
31. Nešković ZJ, Klinička i mikrobiološka analiza neuspeha endodontskog lečenja [doktorska disertacija]. Beograd, Univerzitet u Beogradu, Stomatološki fakultet; 2016.

32. Kontakiotis EG, Tzanetikis GN, Lozides AL. A comparative study of contact angles of four different root sealers. *J Endod* . 2007;33:299-302.
33. Wu MK, Fan B, Wesselink R. Fluid transport along gutta-percha backfills with and without sealer. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2004; 97(2):257-62.
34. Schäfer E, Olthoff G. Effect of three different sealers on the sealing ability of both thermafil obturators and cold laterally compacted Gutta-percha. *J Endod*. 2002;28(9):638-42.
35. Johnson W, Kulild JC. Chapter 10: Obturation of the cleaned and shaped root canal system. *Pathways of the pulp*, 10th ed. St Louis: Cohen and Burns. 2011(349-388).
36. Orstavik D. Materials used for root canal obturation: technical, biological and clinical testing. *Endodontic Topics* 2005;12(1):25-38.
37. Zhou HM, Shen Y, Zheng W, Li L, Zheng YF, Haapasalo M. Physical properties of 5 root canal sealers. *J Endod*. 2013; 39(10):1281-6.
38. Torabinejad M, Walton ER. *Endodonticija*. Zagreb: Naklada Slap; 2009. p. 298-322.
39. Al-Khatib ZZ, Baum RH, Morse DR, et al. The antimicrobial effect of various endodontic sealers. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1990;70(6):784-90.
40. Miletić I, Prpić-Mehičić G, Marsan, Anić I. Bacterial and fungal microleakage of AH 26 and AH plus root Canal sealers. *Int Endod J* 2002;35(5): 428-32.
41. McMichen FR, Pearson G, Rahbaran S, et al. A comparative study of selected physical properties of five root-canal sealers. *Int Endod J* 2003;36(9):629-35.
42. Eldeniz AU, Erdemir A. Shear bond strength of three resin based sealers to dentin with and without the smear layer. *J Endod*. 2005;31:293-6.
43. Kossev D, Stefanov V. Ceramics-based sealers as new alternative to currently used endodontic sealers. *Roots* 2009(1):42-41.
44. Petrović VS. Ispitivanje biloških i fizičkih svojstava nanostrukturnih bimaterijala na bazi aktivnih kalcijumsilikatnih sistema i hidroksiapatita [doktorska disertacija]. Beograd, Univerzitet u Beogradu, Stomatološki fakultet; 2014.
45. Koch K, Brave D. Bioceramic technology-the game changer in endodontics. *Endod Prac* 2009:13-8.
46. . McNamara RP, Henry MA, Schindler WG, Hargreaves KM. Biocompatibility of Accelerated Mineral trioxide aggregate in a rat model. *J Endod* 2010;36:1851-1855.

47. Melih I. Eksperimentalno i kliničko ispitivanje adhezije različitih materijala za punjenje kanala korena [doktorska disertacija]; Univerzitet „Privredna akademija“ Novi Sad, Stomatološki fakultet Pančevo; 2015.
48. ElAyouti A, Kiefner P, Hecker H, Chu A, Löst C, Weiger R, Homogeneity and adaptation of endodontic fillings in root canals with enlarged apical preparation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009;108(3):e141-6.
49. Beatty RG. The effect of standard of serial preparation on single cone obturation. *Int Endod J.* 1987;20(6):276-81.
50. Cavenago BC, Duarte MA, Ordinola-Zapata R, Marciano MA, Carpio-Perochena AE, Bramante CM. Interfacial adaption of epoxy-resin sealer and a self-etch sealer to root canal dentin using the System B or the single cone tehniqe. *Braz Dent J.* 2012;23(3):205-11.
51. Alicia Karr N, Baumgartner JC, Marshall JG. A comparison of gutta-percha and Resilion in the obturation of lateral grooves and depressions. *J Endod* 2007;33:749-52.
52. Sjögren U, Figdor D, Persson S, Sundquist G. Influence of infection at the time of root filling on the outcome of endodontic treatment of teeth with apical periodontitis. *Int Endod J* 1997; 30: 297-306. Erratum in *Int Endod J* 1998; 31: 131- 148.
53. Ozok AR, van der Sluis LW, Wu MK, Wesselink PR. Sealing ability of a new polydimethylsiloxane-based root canal filling material. *J Endod* 2008;34(2):204-7.
54. Wesselink P, Root filling techniques, U: Bergenholtz G, Bindselev PH, Reit C, urednici, *Textbook of Endodontology.* Chister, West Sussex; Wiley-Blackwell; 2010. Str 2019-32.
55. Eguchi DS, Peters DD, Hollinger JO, Lorton L. A comparison of the area of the canal space occupied by gutta-percha following four gutta-epocha obturation techniques using Procosol Sealer. *J Endod.* 1985;11(4):166-75.
56. Lea CS, Apicella MJ, Mines P, Yancich PP, Parker MH. Comparison of the obturation density of cold lateral compaction versus warm verical compaction using the continous wave of condensation tehniqe. *J Endod.* 2005; 31(1):37-9.
57. Saunders E. In vivo findings associated with heat generation during termomechanical compaction of gutta-percha. Part I. Temperature levels at the external surface of the root. *Int Endod J.* 1990;23:263–7.
58. Vapiana R, Guerreiro-Tanomaru JM, Tanomaru-Filho M, Camilleri J. Investigation of the effect of sealer use on the heat generated at the external root surface during root

- canal obturation using warm vertical compaction technique with System B heat source. *J Endod*. 2014;40(4):555-61.
59. Buchanan LS. Continuous wave of condensation technique. *Endod Prac* 1998;1(4):7-10, 13-6, 18 passim.
60. Greco K, Carmignani E, Cantatore G. The Thermafil root canal obturation system. *G Ital Endod* 2011;25:97-109.
61. Lee CQ, Cobb CM, Robinson SJ, LaMartina T, Vo T, In vitro evaluation of the Thermafil technique without gutta percha coating. *Gen Dent* 1998;46(4):378-81.
62. Johnson B, Lasater D. Adaptation of thermafil components to canal walls. *J Endod* 1993;19(6):266.
63. Pasqualini D, Beccio R, Calabrese N, Cantatore G, Berutti E. In vitro evaluation of the quality of gutta-percha apical sealer with different sizes of Thermafil obturators. *G Ital Endod* 2005;19:242-6.
64. Madison S, Zakariasen KL. Linear and volumetric analysis of apical leakage in teeth prepared for posts. *J Endod* 1984;10(9):422-7.
65. Messing JJ. An investigation of the sealing properties of some root filling materials. *J Br Endod Soc* 1970;4(2):18-22.
66. Swanson K, Madison S. An evaluation of coronal microleakage in endodontically treated teeth. Part I. Time periods. *J Endod* 1987;13(2):56-9.
67. Matloff IR, Jensen JR, Singer L, et al. A comparison of methods used in root canal sealability studies. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1982;53(2):203-8.
68. Spradling PM, Senia ES. The relative sealing ability of paste-type filling materials. *J Endod* 1982;8(12):543-9.
69. Antoniazzi JH, Mjor IA, Nygaard-Ostby B. Assessment of the sealing properties of root filling materials. *Odontol Tidskr* 1968;76(3):261-71.
70. Mortensen DW, Boucher NE, Jr., Ryge G. A method of testing for marginal leakage of dental restorations with bacteria. *J Dent Res* 1965;44:58-63.
71. Goldman M, Simmonds S, Rush R. The usefulness of dye-penetration studies reexamined. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1989;67(3):327-32.
72. Madison S, Swanson K, Chiles SA. An evaluation of coronal microleakage in endodontically treated teeth. Part II. Sealer types. *J Endod* 1987;13(3):109-12.
73. Khayat A, Lee SJ, Torabinejad M. Human saliva penetration of coronally unsealed obturated root canals. *J Endod* 1993;19(9):458-61.

74. Magura ME, Kafrawy AH, Brown CE, Jr., et al. Human saliva coronal microleakage in obturated root canals: an in vitro study. *J Endod* 1991;17(7):324- 31.
75. Gish SP, Drake DR, Walton RE, et al. Coronal leakage: bacterial penetration through obturated canals following post preparation. *J Am Dent Assoc* 1994;125(10):1369-72.
76. Chailertvanitkul P, Saunders WP, MacKenzie D, et al. An in vitro study of the coronal leakage of two root canal sealers using an obligate anaerobe microbial marker. *Int Endod J* 1996;29(4):249-55.
77. Maltezos C, Glickman GN, Ezzo P, He J. Comparison of the sealing of Resilion,Pro Root MTA, and super-EBA as a root-end Filling materials:a bacterial leakage study. *J Endod.* 2006;32324-7.
78. Yavari HR, Samiei M, Shahi S, Aghazadeh M, Jafari F, Abdolrahimi M et al, Microleakage comparison of four dental materials as intra-orifice barriers in endodontically treated teeth. *Iran Endod J.*2012;7:25-30.
79. Shahi S, Jeddi Khajeh S. Rahimi S, Yavari HR, Jafari F, Samiei M et al. Effect of different mixing methods on the bacterial mickroleakage of calcium-enriched mixture cement. *Minerva Stomatol.*2016;65:269-75.
80. Britto LR, Grimaudo NJ, Vertucci FJ. Coronal microleakage assesed by polymicrobial markers *J Contemp Dent Pract.*2003;4:1-10.
81. Verissimo DM, do Vale MS. Methodologies for assesment of apical and coronal leakage of endodontic filling materials: a critical review. *J Oral Sci.*2006;48:93-8.
82. Reyhani MF, Yavari H, Ghasemi N, Rahimi S, Barhaghi MH, Azadi A. Apical microleakage of Ah Plus and MTA Fillapex(R) sealers in association with immediate and delayed post space preparation:a bacterial leakage study.*Minerva Stomatol.*2015;64:129-34.
83. Jafari F, Sobhani E, Samadi-Kafil H, Pirzadeh A, Jafari S. In vitro evaluation of the sealing ability of three newley developed root canal sealers: A bacterial microleakage study. *J Clin Exp Dent.*2016;8:e561-5.
84. Barthel CR, Moshonov J, Shuping G, Orstavik D. Bacterial leakage versus dye leakage in obturated root canals. *Int Endod J.*1999;32:370-5.
85. Michalesco P, Boudeville P. Calibrated latex microspheres percolation:a possible route to model endodontic bacterial leakage. *J Endod.* 2003;29:456-62.

86. Williamson AE, Dawson DV, Drake DR, Walton RE, Rivera EM. Effect of root canal filling/sealer systems on apical endotoxin penetration:a coronal leakage evaluation.J Endod.2005;31:599-604.
87. Kim SY, Ahn JS, Yi YA, Lee Y, Hwang JY, Seo DG. Quantitative microleakage analysis of endodontic temporary filling materials using a glucose penetration model. Acta Odontol Scand. 2015;73:137-43.
88. Xu Q, Fan MW, Fan B, Cheung GS, Hu HL. A new quantitative method using glucose for analysis of endodontic leakage.Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2005;99:107-11.
89. Zarenejad N, Asgary S, Ramazani N, Haghshenas MR, Rafiei A, Ramazani M. Coronal microleakage of three different dental biomaterials as intra-orifice barrier during nonvital bleaching. Dent Res J (Isfahan) 2015;12:581–8.
90. Jafari F, Jafari S.Importance and methodologies of endodontic microleakage studies:A systematic review. J Clin Exp Dent.2017;9(6):e812-9.
91. Premović M. Reološka svojstva endodontskih silera [doktorska disertacija]. Novi Sad, Univerzitet u Novom Sadu, Medicinski fakultet; 2016.
92. Friedman S, Mor Ch. The success of endodontic therapy- healing and functionality. CDA J 2004; 32: 493-503.
93. Ilic J, Vujakovic M, Tihacek-Sojic Lj, Milic Lemic A. Frequency and Quality of Root Canal Fillings in an Adult Serbian Population. Srp Arh Celok Lek. 2014 Nov-Dec;142(11-12):663-668.
94. Brkanić T. Preparacija kanala korena zuba nikel-titanijumskim rotirajućim instrumentima. [doktorska disertacija]. Novi Sad, Univerzitet u Novom Sadu; Medicinski fakultet; 2007.
95. Imura N, Kato AS, Hata G-I, Uemura M, Toda T, Weine F. A comparison of the relative efficacies of four hand and rotary instrumentation techniques during endodontic retreatment. Int Endod J 2000;33:361–6.
96. Zmener O, Pameijer CH, Banegas G. Retreatment efficacy of hand versus automated instrumentation in oval-shaped root canals: an ex vivo study. Int Endod J 2006;39:521–6.
97. Masiero AV, Barletta FB. Effectiveness of different techniques for removing gutta-percha during retreatment. Int Endod J 2005;38:2–7.

98. Barrieshi-Nusair KM. Gutta-percha retreatment: effectiveness of nickel-titanium rotary instruments versus stainless steel hand files. *J Endod* 2002;28:454–6.
99. Betti LV and Bramante CM. Quantec SC rotary instruments versus hand files for guttapercha removal in root canal retreatment. *Int Endod J* 2001;34:514–9.
100. Baratto Filho F, Ferreira EL, Fariniuk LF. Efficiency of the 0.04 taper ProFile during the re-treatment of gutta-percha-filled root canals. *Int Endod J* 2002;35:651–4.
101. Rechenberg DK, Paqué F. Impact of cross-sectional root canal shape on filled canal volume and remaining root filling material after retreatment. *Int Endod J* 2013;46:547–55.
102. Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Bernardineli N, Graeff MSZ, Garcia RB, de Moraes IG, et al. A preliminary study of the percentage of sealer penetration in roots obturated with the Thermafil and RealSeal obturation techniques in mesial root canals of mandibular molars. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology* 2009;108:961–8.
103. Kosti E, Lambrianidis T, Economides N, Neofitou C. Ex vivo study of the efficacy of Hfiles and rotary Ni-Ti instruments to remove gutta-percha and four types of sealer. *Int Endod J* 2006;39:48–54.
104. Cunha RS, de Martin AS, Barros PP, da Silva FM, Jacinto RC, Bueno CES. In vitro evaluation of the cleansing working time and analysis of the amount of gutta-percha or Resilon remnants in the root canal walls after instrumentation for endodontic retreatment. *J Endod* 2007;33:1426–8.
105. Keleş A, Şimşek N, Alçın H, Ahmetoglu F, Yologlu S. Retreatment of flat-oval root canals with a self-adjusting file: A SEM study. *Dent Mater J* 2014;33:786–91.
106. Ye J, Gao Y. Metallurgical characterization of M-wire nickel-titanium shape memory alloy used for endodontic rotary instruments during low-cycle fatigue. *J Endod*. 2012;38:105–7.
107. Tulsa Dental Specialties. Protaper Universal. Directions for use. [internet] [preuzeto 15.09.2019] Dostupno na: http://www.tulsadentalspecialties.com/Libraries/Tab_Content__Endo_Access_Shaping/DFUPTNF_Rev1_10-12_ProTaperNext_DFU.sflb.ashx .

108. Johnson E, Lloyd A, Kuttler S, Namerow K. Comparison between a novel nickel-titanium alloy and 508 nitinol on the cyclic fatigue life of ProFile 25/.04 rotary instruments. *J Endod.* 2008;34:1406–9.
109. Siqueira JF Jr, Rocas IN, Favieri A, Lima KC. Chemomechanical reduction of bacterial population in the root canal after instrumentation and irrigation with 1%, 2,5%, 5,25% sodium hypochlorite. *J Endod* 2000; 26:331-334.
110. Haapasalo MP, Endal U, Zandi H, Coil JM. Eradication of endodontic infection by instrumentation and irrigation solutions. *Endod Topics* 2005; 10: 77-102.
111. Prado M, Gusman H, Gomes BPF, Simão RA. Scanning electron microscopic investigation of the effectiveness of phosphoric acid in smear layer removal when compared with EDTA and citric acid. *J Endod* 2011;37:255–8.
112. Zamany A, Safarvi K, Spanberg LS. The effect of chlorhexidine as an endodontic disinfectant. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2003; 96: 578-581.
113. Mohammadi Z, Abbot PV. The properties and applications of chlorhexidine in endodontics. *Int Endod J* 2009; 42: 288-302.
114. Souza SFC, Bombana AC, Francci C, Gonçalves F, Castellan C, Braga RR. Polymerization stress, flow and dentine bond strength of two resin-based root canal sealers. *Int Endod J.* 2009;42(10):867–73.
115. Eldeniz AU, Erdemir A. Shear bond strength of three resin based sealers to dentin with and without the smear layer. *J Endod.* 2005;31:293–6.
116. Gesi A, Raffaelli O, Goracci C, Pashley DH, Tay FR, Ferrari M. Interfacial strength of Resilon and gutta-percha to intraradicular dentine. *J Endod.* 2005;31:809–13.
117. Williamson AE, Marker KL, Drake DR, et al. Resin-based versus gutta-perchabased root canal obturation: influence on bacterial leakage in an in vitro model system. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009;108(2):292-6.
118. Anonymus. Suve podloge 'Torlak' - Katalog, Torlak. Beograd: Institut za imunologiju i virusologiju; 2010.
119. Figdor D, Davies JK, Sundquist G. Starvation survival, growth and recovery of *E. faecalis* in human serum. *Oral Microbiol Immunol* 2003; 18: 234-239.

120. Hancock H, Sigurdsson A, Trope M, Moiseiwitsch J. Bacteria isolated after unsuccessful endodontic treatment in a North American population. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 2001; 91: 579-586.
121. Molander A, Reit C, Dahlen G, Kvist T. Microbiological status of root-filled teeth with apical periodontitis. *Int Endod J* 1998; 31: 1-7.
122. Sundquist G, Figdor D, Persson S, Sjögren U. Microbiologic analysis of teeth with failed endodontic treatment and the outcome of conservative retreatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1998; 85: 86-93
123. Siqueira JF Jr, Rocas IN. Polymerase chain reaction-based analysis of microorganisms associated with failed endodontic treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2004; 97: 85-94.
124. Fouad AF, Zerella J, Barry J, Spangberg LS. Molecular detection of *Enterococcus* species in root canals of therapy-resistant endodontic infections. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2005; 99: 254.
125. Sedgley C, Nagel A, dahlen G, Reit C, Molander A. Real-time quantitative polymerase chain reaction and culture analysis of *Enterococcus faecalis* in root canals. *J Endod* 2006; 32: 173-177.
126. Evans M, Davies JK, Sundquist G, Figdor D. Mechanisms involved in the resistance of *Enterococcus faecalis* to calcium hydroxide. *Int Endod J* 2002; 35: 221/228.
127. Stuart CH, Schwartz Sa, Beeson TJ, Owatz CB. *Enterococcus faecalis*: its role in root canal treatment failure and current concepts in retreatment. *J Endod* 2006; 32: 93-98.
128. Carruitero MJ, Villavicencio-Rosas E. Antibacterial effect of four endodontic cements against *Enterococcus faecalis* ATCC 29212. An in vitro study. *J Oral Res* 2017; 6(12):316-318 .
129. Denotti G, Piga R, Montaldo C, Erriu M, Pilia F, Piras A, Luca MD, Orrù G. In Vitro evaluation of *Enterococcus faecalis* adhesion on various endodontic medicaments. *Open Dent J.* 2009 Jun 9;3:120-4.
130. Hubble T S, Harton J F, Nallapareddy S R, Murray B E, Gillespie M J. Influence of *Enterococcus faecalis* proteases and the collagen binding protein ace, on adhesion to dentin. *Oral.Microbial Immunol* 2003;18:121-126.

131. J H Jorgensen, M L McElmeel .Comparison of inoculation methods for testing enterococci by using vancomycin screening agar., *J Clin Microb Nov* 1996, 34 (11) 2841-2842.
132. Zogheib C, Naaman A, Sigurdsson A. Comparative micro-computed tomographic evaluation of two carrier-based obturation systems; *Clin Oral Invest* 2013;17: 1879.
133. Sadr S, Golmoradizadeh A, Raoof M, Tabanfar MJ. Microleakage of Single-Cone Gutta-Percha Obturation Technique in Combination with Different Types of Sealers. *Iran Endod J.* 2015;10(3):199–203.
134. Gordon MP, Love RM, Chandler NP. An evaluation of 06 tapered gutta-percha cones for filling of 06 taper prepared curved root canals. *Int Endod J.* 2005;38(2):87–96.
135. Damasceno J, Silva P, Queiroz A, Po, Pereira K. Estudo comparativo do selamento apical em canais radiculares obturados pelas técnicas cone único Protaper e termoplástica sistema TC. *RGO.* 2008 ;56(4):417–22.
136. Holland R, Murata SS, Tessarini RA, Ervolino E, Souza E, JED V. Infiltração marginal apical relacionada ao tipo de cimento obturador e técnica de obturação. *Rev Fac Odontol Lins .* 2004;16(2):7–12.
137. Pommel L, Camps J. In vitro apical leakage of system B compared with other filling techniques. *J Endod.* 2001;27(7):449–51.
138. Wu MK, van der Sluis LW, Wesselink PR. A 1-year follow-up study on leakage of single-cone fillings with RoekoRSA sealer. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2006;101(5):662–7.
139. Yilmaz Z, Deniz D, Ozcelik B, Sahin C, Cimilli H, Cehreli ZC, Kartal N. Sealing efficiency of BeeFill 2in1 and System B/Obtura II versus single-cone and cold lateral compaction techniques. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009;108(6):e51–5.
140. Monticelli F, Sadek F, Schuster G, Volkman K, Looney S, Ferrari M. Efficacy of two contemporary single-cone filling techniques in preventing bacterial leakage. *J Endod.* 2007;33(3):310–3.
141. Kassar SA, Habib AA, Doumani MD, Abdulrab S, Alafif H. Evaluation of apical sealing ability of ActiV GP/glass ionomer sealer as a root filling material. *Endodontology* 2018;30:113-8.

142. Inan U, Aydin C, Tunca YM, Basak F. In vitro evaluation of matched-taper single-cone obturation with a fluid filtration method. *J Can Dent Assoc.* 2009;75(2):123.
143. Samson E, Kulkarni S, Sushil K C, Likhitar M. An In-Vitro Evaluation and Comparison of Apical Sealing Ability of Three Different Obturation Technique - Lateral Condensation, Obtura II, and Thermafil. *J Int Oral Health* 2013; 5(2):35-43.
144. Dummer PM, Lyle L, Rawles J, Kennedy JK. A laboratory study of root fillings in the teeth obturated by lateral condensation of gutta-percha or Thermafil obturators. *Int Endod J.* 1994;27(1):32-8.
145. Gencoglu N, Garip Y, Bas M, Samani S. Comparison of different root canal filling techniques: Thermafil, Quick Fill, Sytem B, and lateral condensation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Edod.* 2002;93:333-6.
146. Lares C, el Deeb ME. The sealing ability of Thermafil obturation technique. *J Endod.* 1990;16(10):474-9.
147. Marciano MA, Ordinola-Zapata R, Cunha TVRN, Duarte MAH, Cavenago C, Garcia RB et al. Analysis of four gutta-percha techniques used to fill mesial root canals of mandibular molars. *Int Endod J.* 2011 Apr;44(4):321-9.
148. Yücel AÇ, Çiftçi A. Effects of different root canal obturation techniques on bacterial penetration. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2006 Oct;102(4):e88-92.
149. Alkahtani A, Al-Subait S, Anil S. An In Vitro Comparative Study of the Adaptation and Sealing Ability of Two Carrier-Based Root Canal Obturators; *The Scientific World Journal*, vol. 2013, Article ID 532023, 7 pages, 2013.
150. Vasconcelos BC, Bernardes RA, Duarte MAH, Bramante CM, Moraes IG . Apical sealing of root canal fillings performed with five different endodontic sealers: analysis by fluid filtration. *J. Appl. Oral Sci.* 2011 Aug; 19(4): 324-328.
151. Carrillo Varguez A, Santana Basoco BI, González Vizcarra B, Villarreal Gómez LJ, Jaramillo Fernández D, Rentería Aguilera N, Hofmann Salced ME. Comparative in vitro Study of the Bond Strength on Dentin of Two Sealing Cements: BC-SEALER and AH-PLUS; *Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica.* 2016;37(2):115-122.
152. Matović I, Teodorović N. Evaluation of antibacterial effect of endodontic materials; *Stom Glas S.* Vol 54, 2007;0039-1743:28-33.

153. Tiwari S, Murthy CS, Usha HL, Shivekshith AK, Kumar NN, Vijayalakshmi L. A comparative evaluation of antimicrobial efficacy and flow characteristics of two epoxy resin-based sealers-AH plus and Perma Evolution: An *in vitro* study. *J Conserv Dent.* 2018;21(6):676–680.
154. Patil P, Rathore VP, Hotkar C, Savgave SS, Raghavendra K, Ingale P. A comparison of apical sealing ability between GuttaFlow and AH plus: An *in vitro* study. *J Int Soc Prev Community Dent.* 2016;6(4):377–382.
155. Jhamb S, Nikhil V, Singh V. Effect of sealers on fracture resistance of endodontically treated teeth with and without smear layer removal: An *in vitro* study. *J Conserv Dent.* 2009;12(3):114–117.
156. Malik G, Bogra P, Singh S, Samra RK. Comparative evaluation of intracanal sealing ability of mineral trioxide aggregate and glass ionomer cement: An *in vitro* study. *J Conserv Dent.* 2013;16(6):540–545.7
157. Eldeniz AU, Erdemir A, Kurtoglu F, Esener T. Evaluation of pH and calcium ion release of Acroseal sealer in comparison with Apexit and Sealapex sealers. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.*2007;103:86-91.
158. Ayer, A., Manandhar, T., Agrawal, N., Vikram, M., & Suwal, P. (2017). A comparative study of apical microleakage of different root canal sealers by apical dye penetration. *Bangladesh Journal of Medical Science*, 16(2), 219-224.
159. Hachem R, Khalil I, Le Brun G, Pellen F, Le Jeune B, Daou M, El Osta N, Naaman A, Abboud M. Dentinal tubule penetration of AH Plus, BC Sealer and a novel tricalcium silicate sealer: a confocal laser scanning microscopy study. *Clin Oral Invest.*2019;23(4)1871-1876.
160. Candeiro GT, Correia FC, Duarte MA, Ribeiro-Siqueira DC, Gavini G. Evaluation of Radiopacity, pH, Release of Calcium Ions, and Flow of a Bioceramic Root Canal Sealer. *J Endod* 2012;38:842-5.
161. Carvalho CN, Grazziotin-Soares R, de Miranda Candeiro GT, et al. Micro Push-out Bond Strength and Bioactivity Analysis of a Bioceramic Root Canal Sealer. *Iran Endod J.* 2017;12(3):343–348.
162. Huang Y, Orhan K, Celikten B, Orhan AI, Tufenkci P, Sevimay S. Evaluation of the sealing ability of different root canal sealers: a combined SEM and micro-CT study. *J. Appl. Oral Sci.* 2018; 26: e20160584.

163. De Melo TV, Prado MC, Hirata Jr R, Fidel SR, da Silva EJ, Sassone LM. Improved sealing ability promoted by calcium silicate-based root canal sealers. *Braz J Oral Sci.* 2018;17:18148.
164. Da Silva Neto UX, de Moraes IG, Westphalen VP, Menezes R, Carneiro E, Fariniuk LF. Leakage of 4 resin-based root-canal sealers used with a single-cone technique. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2007 Aug;104(2):e53-7.
165. Mamootil K, Messer HH. Penetration of dentinal tubules by endodontic sealer cements in extracted teeth and in vivo. *Int Endod J.* 2007;40(11):873-81. 99 52.
166. De-Deus G, Brandão MC, Leal F, Reis C, Souza EM, Luna AS, et al. Lack of correlation between sealer penetration into dentinal tubules and sealability in nonbonded root fillings. *Int Endod J.* 2012;45(7):642-51. 53.
167. Calt S, Serper A. Dentinal tubule penetration of root canal sealers after root canal dressing with calcium hydroxide. *J Endod.* 1999;25:431-3.
168. Stevens RW, Strother JM, McClanahan SB. Leakage and sealer penetration in smearfree dentin after a final rinse with 95% ethanol. *J Endod.* 2006;32(8):785-8. 85.