



УНИВЕРЗИТЕТ „СВ. КИРИЛ И МЕТОДИЈ“ ВО СКОПЈЕ
СТОМАТОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ – СКОПЈЕ

Емире Аднан Шабани Читаку

ВЛИЈАНИЕТО НА ПРОТОКОЛОТ НА ИРИГАЦИЈА ВРЗ МИКРОПРОПУСТЛИВОСТА КАЈ ЗАБИ ОПТУРИРАНИ СО РАЗЛИЧНИ ТЕХНИКИ

Докторски труд

Скопје, 2026





УНИВЕРЗИТЕТ „СВ. КИРИЛ И МЕТОДИЈ“ ВО СКОПЈЕ
СТОМАТОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ – СКОПЈЕ
Катедра za болести на забите и ендодонтот

Емире Аднан Шабани Читаку

ВЛИЈАНИЕТО НА ПРОТОКОЛОТ НА ИРИГАЦИЈА ВРЗ МИКРОПРОПУСТЛИВОСТА КАЈ ЗАБИ ОПТУРИРАНИ СО РАЗЛИЧНИ ТЕХНИКИ

Докторски труд

Скопје, 2026

Докторанд:
ЕМИРЕ АДНАН ШАБАНИ ЧИТАКУ

Тема: „ВЛИЈАНИЕТО НА ПРОТОКОЛОТ НА ИРИГАЦИЈА ВРЗ МИКРОПРОПУСТЛИВОСТА КАЈ ЗАБИ ОПТУРИРАНИ СО РАЗЛИЧНИ ТЕХНИКИ“

Ментор:
проф. д-р ВАСИЛКА РЕНЏОВА, редовен професор
Универзитет „Св. Кирил и Методиј” во Скопје,
Стоматолошки факултет - Скопје,
Катедра за болести на забите и ендодонтот

Комисија за одбрана:

Проф. д-р (претседател)

Проф. д-р

Проф. д-р

Проф. д-р

Проф. д-р

Научна област:
Стоматолошки науки

Датум на одбрана:

Емире Аднан Шабани Читаку

ВЛИЈАНИЕТО НА ПРОТОКОЛОТ НА ИРИГАЦИЈА ВРЗ МИКРОПРОПУСТЛИВОСТА КАЈ ЗАБИ ОПТУРИРАНИ СО РАЗЛИЧНИ ТЕХНИКИ

– А п с т р а к т –

Вовед: Долгорочниот успех на ендодонтскиот третман зависи од два фундаментални клинички цели, целосно отстранување на микробиолошката содржина од коренскиот канал и херметичко запечатување на каналниот простор за да се спречи повторна инфекција. Иако механичката подготовка е неопходна за оформување на каналите, таа често не успева во сите комплексни анатомски региони, како латерални канали, истмуси и апикални делти, каде што може да останат пулпни остатоци, биофилм и инфективен детритус. Дополнителен предизвик претставува и размачканиот слој, којшто настанува за време на инструменталната обработка и се состои од органски и неорганski честички и бактерии. Овој слој не само што ја нарушува атхезијата на оптурациониот материјал кон Дентиналните ѕидови, туку и овозможува услови за понатамошно бактериско размножување.Во современата ендодонција, комбинацијата на натриум хипохлорид (NaOCl) и етилендиаминтетраоцетна киселина (EDTA) е широко прифатена како златен стандард за хемиска иригација. *NaOCl* обезбедува органолитичко дејство и уништување на микроорганизмите, додека *EDTA*, како хелатен агенс, ја отстранува неорганската компонента на размачканиот слој. Ултразвучната активација на овие раствори дополнително ја засилува нивната ефикасност преку создавање акустичен стриминг и кавитациони ефекти, што овозможува подлабока пенетрација во сложената анатомија и поефикасно нарушување на биофилмот.

Цел: Оваа *in vitro* студија имаше за цел да го испита влијанието на четири различни протоколи за иригација, со и без ултразвучна активација, врз апикалната и корорнарната микропропустливост кај заби, оптурирани со две клинички, најчесто применувани техники на оптурација.

Применети научни методи и начин на работа: Во истражувањето беа вклучени 112 екстрахирани хумани еднокорени заби со прави корени. По отстранување на мекоткивните остатоци, забите беа дезинфицирани во 3% *NaOCl*, 24 часа, а потоа складирани во дестилирана вода на 4°C. Должината на коренот беше стандардизирана на

14 *mm* со декоронација на нивото на цементно-глеѓниот спој. Работната должина беше утврдена со #10 K-инструмент.

Каналите беа обработени со *ProTaper Universal* ротациони инструменти (Dentsply Maillefer) до големина *F2*. Примероците беа рандомизирани во четири групи според протоколот на иригација:

NaOCl 2,5% + *EDTA* 17% со ултразвучна активација

NaOCl 2,5% со ултразвучна активација

NaOCl 2,5% + *EDTA* 17% без активација

Физиолошки раствор (контрола)

Секоја група беше поделена во две подгрупи според техниката на оптурација – топла вертикална кондензација на гутаперка (Fast Fill/Fast Pack) или техника на единична гутаперка (F2 гутаперка конус). Во сите случаи беше употребен *AH Plus* цемент.

Потоа, примероците беа потопени во 2% метиленско сино 24 часа, исплакнати и надолжно пресечени во буколингвална насока. По 24-часовна изложеност на 2% метиленско сино, забите беа надолжно пресечени и анализирани под светлосен микроскоп со зголемување 10-пати. Апикалната и коронарната линеарна пенетрација на бојата беше измерена и анализирана.

Статистичка обработка: Нормалноста беше проверена со *Shapiro-Wilk* тест. За параметри со нормална распределба беа употребени *One-Way ANOVA* и *Independent t-test*, а за ненормална распределба *Kruskal-Wallis* и *Mann-Whitney U* тест. Нивото на значајност беше $p < 0,05$.

Резултати: Регистрирани беа значајни разлики меѓу групите ($p < 0,05$). Најниска апикална и коронарна микропропустливост беше забележана кај групата, третирана со *NaOCl* + *EDTA* со ултразвучна активација и оптурирана со топла вертикална кондензација. Контролната група со физиолошки раствор и единичен конус покажа највисоки вредности на микропропустливост.

Заклучок: Ова истражување покажа дека ултразвучно активираната комбинација *NaOCl* + *EDTA* значајно ја намалува апикалната и коронарната микропропустливост. Најдобри резултати се постигнуваат кога овој протокол се комбинира со топла вертикална кондензација на гутаперката, којашто обезбедува подобра адаптација на материјалот кон ѕидовите на каналот и поефикасно тридимензионално исполнување на коренскиот канал.

Клучни зборови: еднокорени заби, иригација на коренски канали, натриум хипохлорид (NaOCl), етилендиаминтетраоцетна киселина (EDTA), ултразвучна

активација, апикална микропропустливост, коронарна микропропустливост, пенетрација на метиленско сино, топла вертикална кондензација на гутаперката, техника на единичен конус, резински цемент.

Emire Adnan Shabani Çitaku

THE INFLUENCE OF IRRIGATION PROTOCOL ON MICROLEAKAGE IN TEETH OBTURATED WITH DIFFERENT TECHNIQUES

– A b s t r a c t –

Introduction: The long-term success of endodontic treatment relies on two fundamental clinical objectives: complete elimination of microbial content from the root canal system and establishment of a reliable, hermetic seal of the canal space to prevent reinfection. Although mechanical instrumentation is essential for shaping the canals, it often fails to reach complex anatomical regions, such as lateral canals, isthmuses, and apical deltas, where pulp remnants, biofilm, and infectious detritus may remain. An additional challenge is the smear layer, which is created during the instrumentation and is composed of organic and inorganic particles and bacteria. This layer not only disrupts the adhesion of the obturation material to the dentinal walls, but also provides a substrate for bacterial proliferation.

In contemporary endodontics, the combination of sodium hypochlorite (NaOCl) and ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) is widely accepted as the gold standard for chemical irrigation. *NaOCl* provides organic tissue dissolution and antimicrobial action, whereas *EDTA*, as a chelating agent, removes the inorganic component of the smear layer. The ultrasonic activation of these solutions further enhances their irrigant effectiveness through acoustic streaming and cavitation effects, enabling deeper penetration in the complex anatomy and more efficient biofilm disruption.

Aim: This *in vitro* study aimed to evaluate the effect of four different irrigation protocols, with and without ultrasonic activation, on the apical and coronal microleakage in teeth obturated with two commonly used obturation techniques in clinical practice.

Materials and methods: A total of 112 extracted human single-rooted teeth with straight roots were included in the research. After soft-tissue removal, the teeth were disinfected in 3% *NaOCl* for 24 hours and then stored in distilled water at 4°C. The root length was standardized to 14 *mm* by decoronation at the cementoenamel junction. The working length was determined using a #10 K-file.

The canals were prepared using *ProTaper Universal* rotary instruments (Dentsply Maillefer) up to size *F2*. The specimens were randomly allocated into four groups according to the irrigation protocol:

- *NaOCl* 2.5% + *EDTA* 17% with ultrasonic activation
- *NaOCl* 2.5% with ultrasonic activation
- *NaOCl* 2.5% + *EDTA* 17% without activation
- Physiological saline solution (control)

Each group was further divided into two subgroups according to the obturation technique: warm vertical condensation of gutta-percha (Fast Fill/Fast Pack) or single-cone technique (F2 gutta-percha cone). *AH Plus* sealer was used in all specimens.

Then the specimens were immersed in 2% methylene blue for 24 hours, rinsed, longitudinally sectioned in the buccolingual direction. After 24 hours of exposure to 2% methylene blue, the teeth were longitudinally sectioned and examined under a light microscope at 10x magnification. The apical and coronal linear dye penetration was measured and analyzed.

Statistical analysis: The normality was assessed using the *Shapiro-Wilk* test. *One-Way ANOVA* and *Independent t-test* were applied to normally distributed variables, while *Kruskal-Wallis* and *Mann-Whitney U* tests were used for non-normal distribution. The statistical significance was set at $p < 0,05$.

Results: Significant differences were observed among the groups ($p < 0.05$). The lowest apical and coronal microleakage values were recorded in the group treated with *NaOCl* + *EDTA* with ultrasonic activation and obturated by using warm vertical condensation. The control group irrigated with physiological saline solution and obturated with the single-cone technique exhibited the highest microleakage values.

Conclusion: This research showed that the ultrasonically activated combination *NaOCl* + *EDTA* significantly reduces both apical and coronal microleakage. The most favorable sealing outcomes are achieved when this protocol is combined with warm vertical condensation of gutta-percha, providing improved material adaptation to the canal walls and more efficient three-dimensional obturation of the root canal system.

Keywords: single-rooted teeth, root canal irrigation, sodium hypochlorite (NaOCl), ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA), ultrasonic activation, apical microleakage, coronal microleakage, methylene blue penetration, warm vertical condensation of gutta-percha, single-cone technique, resin sealer.

Благодарност

Најискрено ѝ изразувам благодарност на мојата менторка, проф. д-р Василка Ренџова, за нејзината несебична поддршка, стручни совети и трпеливо водење во текот на целото истражување и изработка на овој труд.

Посебна благодарност упатувам до членовите на Комисијата, [Имиња и Презимиња], за нивните конструктивни забелешки и насоки, коишто значително придонесоа за квалитетот на оваа работа.

Голема благодарност упатувам и до стоматолошките ординации и институции што овозможија пристап до биолошкиот материјал, како и до сите кои на каков било начин помогнаа во реализацијата на ова истражување.

Најнапред, од сè срце, му се заблагодарувам на мојот сопруг д-р Екрем Читаку, кој беше мојот најцврст столб и верен сопатник во сите предизвици. Неговата верба во мене, безусловна поддршка и трпеливост ми овозможија да истраам и тогаш кога патот изгледаше непремостлив.

На моите ќерки: Енда, Ерна и Амира, кои со својата љубов и присуство ми даваа енергија секој ден, и ме потсетуваа зошто вреди да се продолжи напред.

Искрена благодарност до мојата свекрва, за нејзината поддршка низ сиве години.

Со најдлабока почит и љубов, оваа докторска дисертација им ја посветувам и на моите покојни родители, проф.д-р Аднан Шабани и Шпреса Палоши Шабани, кои ме воспитале со чесност, трудољубивост, скромност и љубов кон знаењето. Нивните зборови, совети и примерот што ми го оставија остануваат мој водич во животот. Иако не се покрај мене, нивните вредности живеат преку сè што сум постигнала.

Благодарност и до моите браќа, д-р Бурак Шабани и Бесим Шабани, нивните сопруги и нивните деца, за нивната братска љубов, семејна топлина и охрабрување во секој чекор од мојот пат.

На сите вас, моето семејство, мојата сила, оваа докторска дисертација е подеднакво ваша колку и моја. Без вас, ова патување немаше да биде возможно.

Вие сте мојот најголем благослов и мојата најголема победа, круната на сè што сум и што ќе бидам.

ИЗЈАВА

Изјавувам дека докторската дисертација ја изработив самостојно, дека уредно ги цитирам сите користени извори и литература и дека трудот не е користен во рамките на други универзитетски студии или за стекнување друго звање.

Емире Читаку

с.р._____

Изјавувам дека електронската верзија на докторската дисертација е идентична со печатената докторска дисертација.

Емире Читаку

с.р._____

СОДРЖИНА

АПСТРАКТ.....3
ABSTRACT.....6
Благодарност.....9
Изјава.....10
Список на скратеници.....12
1. ВОВЕД 13
2.ПРЕГЛЕД НА ДОСТИГНУВАЊАТА ВО ДАДЕНАТА НАУЧНА ОБЛАСТ, ПОВРЗАНИ СО ПРЕДМЕТОТ НА ИСТРАЖУВАЊЕ.....16
3.ОБРАЗЛОЖЕНИЕ НА РАБОТНИТЕ ХИПОТЕЗИ И ТЕЗИ 28
4. ПРИМЕНЕТИ НАУЧНИ МЕТОДИ И НАЧИН НА РАБОТА.....29
5. ДОБИЕНИ РЕЗУЛТАТИ И НИВНО ЗНАЧЕЊЕ..... 49
6. ПРИМЕНА НА РЕЗУЛТАТИ ОД ИСТРАЖУВАЊЕТО И МОЖНИ НАСОКИ ЗА НАТАМОШНО ИСТРАЖУВАЊЕ.....119
7.ЗАКЛУЧОК.....128
8. СПИСОК НА КОРИСТЕНАТА ЛИТЕРАТУРА И ДРУГИ ИЗВОРИ.....129

Список на скратеници

NaOCl	Sodium Hypochlorite/ Натриум хипохлорид
EDTA	Ethylenediaminetetraacetic Acid/ Етилендиаминтетраоцетна киселина
UAI	Ultrasonic Activated Irrigation/ Ултразвучно активирана иригација
PUI	Passive Ultrasonic Irrigation/ Пасивна ултразвучна иригација
SAI	Sonic Activated Irrigation/ Сонично активирана иригација
WL	Working Length/ Работна должина
RC	Root Canal/ Коренски канал
RCS	Root Canal System/ Систем на коренски канали
GP	Gutta-Percha/ Гутаперка
SC	Single Cone Technique/ Техника на единична гутаперка
WVC	Warm Vertical Condensation/ Топла вертикална кондензација
NiTi	Nickel/Titanium Alloy/ Никел/титаниумска легура
K-file	Stainless steel endodontic hand file/ Рачен ендодонтски инструмент од нерѓосувачки челик
LM	Light Microscopy/ Светлосна микроскопија
Micro-CT	Micro/Computed Tomography/ Микро-компјутерска томографија
CLSM	Confocal Laser Scanning Microscopy/ Конфокална ласерска скенирачка микроскопија
HEDP	1-Hydroxyethylidene-1,1-diphosphonic acid/1-хидроксиетилиден-1,1-дифосфонска киселина
ImageJ	Image Analysis Software – Софтвер за анализа на слики
SD	Standard Deviation/ Стандардна девијација
CI	Confidence Interval/ Интервал на доверба
SEM	Scanning Electron Microscopy/ Скенирачка електронска микроскопија

1. ВОВЕД

Ендодонтскиот третман претставува суштински сегмент од современата стоматолошка практика, но воедно и едно од најпредизвикувачките подрачја, поради сложената интеракција меѓу биолошките, анатомските и техничките фактори коишто ја одредуваат неговата успешност. Основната цел на ендодонтскиот третман е елиминација на инфекцијата од системот на коренски канали и обезбедување стабилно и долготрајно запечатување, со што се создаваат услови за заздравување на периапикалните ткива и превенција од повторна инфекција.[1-4]

Иако овие цели се јасно дефинирани, нивната клиничка реализација често претставува значителен предизвик, бидејќи секој поединечен чекор од третманот влијае врз конечниот исход.

Напредокот во дијагностичките и визуелизациските техники во последните две децении значително го продлабочи разбирањето на внатрешната морфологија на коренскиот систем. Примената на *micro-CT* технологијата овозможи детален увид во тродимензионалната структура на коренските канали и покажа дека дури и кај заби со навидум едноставна анатомија, постои изразена морфолошка комплексност.[5-9] Латералните канали, истмусите, неправилните проширувања и апикалните делта-регии често остануваат недостапни за механичката инструментација. Истражувањата укажуваат дека значителен дел од дентинските ѕидови остануваат необработени и покрај примената на современи ротациони *NiTi* системи, што јасно ја нагласува ограниченоста на механичката обработка како самостоен метод за деконтаминација.[10-12]

Дополнителен фактор којшто ја комплицира ефикасноста на третманот е присуството на *smear layer*, што се создава за време на инструменталната обработка. Овој слој, составен од органски и неорганski честички и бактериски остатоци, се атхерира на дентинската површина и ја ограничува пенетрацијата на иригансите, како и интеракцијата помеѓу дентинот и оптурационите материјали.[13-16]

Неговото недоволно отстранување може да придонесе кон компромитирање на херметичноста и да создаде услови за перзистирање микроорганизми во системот на коренски канали.

Современите микробиолошки истражувања покажуваат дека перзистентните ендодонтски инфекции најчесто се поврзани со присуство на бактерии, организирани во биофилм. Биофилмската форма овозможува зголемена отпорност на антимикробни агенси

и преживување во неповолни услови, вклучително и длабоко во дентиналните тубули.[17-20]

Enterococcus faecalis, често изолиран од неуспешни ендодонтски третмани, претставува типичен пример за микроорганизам со изразена адаптабилност и отпорност, што дополнително ја потенцира важноста на ефикасната хемиска дезинфекција. [21-23]

Во клиничката практика, *sodium hypochlorite* (NaOCl) и *EDTA* се најчесто користените иригациони раствори поради нивните комплементарни својства. *NaOCl* обезбедува силно антимикробно и органолитичко дејство, додека *EDTA* има значајна улога во отстранувањето на неорганската компонента на *smear layer*-от и подобрувањето на површинските услови за оптурација.[24-28]

Сепак, ефикасноста на овие раствори во голема мера зависи од начинот на нивна примена и активација.

Ултразвучната активација на иригансите (Passive Ultrasonic Irrigation – PUI) претставува важен чекор напред во насока на подобрување на хемиската дезинфекција. Генерирањето *acoustic streaming* и кавитациони ефекти овозможува порамномерна дистрибуција на иригансите и подобра пенетрација во анатомски комплексните региони, особено во апикалната третина.[29-36]

Овие механизми ја зголемуваат веројатноста за поефикасно нарушување на биофилмот и редукција на микробиолошкиот товар.

Покрај дезинфекцијата, квалитетот на оптурацијата претставува втор клучен фактор за долгорочниот успех на ендодонтскиот третман. Тродимензионалното и херметичко запечатување на целиот канален систем е од суштинско значење за превенција на микробна миграција и повторна инфекција.[33-36]

Техниката на топла вертикална кондензација овозможува подобра адаптација на гутаперката и порамномерно исполнување на комплексните анатомски структури, додека техниката на единичен конус, иако клинички поедноставна, може да покаже ограничувања во услови на сложена анатомија или недоволна деконтаминација.[35,38,39]

Имајќи ги предвид наведените фактори, може да се заклучи дека успехот на ендодонтскиот третман не зависи од еден изолиран чекор, туку од синергијата меѓу анатомските карактеристики, микробиолошката контрола, иригационите протоколи, нивната активација и применетата техника на оптурација. Оттука произлегува потребата од систематско експериментално истражување под контролирани услови, со цел да се

утврди која комбинација од иригациони и оптурациски пристапи обезбедува најниска микропропустливост и најголема долгорочна предвидливост на ендодонтскиот третман.

2. ПРЕГЛЕД НА ДОСТИГНУВАЊАТА ВО ДАДЕНАТА НАУЧНА ОБЛАСТ, ПОВРЗАНИ СО ПРЕДМЕТОТ НА ИСТРАЖУВАЊЕ

Современата ендодонтска литература претставува богата и динамична база на научни сознанија што ја обликуваат денешната клиничка практика. Во последните децении, сфаќањето на ендодонтскиот третман значително еволуираше, од поедноставени модели, базирани врз механичка обработка, кон многу покомплексни и интегрирани концепти коишто опфаќаат: морфологија, микробиологија, биофизика, познавање на денталните материјали и биолошки процеси на заздравување. Како што истакнуваат *Patel* и соработниците, техниките за тродимензионална визуелизација како *micro-CT* овозможија прецизно согледување на архитектониката на коренскиот систем.(40)

Овие анализи откриваат дека дури и еднокорените заби, коишто традиционално се сметале за едноставни, поседуваат латерални канали, истмуси, секундарни разгранувања и апикални делти со морфолошка комплексност што ја надминува способноста на инструментите за целосна обработка.(41)

Bürklein и *Schäfer* покажуваат дека дури и со најсовремени *NiTi* системи, значаен процент од внатрешните ѕидови остануваат необработени, што ја нагласува ограниченоста на механичката интервенција.(42)

Во микробиолошка перспектива, класичните и современите студии укажуваат дека перзистентната инфекција речиси секогаш е резултат на биофилмска активност. *Sundqvist, Siqueira* и *Rôças* и нивните соработници го поставија темелот на ова разбирање, а *Donlan* и *Hall-Stoodley* и *Flemming* го проширија концептот преку опишување на биофилмот како високо организирана микробна заедница со силно развиени механизми на резистентност. Поради заштитениот матрикс, бактериските колонии можат да преживеат длабоко во дентиналните тубули, со ограничена изложеност на ириганси.(43-47)

Claes и соработниците документираат дека дури и минимална коронарна експозиција може да ја наруши целата ендодонтска терапија, што го нагласува значењето на микроинфилтрацијата како клучен клинички параметар.(48)

Во поглед на хемиската дезинфекција, *NaOCl* и *EDTA* остануваат најиспитуваната и најподдржана комбинација. *Zehnder* ја опишува уникатната мултифункционалност на

NaOCl, којашто ја комбинира способноста за растворување органски ткива, бактерицидно дејство и нарушување на биофилмот.[49]

Mohammadi ги потенцира неговите ограничувања, како што е неможноста за отстранување на минералната компонента.[50]

Дополнителни истражувања покажуваат дека загревањето на *NaOCl* значително ја зголемува неговата органолитичка активност и способност за растворање на ткивото, при што загреаните раствори демонстрираат супериорни резултати во споредба со раствори на собна температура.[51]

Поновите податоци исто така укажуваат дека *NaOCl*, активиран со различни форми на агитација, вклучително и ултразвучни и механички системи, постигнува значително поголема редукција на микробниот товар во споредба со статичката апликација.[52]

EDTA пак, според *Spanó* и *Lottanti*, овозможува селективно хелатирање на неорганските компоненти со оптимална експозиција од околу една минута.[53-54]

Меѓутоа, самата комбинација на раствори не е гаранција за ефикасност, бидејќи статичната иригација покажува ограничена пенетрација.[55-58] Токму поради ова, значајни научни напредоци се направија во развојот на динамички иригациони техники. Ултразвучната активација (PUI) се смета за најиспитуваната и најмоќната форма на активација. *Van der Sluis* и *Ahmad* укажуваат дека ултразвукот создава кавитациони микромеурчиња и силен акустичен стриминг, што значително ја зголемува хидродинамичната енергија на растворот. [29,30]

Овие механизми овозможуваат растворот да навлезе во делови од каналниот систем, коишто механичката обработка не може да ги достигне. *Căpută*, *Macedo* и соработниците докажуваат дека ултразвучно активираниот *NaOCl* има повеќекратно поголема способност за нарушување на биофилмот во споредба со пасивната иригација и со *sonic* системите.[59-60] Паралелно со развојот на иригацијата, научната заедница посвети големо внимание и на техниките за оптурација. *Schilder* и *Buchanan* ја утврдија топлата вертикална кондензација како техника што овозможува тродимензионално, хомогено и прогресивно исполнување на коренскиот канал, при што се обезбедува супериорна адаптација на гутаперката во апикалниот и коронарниот сегмент.[33,61]

Клиничките студии на *Wu* и *Wesselink*, *Gorni*, *Sagsen* и *Wu* и соработниците покажуваат значително намалена микропропустливост и подобра адаптација во споредба со единичната гутаперка, особено во региони со латерални проширувања.[34-35,62]

Marciano и соработниците, користејќи *micro-CT*, дополнително покажуваат дека квалитетот на оптурацијата зависи од претходната дезинфекција, морфологијата и од изборот на силер, со што се нагласува дека техниката сама по себе не е единствениот детерминантен фактор.[66] Истражувањата на *Tasdemir* и соработниците, *Pommel* и *Camps* ја потврдуваат критичната улога на апикалната адаптација и стабилноста на силерот во намалување на микропропустливоста.[63-65]

Hall и соработниците демонстрираат значајни разлики во херметичката способност помеѓу различни техники на оптурација, дополнително поддржувајќи ја важноста на изборот на метод. [66]

Современата литература исто така нагласува дека херметичкото запечатување не зависи само од апикалниот дел. *Khabbaz, Ray и Trope, Gillen* и соработниците покажуваат дека коронарнато запечатување има исто толку значајно влијание врз долгорочниот исход како и апикалното.[67- 70]

Лошо изведена реставрација може да доведе до повторна бактеријална инокулација и, со тоа, до комплетен неуспех дури и ако каналот е обработен и оптуриран според највисоки стандарди.[71]

Во поглед на хемиските интеракции, *Tartari* покажува дека стабилноста на *NaOCl* варира во зависност од температурата и контактот со метални инструменти, додека *Stojicic* и соработниците демонстрира дека алтернативни хелатни агенси како *HEDP* можат да понудат подобра биокомпатибилност.[72-73]

Овие наоди го прошируваат концептот дека изборот на хемиски протокол мора да се темели на биолошки, а не само на технички параметри.

На полето на материјалите, биокерамичките *силери* претставуваат значаен напредок. *Marciano*, *Candeiro*, *Zhang* и *Camilleri* покажуваат дека тие имаат силен афинитет кон денталната матрица, создавајќи хидратациски и хемиски врски коишто потенцијално ја намалуваат микропропустливоста.[74-77] Сепак, дел од литературата нагласува дека овие материјали сè уште не се идеални за сите клинички сценарија.

Во поглед на општата успешност, голем број мета-анализи како оние на *Ng*, *Kojima*, *Manfredi* и соработниците потврдуваат дека ендодонтскиот успех не зависи од изолиран

клинички чекор, туку од синергијата на сите фази: механичко оформување, хемиска деконтаминација, активација на раствори, оптурација и коронарна реставрација.[78-80] *Ricucci* и *Siqueira* дополнително укажуваат дека биофилмот често преживува дури и по агресивна обработка, што го нагласува значењето на ултразвучната активација.[81]

Современите истражувања дополнително го продлабочуваат разбирањето на динамиката на микробиолошкото преживување во апикалниот регион, каде што биофилмот често е заштитен од хемиската интервенција поради ограниченият проток на растворот. *Urban* и соработниците, користејќи *CLSM*, покажуваат дека ултразвучната активација создава поинтензивни микроагитациски ефекти во споредба со *sonic* системите, овозможувајќи длабока пенетрација на *NaOCl* во тубулите.[82]
Овие резултати се преклопуваат со работата на *De Gregorio*, кој демонстрира дека дури и краткотрајната ултразвучна активација значајно ја подобрува способноста на *EDTA* да ја отстрани неорганската компонента.[83]

Ribeiro и соработниците дополнително објаснуваат дека волуменот на растворот и насоката на протокот се подеднакво важни како и самата концентрација.[84]
Овие параметри често се потценети во клиничката практика, особено во случаите каде што иригацијата се изведува со ограничено количество раствор или со ниска брзина на проток, што го намалува ефектот на хемиската деконтаминација. *Boutsioukis* истакнува дека дизајнот на иглата кај традиционалните иригациони техники може да создава „мртви зони“ во коишто растворот циркулира слабо или воопшто не навлегува.[85]

Во однос на хемиските интеракции, *Tartari* покажува дека *NaOCl* демонстрира поголема стабилност кога се користи во поголем волумен и кога се минимизира контактот со метални инструменти.[86] Овие резултати добиваат засилена поддршка од *Azim* и соработниците, кои ги истражуваат својствата на активираните раствори и нивната способност за длабока пенетрација во тубулите, при што се забележува подобра ефикасност во споредба со класичните раствори.[87] Овие хемиски подобрувања ја подигнуваат важноста на прецизно насочените протоколи што го земаат предвид не само изборот на раствори, туку и нивната интеракција со каналната морфологија.

Во областа на оптурацијата, значајно место заземаат студиите што ја споредуваат традиционалната техника на топла вертикална кондензација со единичната гутаперка и со

современите биокерамички системи. *Marciano* и соработниците, користејќи *micro-CT* со висока резолуција, утврдуваат дека техниките со термопластична гутаперка обезбедуваат најмала волуменска празнина, особено во апикалната третина.[88]

Овие резултати се компатибилни со класичните наоди на *Schilder*, но со мошне повисока прецизност во мерењето.[33]

Celikten и соработниците дополнително покажуваат дека биокерамичките силери го намалуваат јазот меѓу различните техники, но сепак не ја елиминираат супериорноста на топлата вертикална кондензација во сложени анатомии.[89]

Zhang, *Jafari* и соработниците покажуваат дека биокерамичките материјали, иако демонстрираат биолошки супериорни својства, можат да бидат чувствителни на влажност во коронарниот дел, што ја нагласува потребата од беспрекорна коронарна реставрација по третманот.[90-91]

Ваквите резултати се совпаѓаат со долгогодишните сознанија на *Ray* и *Trope*, кои истакнаа дека квалитетот на коронарната реставрација може да биде исто толку значаен како и самата оптурација.[71]

Во поглед на клиничките исходи, голем број долгорочни студии обезбедуваат конзистентни докази дека успешноста на ендодонтскиот третман лежи токму во синергијата на сите клинички чекори. *Friedman* истакнува дека успешноста варира помеѓу 72% и 95%, но само кога сите фази на механичка подготовка, хемиска дезинфекција, активација и оптурација се изведени со висок степен на техничка прецизност.[92]

Смислата на оваа синергија уште повеќе ја зајакнува анализата на *Ng* и соработниците, кои идентификуваат дека апикалната и коронарната микропропустливост се двата најсилни предиктори на неуспех.[93]

Еден од најзначајните придонеси во современата литература е фокусот врз биолошките бариери на заздравувањето. *Ricucci* и *Siqueira* демонстрираат дека присуството на биофилм во латералните проширувања може да го одложи или целосно да го спречи заздравувањето, дури и кога апикалната оптурација е технички идеална.[94]

Nair го потврдува ова, наведувајќи дека неуспесите најчесто не се резултат на техничка грешка, туку на биолошки фактори што ја надминуваат способноста на третманот да го елиминира микроорганизмот.[95]

Интересен аспект во литературата е прашањето за времетраењето на дезинфекцијата. *Mancini* и соработниците покажуваат дека продолжената експозиција на *NaOCl* е ефикасна само до одредена граница, по што ефектот стагнира без активација.[96] *Yamada* и соработниците демонстрираат дека комбинацијата *NaOCl-EDTA-NaOCl* во точен редослед создава максимална органска и неорганска деконтаминација.[97]
Овој протокол, комбиниран со активација, сè почесто се смета за „оптимален тростепен пристап".

Од технички аспект, *West* нагласува дека правилната анатомска подготовка е предуслов за секоја успешна иригација.[98]
Недоволната инструментална експанзија ја намалува циркулацијата на растворот, додека прекумерната експанзија го зголемува ризикот од апикална екструзија. *Guo* и соработниците дополнително покажуваат дека обликот и големината на апикалната конструкција се директно поврзани со степенот на микропропустливост.[99]

Во однос на коронарната микропропустливост, *Sauro* и соработниците, покажуваат дека неквалитетната атхезија на реставративниот материјал може да доведе до нарушување на ендодонтската оптурација. [100]
Овие резултати се компатибилни со наодите на *Timpawat* и соработниците, коишто покажуваат дека коронарната инфилтрација често е поопасна од апикалната, поради постојаниот микробиолошки товар во оралната средина.[101]
Конечно, мета-анализите на *Manfredi* и соработниците и *Gutmann* нагласуваат дека успешноста на третманот зависи не само од применетите техники, туку и од индивидуалните биолошки варијабли на пациентот, како имунолошкиот одговор, вирулентноста на микробиолошката флора и брзината на ткивната регенерација.[80,102]
Овие фактори често остануваат надвор од контролата на клиничарот, што уште повеќе ја потенцира важноста на максимално оптимизираната техника.
Систематскиот преглед на Sathorn и соработниците покажува дека квалитетот на изведената оптурација има поголемо влијание врз исходот од третманот отколку самиот број на сеанси.[103]

Современите истражувања дополнително ја зацврстуваат перцепцијата дека ендодонтската терапија не може да се третира како низа од поединечни технички чекори,

туку како континуум на меѓусебно зависни биолошки и механички процеси. Особено интересно е што најновите докази укажуваат дека микроорганизмите што преживуваат по примарната дезинфекција не се случајни, туку претставуваат селектирани соеви со зголемена отпорност. *Fouad* посочува дека токму оваа микробиолошка резилиентност го објаснува неуспехот кај клинички солидно изведените третмани, каде сè уште опстојуваат микробни колонии, лоцирани длабоко во латералните проширувања или апикалните делти.[104]

Rôças и *Siqueira* дополнително покажуваат дека биофилмот се развива во слоеви со висока клеточна координација, што ги прави колониите отпорни дури и на високи концентрации на *NaOCl*.[105]

Овие резултати се совпаѓаат со наодите на *Distel* и соработниците, кои откриваат дека некои бактериски групи можат да навлезат до значајна длабочина во дентиналната матрица, што укажува дека традиционалната хемиска пенетрација често не е доволна за целосна елиминација.[19]
Овие биолошки механизми ја нагласуваат важноста на оптимизирана хемиска иригација.[106] *Gomes* покажува дека *NaOCl* останува најмоќниот хемиски агенс, но неговата активност е силно зависна од *pH*, свежината на растворите и присуството на органски материи во каналот.[107]

Souza-Filho додава дека загреаниот *NaOCl* создава поинтензивни органолитички реакции, зголемувајќи ја неговата моќ за дезинфекција.[108]

Во доменот на хелатирачките агенси, *De-Deus* истакнува дека *EDTA*, иако неопходен раствор, може да доведе до ерозија кога е изложен премногу долго на дентиналните ѕидови.[109]

Овие резултати ја нагласуваат потребата од внимателен протокол и соодветна секвенца. *Stojicic* и соработниците ги испитуваат алтернативите како *HEDP* и *QMix* и покажуваат дека овие агенси овозможуваат порамномерно хелирање со минимална ерозија, што може да биде значајно при оптурација со биокерамички материјали.[110]

Во поглед на активацијата, ултразвучната кавитација останува најистражуван и најподдржан метод. *Walmsley* и *Ahmad* ги опишуваат микромеханичките процеси како

„microstreaming“ и „microcavitation“, коишто овозможуваат дезинфекција на делови што се недостапни за механичките инструменти.[111-112]

Macedo и соработниците посочуваат дека *PUI* има највисока стапка на нарушување на биофилмот во апикалната трета, што се совпаѓа со клиничките потреби.[113]

Sonic системите, иако технички поедноставни, остануваат инфериорни во споредба со ултразвукот. *Khaord* покажува дека нивната фреквенција не може да генерира доволно хидродинамички притисок за да ги наруши зрнестите биофилмски структури.[114]

Paragliola и соработниците ја истражуваат активацијата со негативен притисок и откриваат дека ваквите системи обезбедуваат исклучителна апикална безбедност, но не секогаш ја постигнуваат потребната биолошка длабочина на дезинфекцијата.[115]

Оптурацијата како завршен чекор ја носи истата комплексност. *Brothman* истакнува дека термопластичната гутаперка во комбинација со вертикален притисок обезбедува најдобра адаптација на материјалот кон анатомските неправилности.[116]

Balguerie соработниците покажуваат дека топлата вертикална техника овозможува најдобра пополнетост во латералните проширувања.[117] Овие резултати се надополнуваат со *Caliskan* и соработниците, кои покажуваат дека единичниот конус може да даде добар резултат само во анатомии со минимални варијации.[118]

Camilleri и *Zhang* се меѓу авторите кои ја нагласуваат важноста на биокерамичките материјали, коишто поради нивната хидратациска хемија создаваат постабилна врска со дентиналната матрица.[119-120]

Gandolfi и *Prati* откриваат дека биокерамичките сеалери имаат не само подобра херметичност, туку и биолошка интеракција што го олеснува заздравувањето.[121]

Во поглед на долгорочната стабилност, *Schäfer*, *Atmeh* и соработниците нагласуваат дека микропропустливоста останува најсилниот клинички индикатор.[122-123]

Присуството на празнини, дури и микроскопски, може да создаде патеки за реинфекција. *Gillen* и соработниците покажуваат дека коронарната реставрација има

директно влијание врз стабилноста на третманот, истакнувајќи дека недоволно запечатени реставрации се најчест фактор за неуспех.[69,124]

Hommez и соработниците откриваат дека коронарната инфилтрација игра најголема улога во повторното активирање на апикалниот процес.[125]

Овој наод е поддржан од *Heling* и соработниците, кои покажуваат дека дури и минимално количество течност може да навлезе во каналниот систем во текот на неколку недели.[126]

Важен аспект е и влијанието на чувањето на забите помеѓу сеансите. *Olcay* и соработниците покажуваат дека експозицијата на каналот кон оралната средина, дури и за кратко време, доведува до драматично зголемување на микропропустливоста.[127]

Smith дополнува дека апикалната бариера може да се компромитира ако коронарниот дел остане отворен или недоволно заштитен.[128]

Од биолошка перспектива, *Ricucci* и *Siqueira* покажуваат дека успешно заздравување е директно поврзано со елиминацијата на микробиолошкиот товар.[129] *Pinheiro* и соработниците откриваат дека квалитетот на оптурацијата е втор најважен фактор по дезинфекцијата.[130] *Bürklein* и *Schäfer* нагласуваат дека обликувањето на каналот мора да биде прецизно, за да се овозможи циркулација на растворот и правилна адаптација на материјалот.[131]

Guo, ElAyouti и соработниците покажуваат дека апикалната констрикција мора да се зачува за да се намали ризикот од екструзија. [99,132] *Bergenholtz*, *Imura* и *Fransson* демонстрираат дека клиничкиот исход е комбинација на биолошки и технички фактори, а не само на една клиничка фаза.[133-135]

Најновите мета-анализи, како оние на *Wang*, *Patel*, *Penesis* и соработниците, истакнуваат дека успехот е најголем кога третманот вклучува: оптимизирана иригација, активирани раствори, прецизна оптурација и квалитетна коронарна реставрација.[136-138]

Сумирано, современата литература укажува дека максимално ефективниот ендодонтски третман мора да комбинира: механичка подготовка со внимателно оформена анатомија; хемиска иригација во оптимизирана секвенца; ултразвучно активирани

раствори и херметичка оптурација со материјали со висока биокомпатибилност. Таквиот интегриран пристап ја минимизира микропропустливоста, ја намалува веројатноста за реинфекција и обезбедува најдобри долгорочни клинички резултати.

Сумирањето на сите релевантни научни сознанија покажува дека ендодонтскиот третман претставува комплексна биолошко-техничка интеракција во којашто ниту една процедура не може да гарантира успех доколку се изведува изолирано. Анатомската варијабилност на коренскиот систем, отпорноста на организираните биофилмски структури, ограничувањата на механичката подготовка и чувствителноста на хемиските раствори бараат интегриран, прецизно координиран пристап кон терапијата.

Современата литература ја истакнува ултразвучната активација како особено значаен напредок, бидејќи овозможува длабока пенетрација на иригансите и нарушување на биофилмот во области што остануваат недостапни за инструментите. Паралелно, изборот на оптурациска техника има суштинско влијание врз финалниот степен на микропропустливост. Иако биокерамичките материјали и напредните системи со единичен конус покажуваат значаен потенцијал, најголемиот дел од студиите доследно ја поддржуваат супериорноста на термопластичните техники, особено во анатомски сложени канали.

Во оваа рамка, коронарната реставрација не смее да се потцени, бидејќи нејзиниот интегритет доминантно го определува долгорочниот исход. Кога се разгледуваат сите проучени аспекти, станува јасно дека долготрајниот успех на ендодонтскиот третман зависи од синергијата на четирите клучни процеси:

(1) Адекватно механичко оформување;
(2) Оптимизирана хемиска дезинфекција;
(3) Активација на иригансите;
(4) Херметичка, тродимензионална оптурација.

Само комбинирањето на овие елементи може да го минимизира микробниот товар, да ја редуцира апикалната и коронарната микропропустливост и да овозможи стабилно регенеративно микросредиште во периапикалните ткива. Овие сознанија ја оправдуваат потребата од систематско лабораториско истражување, какво што се спроведува во оваа докторска дисертација, со цел да се утврди која специфична комбинација на иригациони

протоколи и техники на оптурација нуди највисока клиничка предвидливост и најдобро долгорочно запечатување на коренскиот канал.

Цели на трудот

Оваа студија имаше за цел да го оцени влијанието на протоколот на иригација врз апикална и коронарна микропропустливост кај заби, оптурирани со различни техники на оптурација, со користење светлосен микроскоп**.**Недостиготот на научни податоци за влијанието на протоколот на иригација во комбинација со различните техники на канална оптурација врз микропропустливоста ја наметнува потребата од ова истражување.

Оттука, целите на оваа докторска дисертација се:

- Да се процени појавата на апикална и коронарна микропропустливост кај заби, оптурирани со техника на топла вертикална кондензација на гутаперка, при примена на протокол на иригација со 2,5% NaOCl и 17% *EDTA*, активирани со ултразвучна активација.
- Да се процени појавата на апикална и коронарна микропропустливост кај заби, оптурирани со техника на единична гутаперка, при примена на протокол на иригација со 2,5% *NaOCl* и 17% *EDTA*, активирани со ултразвучна активација.
- Да се процени појавата на апикална и коронарна микропропустливост кај заби, оптурирани со техника на топла вертикална кондензација на гутаперка при примена само на 2,5% *NaOCl*, активиран со ултразвучна активација како средство за иригација на коренските канали.
- Да се процени појавата на микропропустливост кај заби, оптурирани со техника на единична гутаперка, при примена само на 2,5% *NaOCl*, активиран со ултразвучна активација како средство за иригација на коренските канали.
- Да се процени појавата на апикална и коронарна микропропустливост кај заби, оптурирани со техника на топла вертикална кондензација на гутаперка, при примена на 2,5% *NaOCl* и 17% *EDTA* како средство за иригација на коренските канали.
- Да се процени појавата на апикална микропропустливост кај заби, оптурирани со техника на единична гутаперка при примена на 2,5% *NaOCl* и 17% *EDTA* како средство за иригација на коренските канали.
- Да се утврди дали постои корелација помеѓу протоколот на иригација и апикалната и коронарната микропропустливост кај заби, оптурирани со различни техники на оптурација.

3. ОБРАЗЛОЖЕНИЕ НА РАБОТНИТЕ ХИПОТЕЗИ И ТЕЗИ

Во согласност со целите на истражувањето, проектирани се следните хипотези, коишто ќе бидат потврдени или отфрлени:

- Нулта хипотеза (H_0):

Не постои статистички значајна разлика меѓу различните иригациони протоколи во однос на апикалната и коронарната микропропустливост кај заби, оптурирани со различни техники на оптурација.

- Алтернативна хипотеза (H_1):

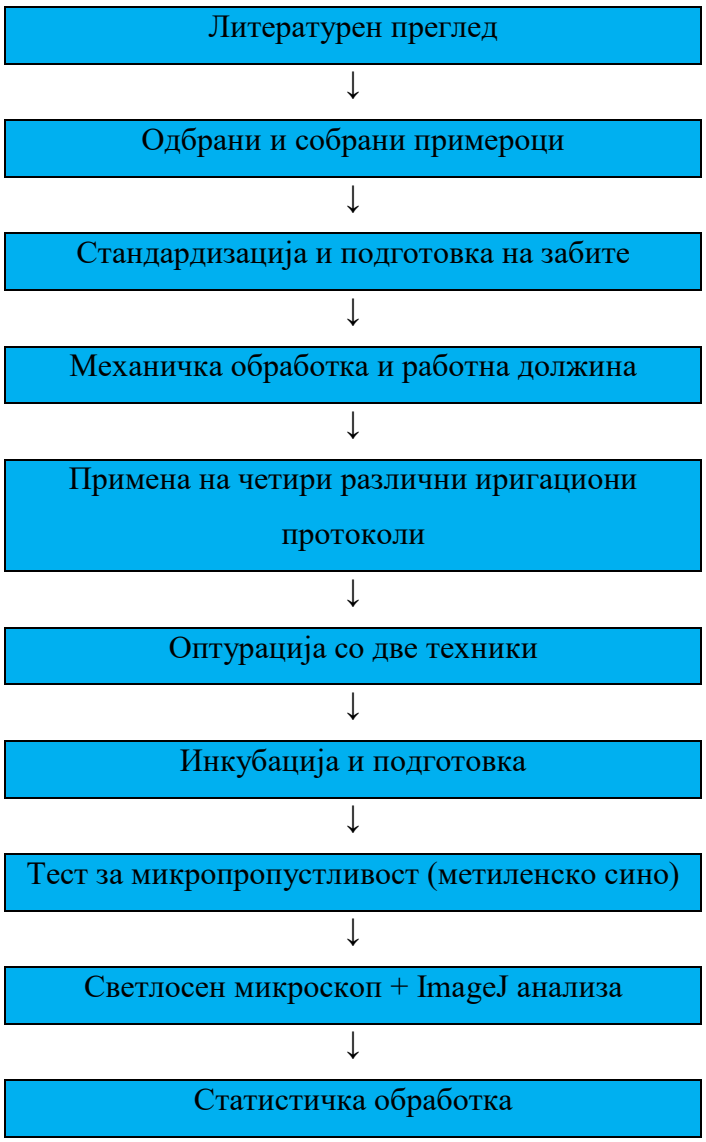
Примената на ултразвучна активација на иригационите раствори доведува до значително намалување на апикалната и коронарната микропропустливост, независно од применетата техника на оптурација.

- Алтернативна хипотеза (H_2):

Техниката на оптурација има значајно влијание врз степенот на апикалната и коронарната микропропустливост кај ендодонтски третираните заби.

4. ПРИМЕНЕТИ НАУЧНИ МЕТОДИ И НАЧИН НА РАБОТА

За реализација на поставените цели, истражувањето беше организирано во четири меѓусебно поврзани методолошки фази: (1) лабораториска подготовка на примероците; (2) микроскопска евалуација; (3) дигитална квантитативна анализа и (4) статистичка обработка на добиените податоци. Оваа методолошка структура овозможи прецизно следење на влијанието на иригационите и оптурациските протоколи врз степенот на микропропустливост (слика 1).



Слика 1. Приказ на развој на методологија

Избор на примероци, подготовка, инструментација

По обезбедувањето на сите неопходни предуслови за реализација на истражувачкиот протокол и по добиеното формално одобрување од Етичкиот комитет при Стоматолошкиот факултет на Универзитетот „Св. Кирил и Методиј“ – Скопје, беше започната реализацијата на истражувањето. Истражувањето беше спроведено во рамките на УКИМ, Стоматолошки факултет – Скопје, Северна Македонија, во периодот од 2023 до 2025 година.

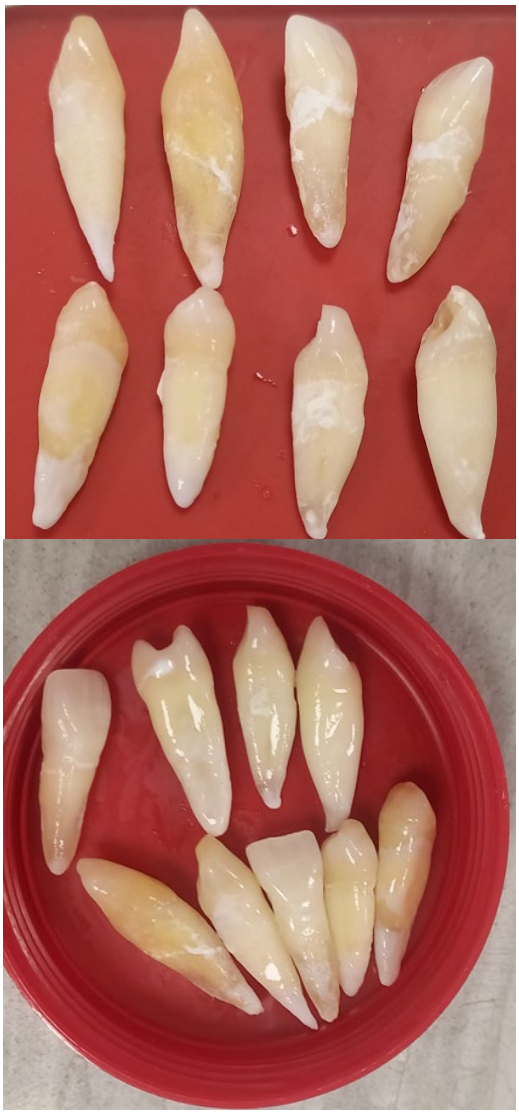
Студијата е дизајнирана како *in vitro* експериментално истражување, со цел да се процени влијанието на четири различни иригациони протоколи врз коронарната и апикалната микропропустливост кај еднокорени заби, оптурирани со две техники на оптурација.

За потребите на физичкиот дел од ова *in vitro* истражување се користеа 112 хумани еднокорени заби со прави корени, екстрахирани исклучиво од ортодонтски и пародонтолошки индикации, со цел да се минимизира биолошката варијабилност.
Селекцијата на екстрахираните заби се направи со користење стандардизирани инклузиони и ексклузиони критериуми.

Инклузионите критериуми – Трајни еднокорени екстрахирани заби со релативно прави корени, нормална анатомска коренска морфологија, со слична големина, должина и димензии на забите за секој примерок и целосно затворен апекс.
Во истражувањето беа вклучени трајни еднокорени заби коишто ги исполнуваа следниве услови: коренска анатомија без изразени кривини, морфологија што одговара на нормален анатомски профил, слична должина и димензионална конзистентност меѓу примероците, како и целосно оформен и затворен апикален дел. Со ваквиот избор се обезбеди хомогена група примероци, погодна за стандардизирана лабораториска анализа (слика 2).

Ексклузионите критериуми – Од студијата беа исклучени сите заби што покажуваа какви било структурни или патолошки промени што би можеле да влијаат врз мерењето на микропропустливоста. Во оваа категорија се вбројуваа заби со кариозни оштетувања, претходни реставрации, микропукнатини или коренски фрактури, знаци на

внатрешна или надворешна ресорпција, проширен апикален форамен, како и заби со изразено закривени корени, мултипни канали, калцификати, претходна ендодонтска интервенција или присутни развојни и морфолошки аномалии.



Слика 2. Селекција на забни примероци

По екстракцијата, забите беа внимателно исчистени од сите меки ткива и крвни коагулуми. Потоа беа потопени во 3% *NaOCl* во траење од 24 часа за елиминација на заостанати органски материи, а по деконтаминацијата беа складирани во дестилирана вода на $4 \pm 4°C$ до почетокот на експериментот.

Поделба на примероците на групи и подгрупи

Забите беа рандомизирано распределени во 4 групи (n=28) според употребениот иригационен протокол (слика 3):

Група 1: 2,5% *NaOCl* + 17% *EDTA* + ултразвучна активација

Група 2: 2,5% *NaOCl* + ултразвучна активација

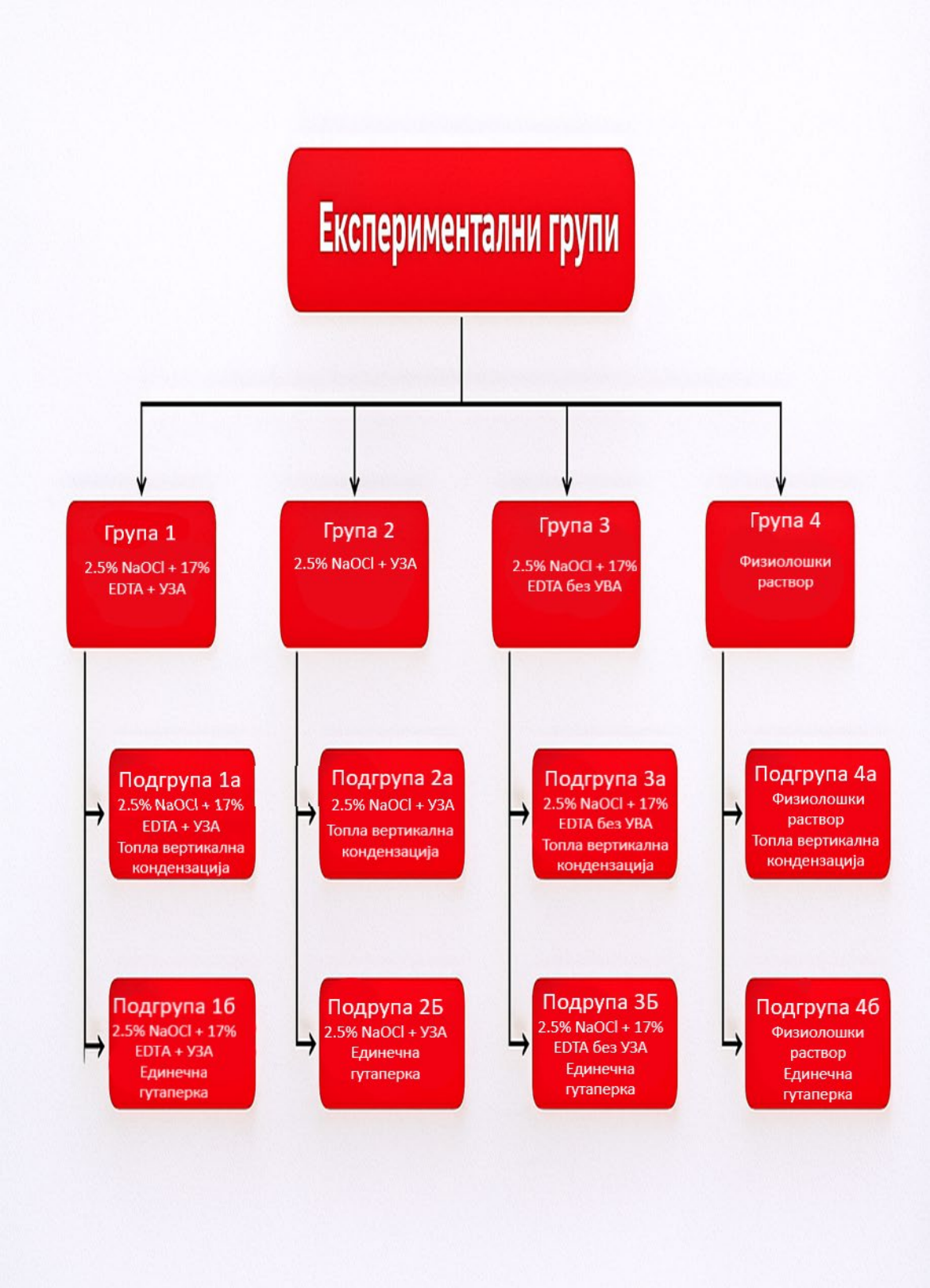
Група 3: 2,5% *NaOCl* + 17% *EDTA* (без активација)

Група 4: Физиолошки раствор (контрола)

Понатаму, секоја група беше поделена на две подгрупи (n=14) според техниката на оптурација:

Подгрупа а – Топла вертикална кондензација на гутаперка

Подгрупа б – Техника на единична гутаперка



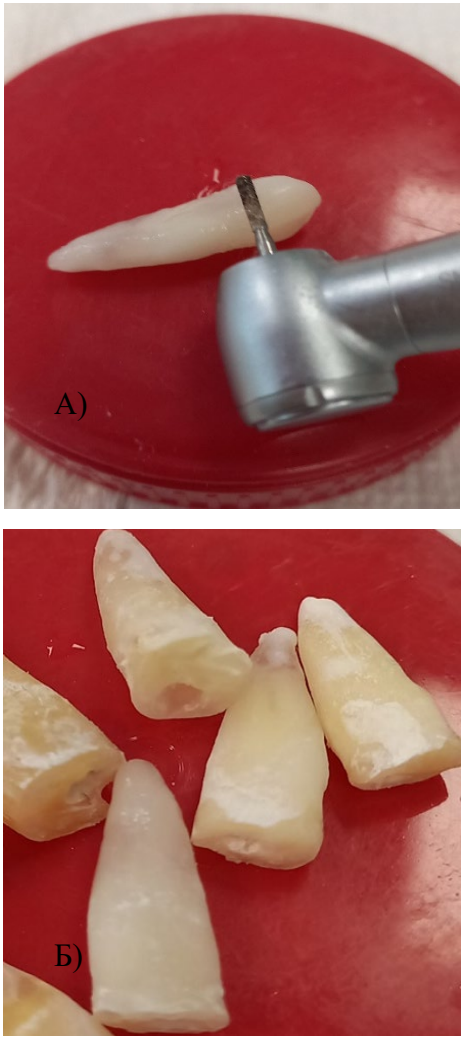
Слика 3. Поделба на примероците на групи и подгрупи

Подготовка на коренскиот канал - инструментална обработка, иригациони протоколи и техники на оптурација

По иницијалната селекција и чистење на примероците, кај секој заб беше внимателно отстранета короната.

Отстранувањето се изведе со попречно сечење на нивото, потребно за стандардизација на должината, со цел да се добие единичен корен со должина од 14 *mm*. Овој чекор овозможи создавање хомоген примерочен материјал и прецизна контрола на експерименталните услови (слика 4).

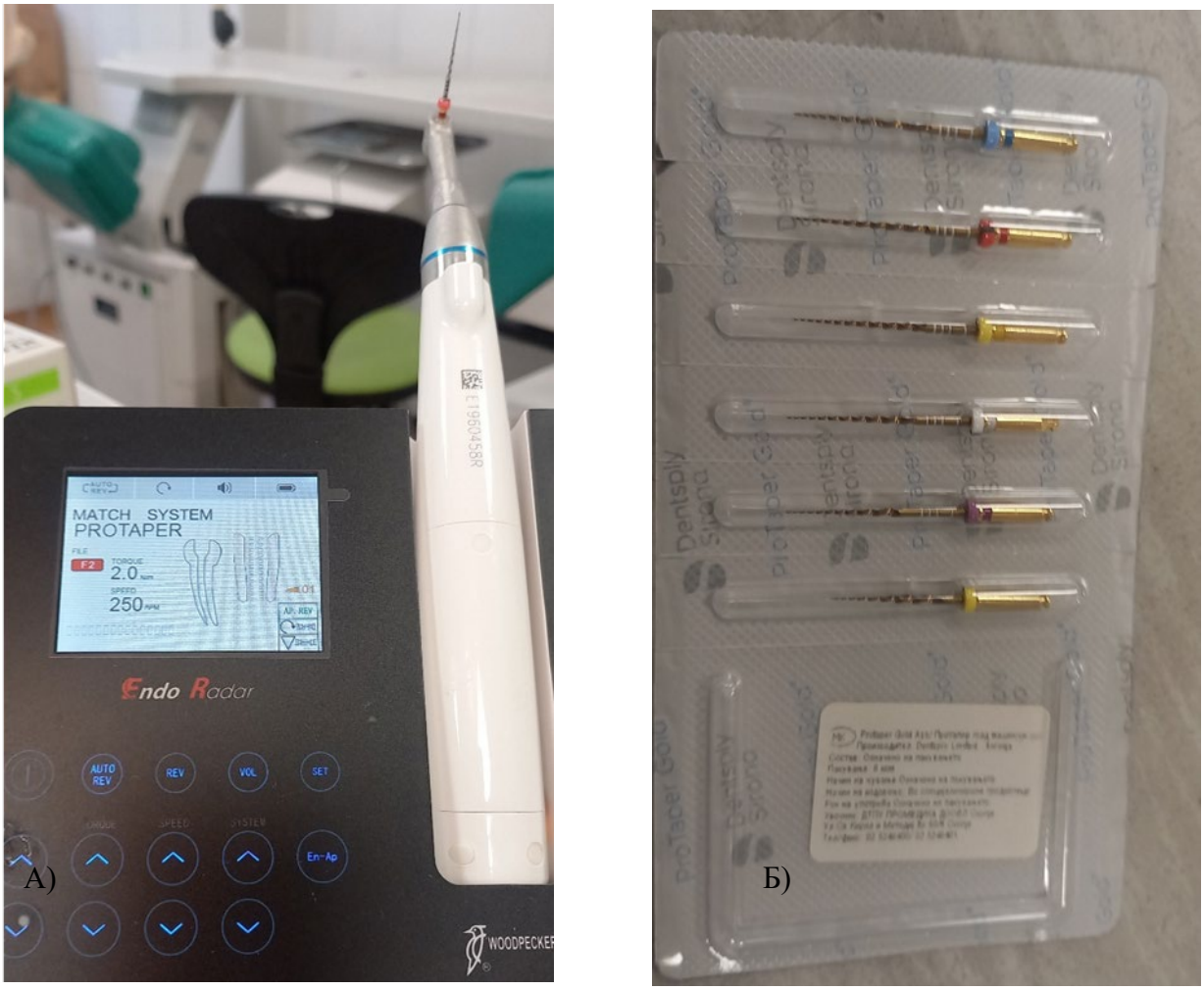
Работната должина беше одредена со вметнување #10 *K-instrument* (Dentsply Maillefer, Швајцарија), сè до појава на апикалниот форамен, по што се одзема 1 *mm*.



Слика 4. А) Декоронирање и Б) Декоронирани примероци

Механичката подготовка на коренските канали беше изведена со примена на ротациониот никел-титаниумски систем *ProTaper Universal* (Dentsply Sirona), согласно

стандардизираниот коронарно-апикален пристап за оформување на каналите. За движењето и контрола на инструментите беше користен ендодонтскиот мотор *Endo Radar* (Woodpecker, Кина), поставен во режим *MATCH SYSTEM PROTAPER*, што овозможува автоматско усогласување на параметрите со карактеристиките на системот *ProTaper Universal*. Ротацијата се изведуваше со брзина од 250 *rpm* и *torque* од 2.0 *N·cm*, во согласност со препораките на производителот (слика 5).



Слика 5. А) Користен ендомотор и Б) Сет на ендодонтски инструменти за механичка подготовка

Подготовката се одвиваше постепено и секвенцијално, при што секој инструмент од серијата беше применет според неговата намена и препорачан редослед, сè додека не се постигна финалната работна големина *F2*. Овој калибар се смета за клинички соодветен завршен дијаметар кај еднокорени заби со релативно прав канал и обезбедува оптимален баланс помеѓу адекватно оформување и зачувување на коренската структура. Овој пристап овозможи контролирано проширување на каналот, одржување на оригиналната

анатомска кривина и создавање конусно оформена геометрија, погодна за ефикасна иригација и оптурација.

По секоја инструментална процедура, каналите беа иригирани со 5 *ml* од соодветниот иригационен раствор, во зависност од групата (слика 6).



Слика 6. Материјали за иригација

А) NaOCl; Б) EDTA; В) Физиолошки раствор

Група 1 - 2,5% *NaOCl* + 17% *EDTA* со ултразвучна активација

Во оваа група беше применет протокол што е во согласност со современите стандарди за хемиско-механичка подготовка на коренските канали. За време на целата инструментална обработка се користеше 2,5% *NaOCl CHLORAXID EXTRA* (CERKAMED, Polska), со што се обезбедуваше континуиран контакт на растворот со дентинските ѕидови. По завршувањето на механичката подготовка, се изврши финална иригација со 17% *EDTA* (DiaPrep Pro 17%, DiaDent, Seoul, Korea) во траење од 1 минута, што е

препорачан временски интервал за ефикасно отстранување на неорганската компонента на *smear layer*-от .

Веднаш потоа следуваше завршна иригација со *NaOCl*, со цел да се разгради органскиот дел на слојот, согласно добро документираните препораки во литературата. Протоколот продолжи со ултразвучна активација на растворот со *Ultra X Cordless Ultrasonic Activator* (Eighteeth, China), со употреба на *Blue Tip* (25/.04), поставен околу 2 *mm* од работната должина (слика 7). Активацијата се изведе во три циклуса по 30 секунди, без контакт со ѕидовите на каналот, со што се овозможи создавање турбуленции и подобра пенетрација во латералните канали, истмусите и длабоките дентински тубули.



Слика 7. Ендоактиватор

Група 2 - 2,5% *NaOCl* со ултразвучна активација

Во оваа група беше оценуван ефектот од механичката активација врз единичен активен ириганс, *NaOCl*. Во текот на механичката обработка се применуваше 2,5% *NaOCl*, а по завршувањето на инструменталната подготовка беше извршена финална иригација со истиот раствор.

Активацијата се изведе со истиот уред (Ultra X) и со истите параметри како во Група 1 (3 × 30 секунди). Овој протокол овозможува чисто проценување на ултразвучниот ефект врз динамиката на *NaOCl*, без хемиски влијанија од хелатни агенси. Така се овозможува споредба на механичката улога на активацијата во однос на пасивната иригација.

Група 3 - 2,5% *NaOCl* + 17% *EDTA* (без активација)

Овој протокол претставува класичен пасивен пристап кон иригацијата. Во текот на инструменталната подготовка се користеше 2,5% *NaOCl*, по што следуваше финална иригација со 17% *EDTA* во траење од 1 минута. Потоа се применуваше последна иригација со *NaOCl*, што е стандарден чекор за елиминација на преостанатите органски компоненти и за максимално намалување на *smear layer*-от.

Во оваа група не се применуваше никаков вид механичка активација, што овозможува процена на ефектот на чисто хемиската иригација во споредба со активираните групи. Овој протокол традиционално се користи како референтен модел во бројни *in vitro* истражувања[53,55].

Група 4 - Физиолошки раствор (контролна група)

Контролната група беше иригирана само со 0,9% *NaCl* (Alkaloid, Skopje, North Macedonia), без употреба на *NaOCl*, *EDTA* или каква било форма на механичка активација. Физиолошкиот раствор беше користен во сите фази од инструменталната подготовка.

Овој протокол служеше за дефинирање на основното ниво на микропропустливост во услови кога нема активна хемиска интеракција со дентинските ѕидови. На тој начин, оваа група овозможува споредба со експерименталните групи и јасно разграничување на ефектите од хемиско-механичките протоколи.

Оптурацијата беше изведена непосредно по завршувањето на иригационите протоколи, при што секој заб беше оптуриран според техниката предвидена за неговата подгрупа

(топла вертикална кондензација или техника на единична гутаперка), следејќи ги стандардизираните услови за изведба.

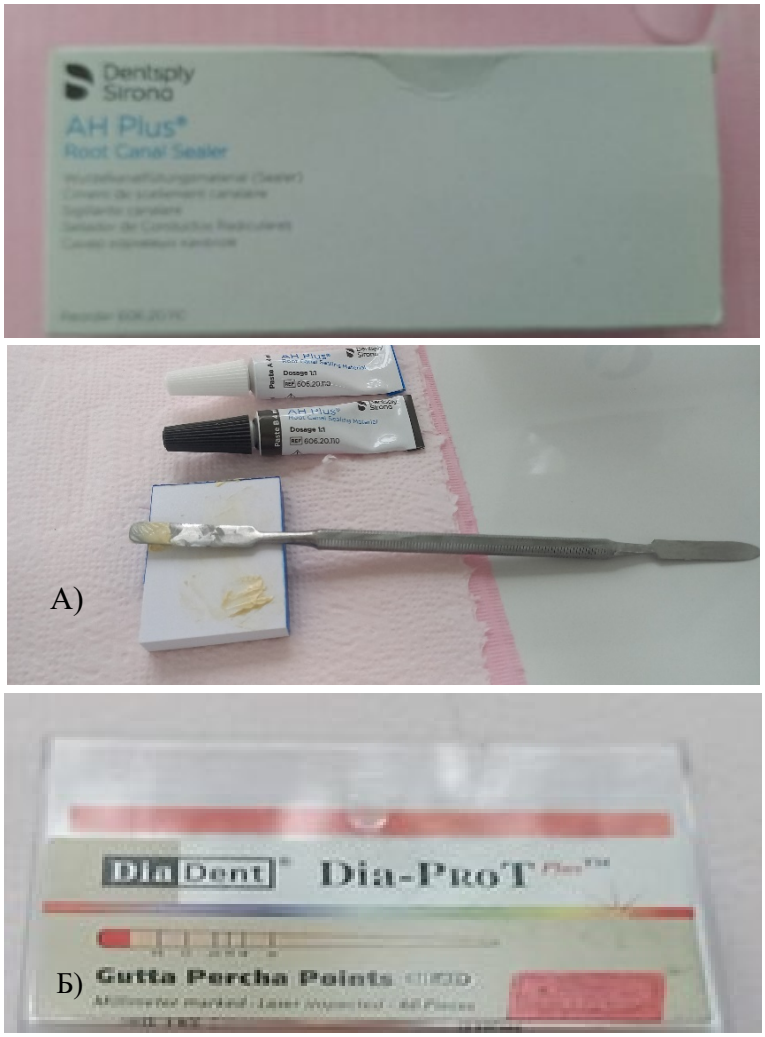
Подгрупа а - Топла вертикална кондензација

Во подгрупата **а**, коренските канали беа оптурирани со техниката на топла вертикална кондензација, применувајќи го системот *Fast Fill/ Fast Pack* (Eighteeth, China) (слика 8) во комбинација со епоксидно-резинскиот силер *AH Plus* (Dentsply Sirona, Konstanz, Germany) (слика 9). Оваа техника овозможува тродимензионално и компактно исполнување на каналот, со контролирана термичка адаптација на гутаперката.



Слика 8. А) Користен апарат за топла вертикална кондензација и Б) *plugger*

По финалното сушење на коренскиот канал со хартиени шилци F2 (DiaDent, South Korea), внатрешните дентински ѕидови беа рамномерно обложени со тенок слој силер *AH Plus* (Dentsply Sirona, Konstanz, Germany), со цел да се овозможи подобра атхезија и да се минимизира ризикот од празнини. Главниот гутаперка конус *F2* (DiaDent Dia-ProT Plus™, South Korea), беше прецизно подготвен: најпрво премачкан со силер по целата должина, а потоа врвот беше скратен за околу 0,5 - 1 *mm* за да се подобри апикалната адаптација и да се избегне евентуална екструзија преку апикалниот форамен. Подготвениот конус беше нежно внесен до работната должина.



Слика 9. Материјали за оптурација
А) *AH Plus*
Б) Гутаперка

Потоа следеше фазата на иницијално термичко омекнување (*downpack*) со инструментот *Fast Pack (*Eighteeth, China), којшто овозможува контролирано спуштање на топлината во апикалниот и средниот сегмент. Омекнатата гутаперка беше веднаш вертикално кондензирана со *plugger* (Dentsply Maillefer, Switzerland), со што се постигна хомогено и стабилно апикално запечатување.

Откако апикалниот сегмент беше кондензиран, се преминуваше кон фазата *backfill*. При ова, коронарниот и средниот дел од каналот беа постепено исполнети со загреана гутаперка оптуратор (DiaDent, South Korea) со помош на *Fast Fill* уредот (Eighteeth, China), којшто екструдира континуирано омекнат материјал под контролирана температура. Секој слој беше дополнително кондензиран со соодветни *plugger*-и (Dentsply

Maillefer, Switzerland) за да се обезбеди компактно исполнување и да се минимизираат можните празнини.

Целиот процес се одвиваше во повеќекратни, континуирани циклуси на омекнување и кондензација, што овозможуваше постепено моделирање, тродимензионална адаптација и стабилно херметичко затворање на коренскиот канал по целата негова должина.

Подгрупа б -Техника на единична гутаперка

Во оваа подгрупа за оптурацијата беше користен главниот гутаперка конус *F2* (DiaDent Dia-ProT Plus™,South Korea), којшто е фабрички калибриран и милиметарски означен, со висока прецизност и конзистентност во димензиите, чијашто големина одговара на последниот инструмент, употребен при механичката подготовка на каналот. Техниката на единична гутаперка е едноставна, репродуцибилна и често користена при корени со релативно прави канали, особено во комбинација со современи или биокерамички силери.

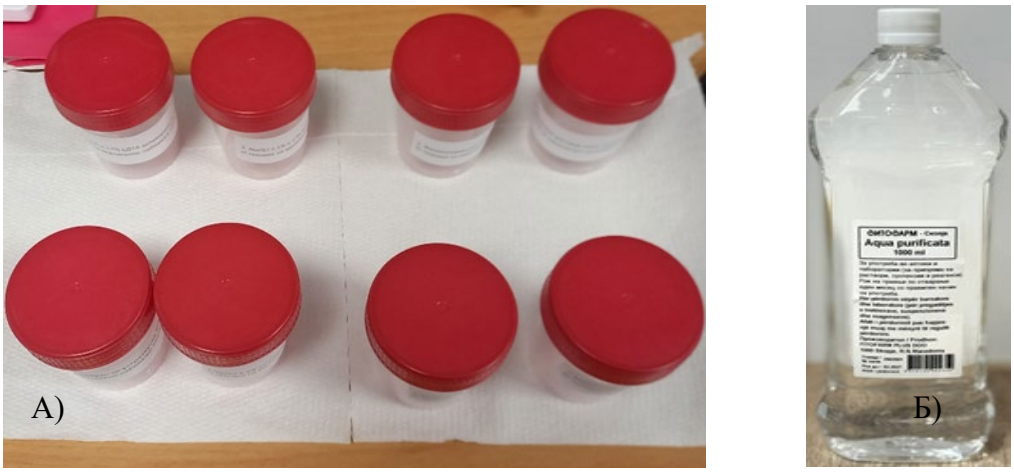
За оптурацијата беше користен епоксиден силер *AH Plus* (Dentsply Sirona, Konstanz, Germany), дводелен материјал чијашто ниска растворливост и долгото време на врзување овозможуваат добра адаптација и стабилност на оптурацијата. Материјалот е познат по својата минимална растворливост, стабилност на димензиите и добрата атхезија кон дентинските ѕидови. Пред апликацијата, двата компонента (база и катализатор) беа внимателно измешани до добивање хомогена паста со конзистенција, погодна за апликација.

Апикалниот сегмент од гутаперката беше внимателно обложен со силер, со цел да се овозможи подобар контакт со дентинските ѕидови. Конусот беше внесуван полека и контролирано, сè додека не се достигне претходно утврдената работна должина. По неговото поставување, се вршеше нежно прилагодување на позицијата за да се обезбеди стабилност во апикалниот дел.

По фиксирањето на конусот, коронарниот вишок гутаперка се отстрануваше со загреан инструмент, при што се внимаваше да не се наруши апикалниот дел на оптурацијата. Финалната адаптација коронарно се изведуваше со лесен притисок за да се обезбеди целосна адаптација на материјалот, намалувајќи го ризикот од празнини.

Постоптурациска фаза - Инкубација, изолација со лак, апликација на боја и подготовка на пресечоци

По оптурацијата, сите примероци беа поставени во контролирана влажна средина, поточно во садови со дестилирана вода (Fitofarm, Skopje, North Macedonia), на 37°C, каде што останаа седум дена. Овој период на инкубација беше неопходен за да се овозможи целосно стврднување и стабилизација на материјалот за оптурација (слика 10).



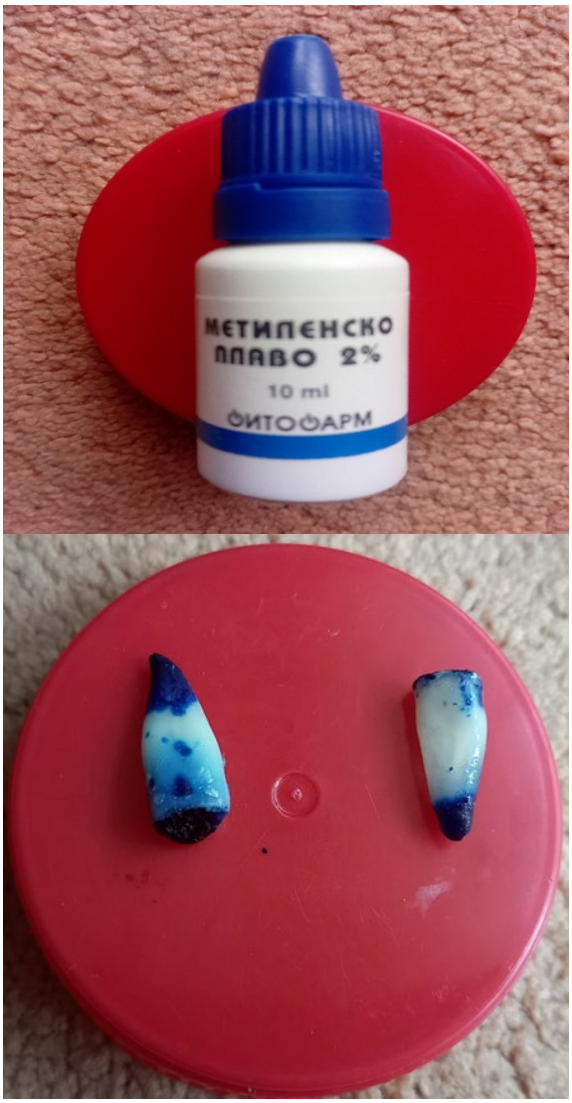
Слика 10. А) Инкубација на примероци во влажна средина и Б) дестилирана вода

По стврднувањето на оптурационият материјал, надворешната површина на коренот беше премачкана со безбоен лак (Golden Rose®, Turkey), оставајќи непокриена зона од 2 *mm* околу апексот (слика 11). Овој чекор има за цел да го минимизира екстракоронарниот продор на бојата и да обезбеди дека единствено апикалната и коронарната зона на интерес ќе бидат подложни на анализата на пенетрацијата.



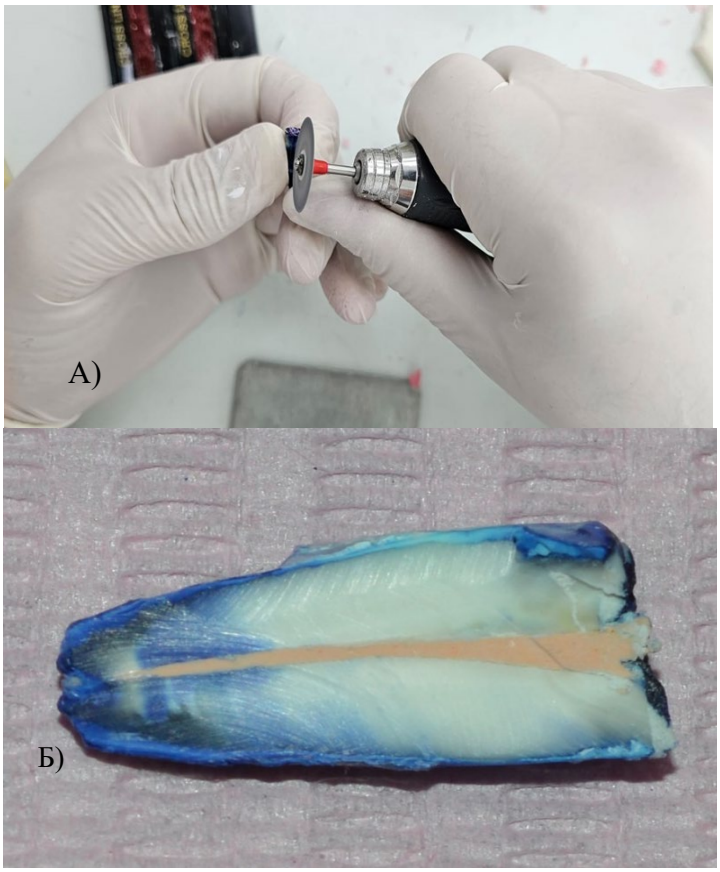
Слика 11. Премачкување на површината на коренот со безбоен лак

Потоа примероците беа потопени во 2% метиленско сино (Fitofarm, Skopje, North Macedonia) за 24 часа, за детекција на микропропустливост (слика 12). Метиленското сино е индикатор со висок молекуларен афинитет кон структурните празнини и микропросторот долж дентинската структура, што овозможува чувствителна детекција на постоечката микропропустливост.



Слика 12. Експонирање на примероците на 2% метиленско сино

По испирање под вода, забите беа надолжно пресечени во буко-лингуална насока со дијамантски сепараciски диск со средно фина гранулација (NTI Kahla GmbH, Germany), погоден за прецизно сечење на денталните структури (слика 13). Секоја половина беше подготвена за мерење на апикалната и коронарната линеарна пенетрација на бојата со светлосна микроскопија, што претставува следната методолошка фаза во истражувањето.



Слика 13. А) Надолжен пресек во буко-лингуална насока; Б) изглед на примерокот

Анализа со светлосен микроскоп и мерење пенетрација на бојата

Примероците беа испитани под светлосен микроскоп при зголемување 10-пати. За потребите на истражувањето беше користен микроскоп *OPTIKA SZ Series* (Optika Microscopes, Italy). Овој модел овозможува стабилно позиционирање на оптичката глава и прецизно прилагодување на работната дистанца, што е особено важно при анализа на линеарната пенетрација на бојата по надолжната оска на коренот (слика 14).

Зголемувањето од 10-пати, коешто беше користено во ова истражување, овозможуваше јасна и контрастна визуелизација на внатрешните структури и точна идентификација на границата на апикалната и коронарната пенетрација на боја. Секоја половина од коренот беше поставена на рамна површина со ориентирана апикална зона, при што визуелната проценка се фокусираше на два сегмента:

- Апикална пенетрација на бојата
- Коронарна пенетрација на бојата

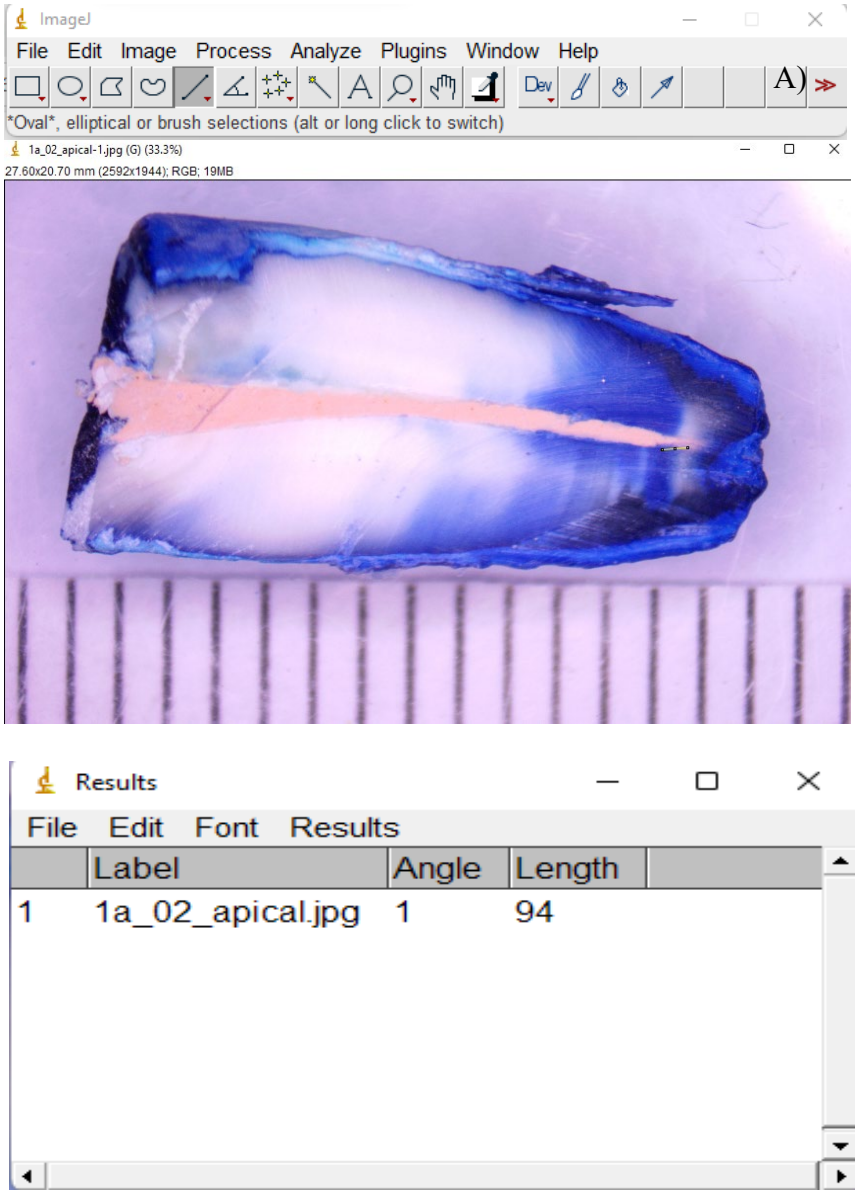


Слика 14. Користен микроскоп за анализа на линеарната пенетрација на бојата

Границата на пенетрација беше идентификувана според јасниот контраст помеѓу обоените и необоените делови на дентинските тубули. Овој метод овозможува линеарно, репродуктивно и квантитативно мерење на микропропустливоста, што го прави соодветен за споредба на различни протоколи на иригација и оптурација.
Добиените микроскопски фотографии беа обработени и анализирани со софтверот *ImageJ* (National Institutes of Health, Bethesda, MD, USA), којшто овозможува калибрирано мерење на линеарната апикална и коронарна пенетрација на метиленското сино. [(139)]

Првиот чекор во анализата беше калибрација на софтверот со користење вградена микрометриска скала, со што се овозможи конверзија на пикселите во реални милиметри. Потоа, со алатката „Straight Line Tool“, беше измерена максималната линеарна должина на пенетрацијата на метиленското сино во апикалниот и коронарниот сегмент на коренскиот канал.

Секое мерење беше автоматски регистрирано во прозорецот „Results“, што овозможи систематско собирање на податоците и нивна понатамошна статистичка обработка.Интерфејсот на *ImageJ* се состои од:
Главно мени со стандардни команди за обработка на слика, алатник за селекција и мерење, прозорец за приказ на слика каде што се врши визуелната анализа и прозорец за резултати каде што се евидентираат нумеричките податоци (слика 15).



Слика 15. Интерфејс на софтверот *ImageJ* користен за мерење на коронарната и апикалната пенетрација на бојата

А) *Menu bar, Tool bar*
Б) *Image window*
В) *Results window*

Овој едноставен, но високофункционален интерфејс овозможува стандардизирани, репродуктивни и статистички валидни мерења на микропропустливоста, што е клучно за научна споредба меѓу различните експериментални групи.

Сите клинички проценки беа извршени од еден калибриран испитувач (Е.Ч.), со цел да се минимизира варијабилноста меѓу испитувачите.

Статистичка обработка

Податоците од истражувањето под назив “Влијанието на протоколот на иригација врз микропропустливоста кај заби оптурирани со различни техники“ беа внесени во посебно за оваа цел контруирана база во Excel, а потоа истите беа обработени во SPSS software package, version 26.0 for Windows. Добиените резултати после обработката беа прикажани табеларно и графички.

Квалитативните параметри беа анализирани преку одредување на коефициент на односи, пропорции и стапки и истите беа прикажани како апсолутни и релативни броеви. Pearson Chi square test беше користен за утврдување на асоцијацијата меѓу одредени атрибутивни дихотомни белези.

За анализата на нумеричките параметри беа користени мерките на централна тенденција (просек, медијана, минимални и максимални вредности и интерактивни рангови), како и со мерките на дисперзија (стандардна девијација и стандардна грешка).

За утврдување на правилноста на дистрибуцијата на фреквенцијата на испитуваните варијабли беше користен Shapiro-Wilk W тест.

За меѓугрупна споредба на два или повеќе независни континуирани и дисконтинуирани нумерички параметри со правилна дистрибуција на фреквенциите беа користени консеквентно Independent t-test и One Way ANOVA test. Два или повеќе нумерички независни параметри со неправилна дистрибуција на фреквенциите беа анализирани со консеквентно Mann Whitney U test и Kruskal-Wallis H test.

За статистичка значајност на добиените резултати користена беше двострана анализа со ниво на сигнификантност од $p<0,05$.

5. ДОБИЕНИ РЕЗУЛТАТИ И НИВНО ЗНАЧЕЊЕ

Студијата "Влијанието на протоколот на иригација врз микропропустливоста кај заби оптурирани со различни техники" претставува проспективно моноцентрично експериментално клиничко истражување спроведено во периодот од 2023 до 2025 година во рамките на УКИМ, Стоматолошки факултет, Скопје, Република Северна Македонија.

Во *in vitro* услови, анализиран беше примерок од 80 еднокорени хумани заби со прави корени, екстрахирани од пародонтолошки или ортодонтски причини. Со примена на метод на прост случаен избор и соглано примена на различни протокола на иригација, еднокорените хумани заби од примерокот беа групирани во 4 групи со по 20 заби и тоа: а) Група 1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со ултразвучна активација; б) Група 2 - 2,5% *NaOCl со* ултразвучна активација; в) Група 3 - 2,5% *NaOCl* + 17% EDTA без ултразвучна активација; и г) Група 4 - физиолошки раствор како контролна група. Дополнително, забите во секоја од четирите групи согласно техниката на оптурација (единечна гутаперка или топла вертикална кондензација на гутаперка) беа поделена во по две подгрупи. Предмет на следење и анализа беше коронарната и апикалната микропропустливост во секоја од групите односно подгрупите на која и припаѓаа еднокорени хумани заби.



График 1. Алгоритам на примерокот

Дистрибуција на примерокот според групи - Согласно целите на истражувањето и поставените критериуми за селекција беше обработен примерок од 112 (100%) еднокорени заби, екстрахирани поради пародонтолошки или ортодонтски причини.

Табела 1. Анализа на примерокот на еднокорени заби според групи

Параметри		
Групи		
Група 1: 2,5% *NaOCl* + 17% EDTA со ултразвучна активација	N	28
	%	25%
Група 2: 2,5% *NaOCl со* ултразвучна активација	N	28
	%	25%
Група 3: 2,5% *NaOCl* + 17% EDTA без ултразвучна активација	N	28
	%	25%
Група 4: физиолошки раствор како контролна група	N	28
	%	25%
Вкупно	N	112
	%	100%
*сигнификантно за p<0,05		

Според направениот третман со соодветен протокол на раствори за иригација, забите од примерокот беа поделиме во четири групи од кои секоја претставуваше 25% од целиот примерок и тоа (Табела 1 и График 2):

а) Група 1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со ултразвучна активација со вкупно N=28 заби;

б) Група 2 - 2,5% *NaOCl со* ултразвучна активација со вкупно N=28 заби;

в) Група 3 - 2,5% *NaOCl* + 17% EDTA без ултразвучна активација со вкупно N=28 заби;

г) Група 4 - физиолошки раствор со вкупно N=28 заби.

Графичкиот приказ на дистрибуцијата на примерокот според четири групи со различен протокол на иригација е дадена на График 2.

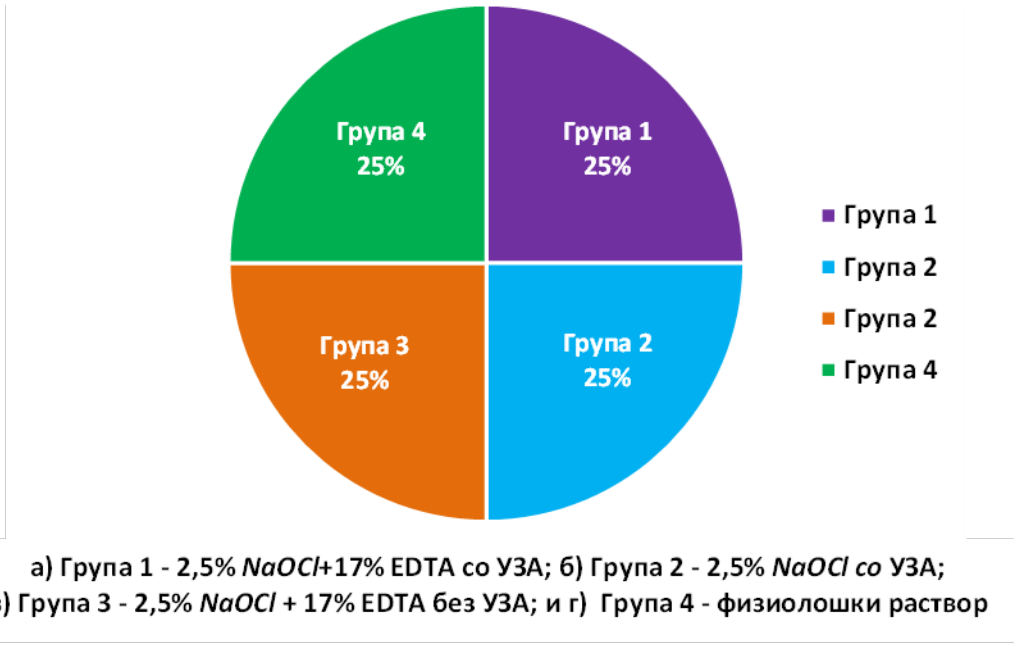


График 2. Дистрибуција на примерокот според групи

Дистрибуција на примерокот според групи/ подгрупи - Секоја од четирите групи добиена после третман со различен протокол на иригација дополнително беше поделена во по две подгрупи зависно од применетата техника на оптурација и тоа: а) топла вертикална кондензација на гутаперка и б) единечна гутаперка (Табела 2).

Вкупно во целиот примерок од 112 (100%) заби, во секоја од 8-те подгрупи на четирите групи имаше еднаков број од по N=14 (12,5%) примероци на заби (Табела 2 и График 3).

Во секоја од четирите групи поединечно примерокот на заби со топла вертикална кондензација на гутаперка како и примерокот на заби со единечна гутаперка беше застапен со по N=14 (50%) (Табела 1-2 и График 2-3).

Табела 2. Анализа на примерокот на еднокорени заби според групи/ подгрупи

Параметри		
Група 1: 2,5% *NaOCl* + 17% EDTA со ултразвучна активација		
Подгрупа 1/1: Група 1 + топла вертикална кондензација на гутаперка	N	14
	%	12,5%
Подгрупа 1/2: Група 1 + единечна гутаперка	N	14
	%	12,5%
Група 2: 2,5% *NaOCl со* ултразвучна активација		
Подгрупа 2/1: Група 2 + топла вертикална кондензација на гутаперка	N	14
	%	12,5%
Подгрупа 2/2: Група 2 + единечна гутаперка	N	14
	%	12,5%
Група 3: 2,5% *NaOCl* + 17% EDTA без ултразвучна активација		
Подгрупа 3/1: Група 3 + топла вертикална кондензација на гутаперка	N	14
	%	12,5%
Подгрупа 3/2: Група 3 + единечна гутаперка	N	14
	%	12,5%
Група 4: физиолошки раствор како контролна група		
Подгрупа 4/1: Група 4 + топла вертикална кондензација на гутаперка	N	14
	%	12,5%
Подгрупа 4/2: Група 4 + единечна гутаперка	N	14
	%	12,5%
Вкупно		
Вкупно	N	112
	%	100%
*сигнификантно за p<0,05		

Поединечно во секоја од четирите групи односно осумте подгрупи беше одредувана коронарна и апикалната микропропустливост изразена во милиметри (мм). Графичкиот приказ на дистрибуцијата на примерокот според осум подгрупи добиени со една од двете техники на оптурација е дадена на График 3.

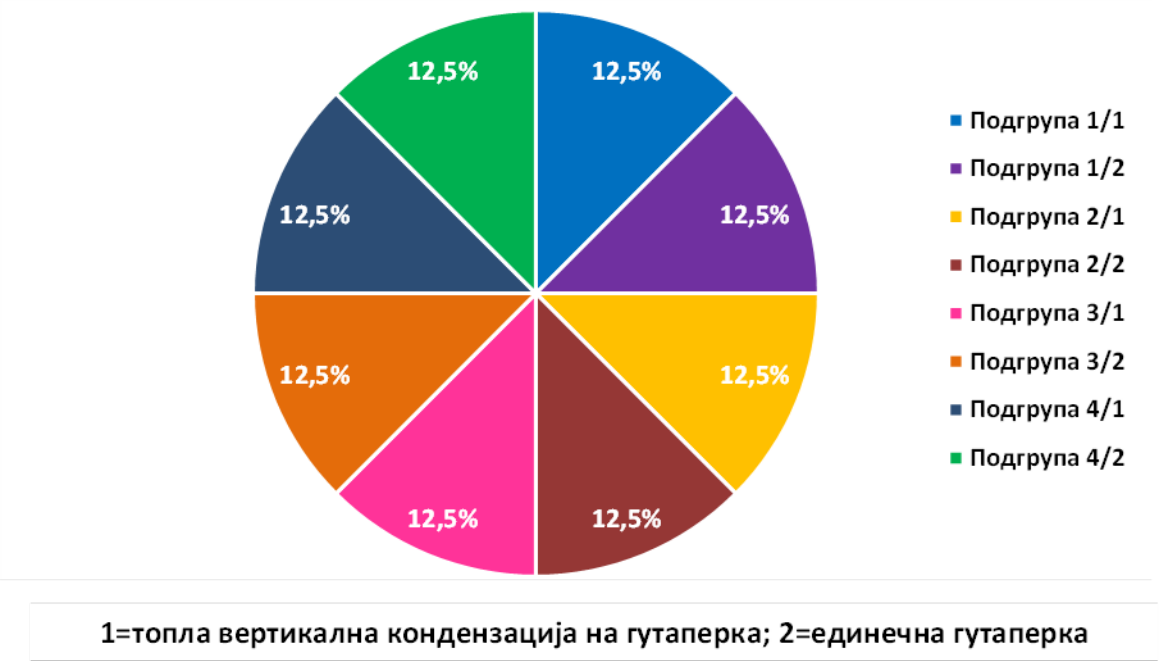


График 3. Дистрибуција на примерокот според групи и подгрупи

Коронарна микропропустливост

Коронарната микропропустливост (мм) беше одредувана во секоја од четирите групи поединечно и тоа во: а) Група 1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со ултразвучна активација; б) Група 2 - 2,5% *NaOCl со* ултразвучна активација; в) Група 3 - 2,5% *NaOCl* + 17% EDTA без ултразвучна активација; и г) Група 4 - физиолошки раствор како контролна група.

Дополнително коронарната микропропустливост беше одредувана и во двете подгрупи во секоја од четирите групи базирани на техника на обтурација на топла вертикална кондензација на гутаперка односно на единечна гутаперка.

Коронарна микропропустливост

Група 1: 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со ултразвучна активација

Анализата на коронарната микропропустливост (мм) беше направена за секој од 28те примероци на еднокорени заби во Група 1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА односно за секој од 14те примероци од двете подгрупи и тоа Подгрупа 1/1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка и Подгрупа 1/2 -2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА + единечна гутаперка (Табела 3).

Анализата за вредностите добиени за коронарната микропропусливост во целиот примерок на Група 1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА укажа на правилна дистрибуција на фреквенциите за Shapiro-Wilk W=0,9728; p=0,6586 (График 4). Согласно утврдената дитрибуција на фреквенциите во понатамошната постапка беа применети соодветни тестови за анализа.

Група 1: 2,5% *NaOCl* + 17% EDTA+УЗА

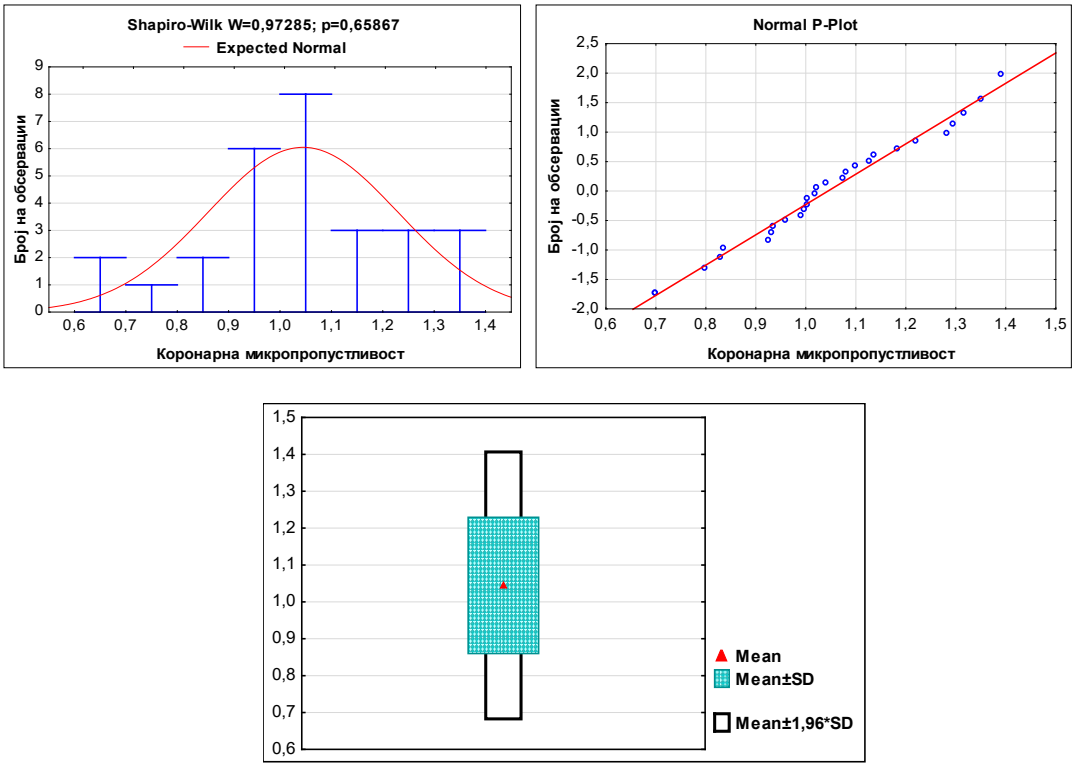


График 4. Коронарна микропропусливост на Група 1: 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА

Група 1 – вкупно: Просечната коронарна микропропусливост на Група 1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА изнесуваше 1,04±0,18мм со мин/мак димензии од 0,70/ 1,39мм. Стандардната грешка на добиената просечна вредност за коронарна микропропустливост изнесуваше 0,035мм за Std. Err of Mean=0,034. Анализата укажа дека 50% од примероците на еднокорени заби во оваа група имаат коронарна микропропусливост ≤1,02мм. Кај 25% од нив, коронарната микропропустливост беше ≤0,93мм односно кај 75% коронарната микропропусливост беше ≤1,16мм за Median (IQR) = 1,02 (0,93-1,16). Коронарна микропропусливост со вредност >1,16мм беше утврдена кај 25% од примероците на еднокорени заби во Група 1 (Табела 3 и График 4).

Табела 3. Коронарна микропропусливост на Група 1 - 2,5% NaOCl+17% EDTA со УЗА и подгрупи

Параметри	Коронарна микропропусливост (мм)						
	N	Mean±SD	Min/ Max	Percentiles			Std. Err of Mean
				25th	50th (Median)	75th	
Група 1: 2,5% *NaOCl* + 17% EDTA со ултразвучна активација							
Група 1	28	1,04±0,18	0,70/ 1,39	0,93	1,02	1,16	0,034
Подгрупи 1/1 и 1/2							
Подгрупа 1/1	14	0,93±0,13	0,70/ 1,09	0,83	0,98	1,02	0,035
Подгрупа 1/2	14	1,16±0,15	0,93/ 1,39	1,02	1,16	1,29	0,041
P	Подгрупа 1/1 vs. 1/2 : T-test$_{(26)}$=-4,317; p=0,0002*						

Подгрупа 1/1 = 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка ;
Подгрупа 1/2 = 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА + единечна гутаперка;
УЗА = ултра звучна активација;
Mean = Просек; SD = Стандардна девијација; Median = Медијана; Min/ Max=Мин/Мак;
Percentiles=Перцентили; Std. Err of mean = Стандардна грешка на просек;
T-test for idependent samples; *сигнификантно за p<0,05

Правилна дистрибуција на фреквенциите во однос на коронарната микропропустливост беше согледана и во двете подгрупи и тоа во: а) Подгрупа 1/1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка за Shapiro-Wilk W=0,9092; p=0,1551; и б) Подгрупа 1/2 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА + единечна гутаперка за Shapiro-Wilk W=0,9483; p=0,5248. Базирано на дитрибиција на фреквенциите во понатамошната анализа беа применети соодветни тестови.

Подгрупа 1/1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА + вертикална кондензација на загреана гутаперка: Просечната коронарна микропропусливост на Подгрупа 1/1 изнесуваше 0,93±0,13мм со мин/мак димензии од 0,70/ 1,09мм. Стандардната грешка на добиената просечна вредност за коронарна микропропустливост изнесуваше 0,035мм за Std. Err of Mean=0,035мм (Табела 3 и График 5).

Кај 50% од примероците на еднокорени заби во подгрупа 1/1 коронарна микропропусливост беше ≤0,98мм за Median (IQR)=0,98 (0,83-1,02). Кај 25% од забите во Подгрупа 1/1/ коронарната микропропустливост беше ≤0,83мм односно кај 75% коронарната микропропусливост беше ≤1,02мм. Коронарна микропропусливост >1,02мм имаше кај 25% од примероците на заби во Подгрупа 1/1 (Табела 3 и График 5).

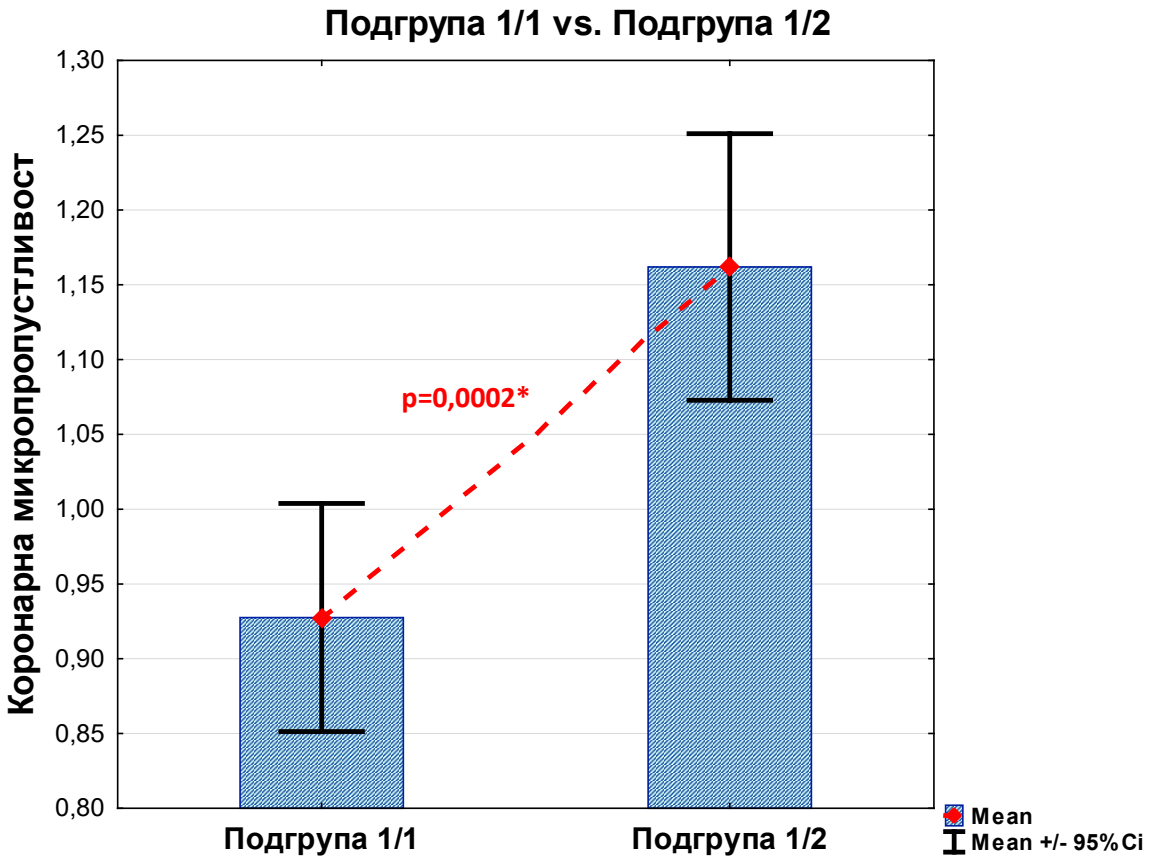


График 5. Споредба на коронарна микропропустливист помеѓу Подгрупа 1/1 vs. Подгрупа 1/2

Подгрупа 1/2 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА + единечна гутаперка:

Просечната коронарна микропропусливост на Подгрупа 1/2 изнесуваше 1,16±0,15мм со мин/мак димензии од 0,93/ 1,39 мм. Стандардната грешка на добиената просечна вредност за коронарна микропропустливост во Подгрупа 1/2 изнесуваше 0,042мм за Std. Err of Mean=0,041мм (Табела 3 и График 5).

Кај 50% еднокорени заби во подгрупа 1/2 коронарната микропропусливост беше ≤1,16мм за Median (IQR)=1,16 (1,02-1,29). Кај 25% од забите во Подгрупа 1/2 коронарната микропропустливост беше ≤1,02мм односно кај 75% од нив истата беше ≤1,29мм за Median (IQR)=1,16 (1,02-1,29). Коронарна микропропусливост >1,29мм имаше кај 25% од примероците на еднокорени заби во Подгрупа 1/2 (Табела 3 и График 5).

Подгрупа 1/1 vs. Подгрупа 1/2: Во Подгрупа 1/1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка утврдена беше сигнификантно помала коронарна микропропустливост (0,93±0,13мм) споредено со Подгрупа 1/2 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА + единечна гутаперка (1,16±0,15мм) за $T\text{-test}_{(26)}$=-4,317; p=0,0002 (Табела 3 и График 5).

Коронарна микропропустливост

Група 2: 2,5% *NaOCl* со ултразвучна активација

Коронарната микропропустливост (мм) беше утврдувана и анализирана за секој од 28те примероци на еднокорени заби во Група 2 - 2,5% *NaOCl* со УЗА односно за секој од 14те примероци од двете подгрупи и тоа Подгрупа 2/1 - 2,5% *NaOCl* со УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка и Подгрупа 2/2 -2,5% *NaOCl* со УЗА + единечна гутаперка (Табела 4).

Анализата за вредностите добиени за коронарната микропропусливост во целиот примерок на Група 2 - 2,5% *NaOCl* со УЗА укажа на правилна дистрибуција на фреквенциите за Shapiro-Wilk W=0,9318; p=0,0684. Графичкиот приказ на дистрибуцијата е даден на График 6.

Согласно утврдената дитрибиција на фреквенциите во понатамошната постапка беа применети соодветни тестови за анализа.

Група 2: 2,5% *NaOCl* +УЗА

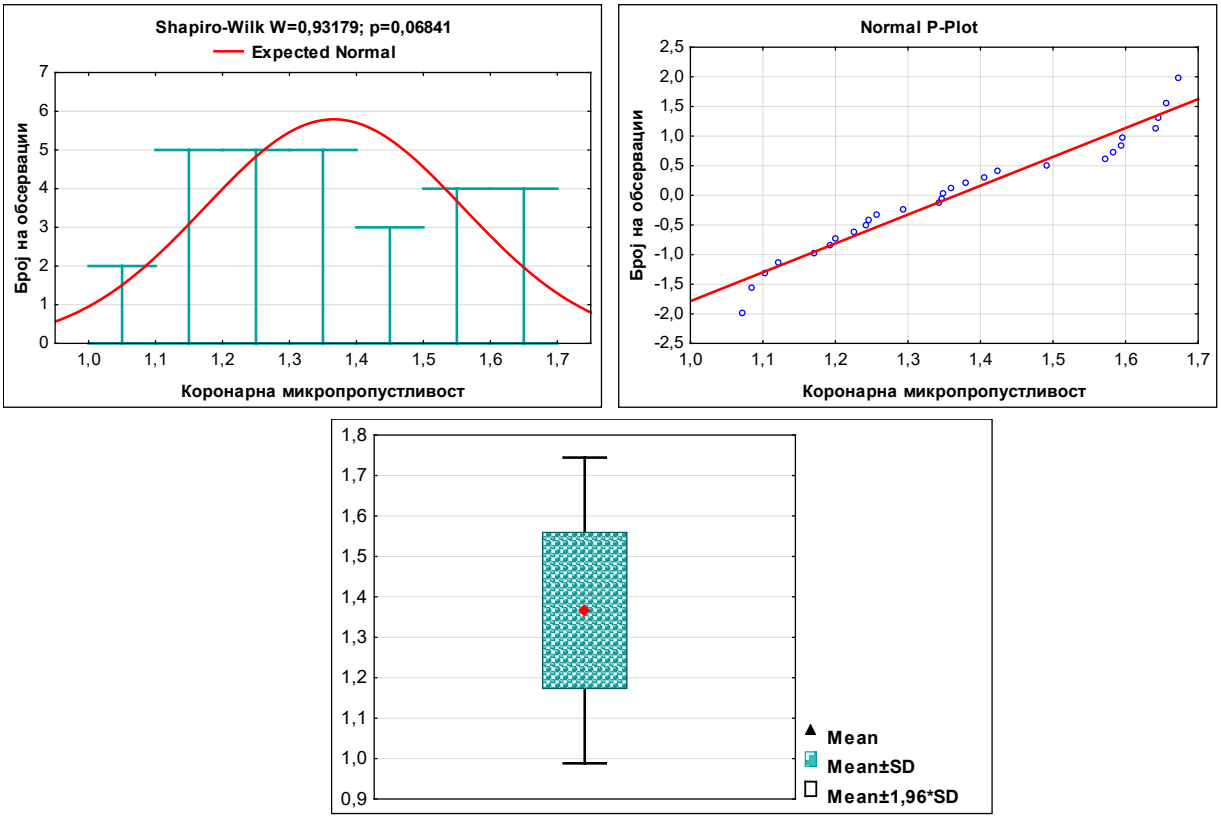


График 6. Коронарна микропропусливост на Група 2 - 2,5% *NaOCl* со УЗА

Група 2 – вкупно: Просечната коронарна микропропусливост на Група 2 - 2,5% *NaOCl* со УЗА изнесуваше 1,37±0,19мм со мин/мак вредност од 1,07/ 1,67мм. Стандардната грешка на добиената просечна вредност за коронарна микропропустливост изнесуваше 0,036мм за Std. Err of Mean=0,036. Анализата укажа дека 50% од примероците на еднокорени заби во оваа група имаат коронарна микропропусливост ≤1,35мм. Кај 25% од нив, коронарната микропропустливост беше ≤1,21мм односно кај 75% коронарната микропропусливост беше ≤1,58мм за Median (IQR) = 1,35 (1,21-1,58). Коронарна микропропусливост со вредност >1,58мм беше утврдена кај 25% од примероците на еднокорени заби во Група 2 (Табела 5 и График 6).

Табела 5. Коронарна микропропусливост на Група 2 - 2,5% NaOCl со УЗА

Параметри	Коронарна микропропусливост (мм)						
	N	Mean±SD	Min/ Max	Percentiles			Std. Err of Mean
				25th	50th (Median)	75th	
Група 2: 2,5% *NaOCl* со ултразвучна активација							
Група 2	28	1,37±0,19	1,07/ 1,67	1,21	1,35	1,58	0,036
Подгрупи 2/1 и 2/2							
Подгрупа 2/1	14	1,24±0,13	1,07/ 1,49	1,12	1,23	1,35	0,036
Подгрупа 2/2	14	1,49±0,17	1,20/ 1,67	1,35	1,58	1,64	0,044
P	Подгрупа 2/1 vs. 2/2: Mann-Whitney U test: Z=(-3,239; p=0,0012*						

Подгрупа 2/1 = 2,5% *NaOCl* со УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка ;
Подгрупа 2/2 = 2,5% *NaOCl* со УЗА + единечна гутаперка;
УЗА = ултра звучна активација;
Mean = Просек; SD = Стандардна девијација; Median = Медијана; Min/ Max=Мин/Мак;
Percentiles=Перцентили; Std. Err of mean = Стандардна грешка на просек;
Mann Whitney U test; *сигнификантно за p<0,05

Правилна односно неправилна дистрибуција на фреквенциите во однос на коронарната микропропустливост беше согледана конеквентно во: а) Подгрупа 2/1 - 2,5% *NaOCl* со УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка за Shapiro-Wilk W=0,9457; p=0,4963; и во б) Подгрупа 2/2 - 2,5% *NaOCl* со УЗА + единечна гутаперка за Shapiro-Wilk W=0,8654; p=0,0362. Базирано на дистрибицијата на добиените фреквенции за коронарната микропропустливост во понатамошната анализа беа применети соодветни тестови.

Подгрупа 2/1 - 2,5% *NaOCl* со УЗА + вертикална кондензација на загреана гутаперка: Просечната коронарна микропропусливост на Подгрупа 2/1 изнесуваше 1,24±0,13мм со мин/мак вредност од 1,07/ 1,49мм. Стандардната грешка на добиената просечна вредност за коронарна микропропустливост во оваа подгрупа изнесуваше 0,036мм за Std. Err of Mean=0,036мм. Кај 50% од примерокот на еднокорени заби во подгрупа 2/1 беше утврдена коронарна микропропусливост ≤1,23мм за Median

(IQR)=1,23 (1,12-1,35). Кај 25% од забите коронарната микропропустливост беше ≤1,12мм односно кај 75% коронарната микропропусливост беше ≤1,35мм. Утврдена беше коронарна микропропусливост >1,35мм кај 25% од еднокорените заби во Подгрупа 2/1 (Табела 5 и График 7).

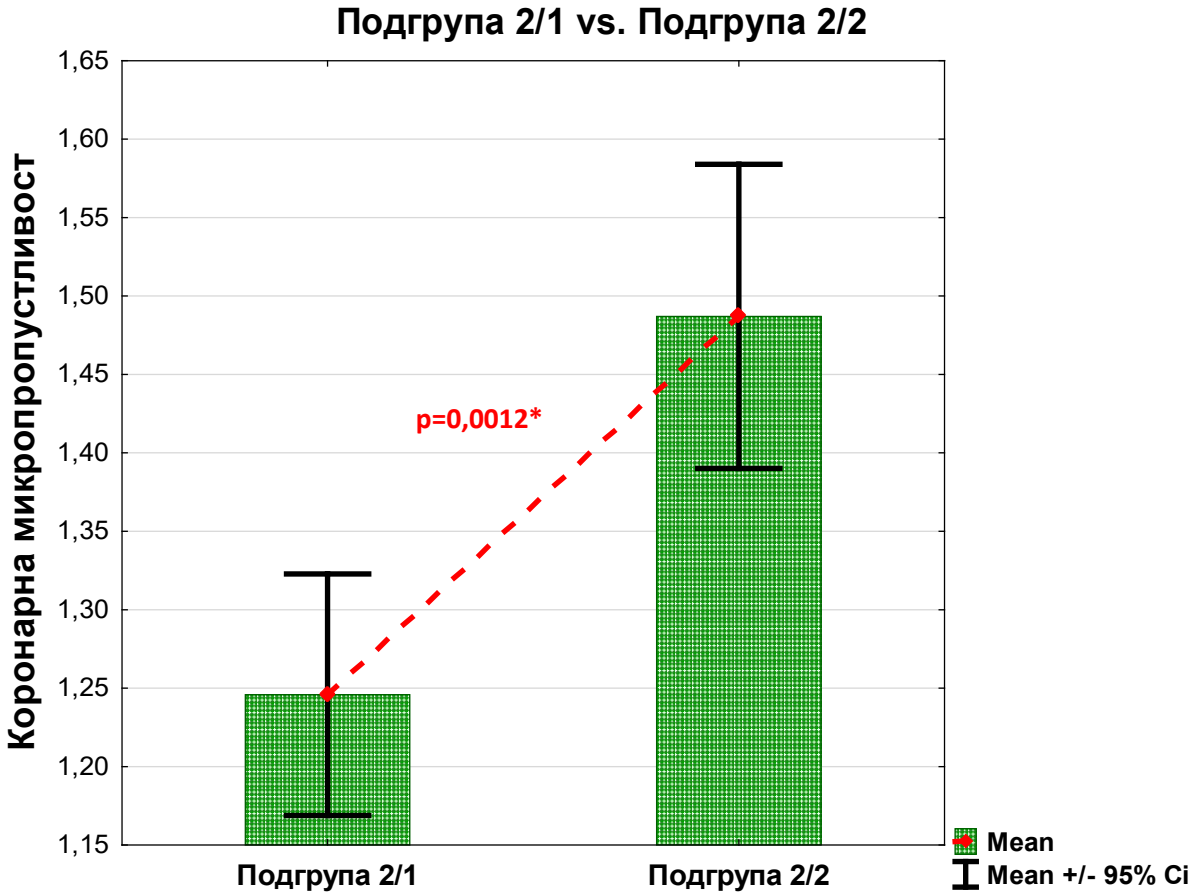


График 7. Споредба на коронарна микропропустливист помеѓу Подгрупа 2/1 vs. Подгрупа 2/2

Подгрупа 2/2 - 2,5% *NaOCl* со УЗА + единечна гутаперка: Просечната коронарна микропропусливост на Подгрупа 2/2 изнесуваше 1,49±0,17мм со мин/мак димензии од 1,20/ 1,67мм. Стандардната грешка на добиената просечна вредност за коронарна микропропустливост во Подгрупа 2/2 изнесуваше 0,044мм за Std. Err of Mean=0,044мм. Кај 50% примероци на заби во Подгрупа 2/2 коронарна микропропусливост беше ≤1,58мм (Табела 5 и График 7).

Дополнителната анализа укажа дека кај 25% од забите во Подгрупа 2/2 коронарната микропропустливост беше ≤1,35мм односно кај 75% од нив коронарната

микропропусливост изнесуваше ≤1,64мм за Median (IQR)=1,16 (1,02-1,29). Коронарна микропропусливост >1,64мм имаше кај 25% од примерокот на еднокорени заби во Подгрупа 2/2 (Табела 5 и График 7).

Подгрупа 2/1 vs. Подгрупа 2/2: Во Подгрупа 2/1 - 2,5% *NaOCl* со УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка утврдена беше сигнификантно помала коронарна микропропустливост (1,24±0,13мм) споредено со Подгрупа 2/2 - 2,5% *NaOCl* со УЗА + единечна гутаперка (1,49±0,17мм) за Mann-Whitney U test: Z=(-3,239; p=0,0012 (Табела 5 и График 7).

Коронарна микропропустливост

Група 3: 2,5% *NaOCl*+17% EDTA без ултразвучна активација

Коронарната микропропустливост (мм) беше утврдена за секој од 28те примероци на еднокорени заби во Група 3 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA без УЗА односно за секој од 14те примероци од двете подгрупи и тоа Подгрупа 3/1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA без УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка и Подгрупа 3/2 -2,5% *NaOCl*+17% EDTA без УЗА + единечна гутаперка (Табела 6).

Анализата за вредностите добиени за коронарната микропропусливост во целиот примерок на Група 3 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA без УЗА укажа на правилна дистрибуција на фреквенциите за Shapiro-Wilk W=0,9519; p=0,2209 (График 8). Согласно утврдената дитрибуција на фреквенциите во понатамошната постапка беа применети соодветни тестови за анализа.

Група 3: 2,5% *NaOCl* + 17% EDTA без УЗА

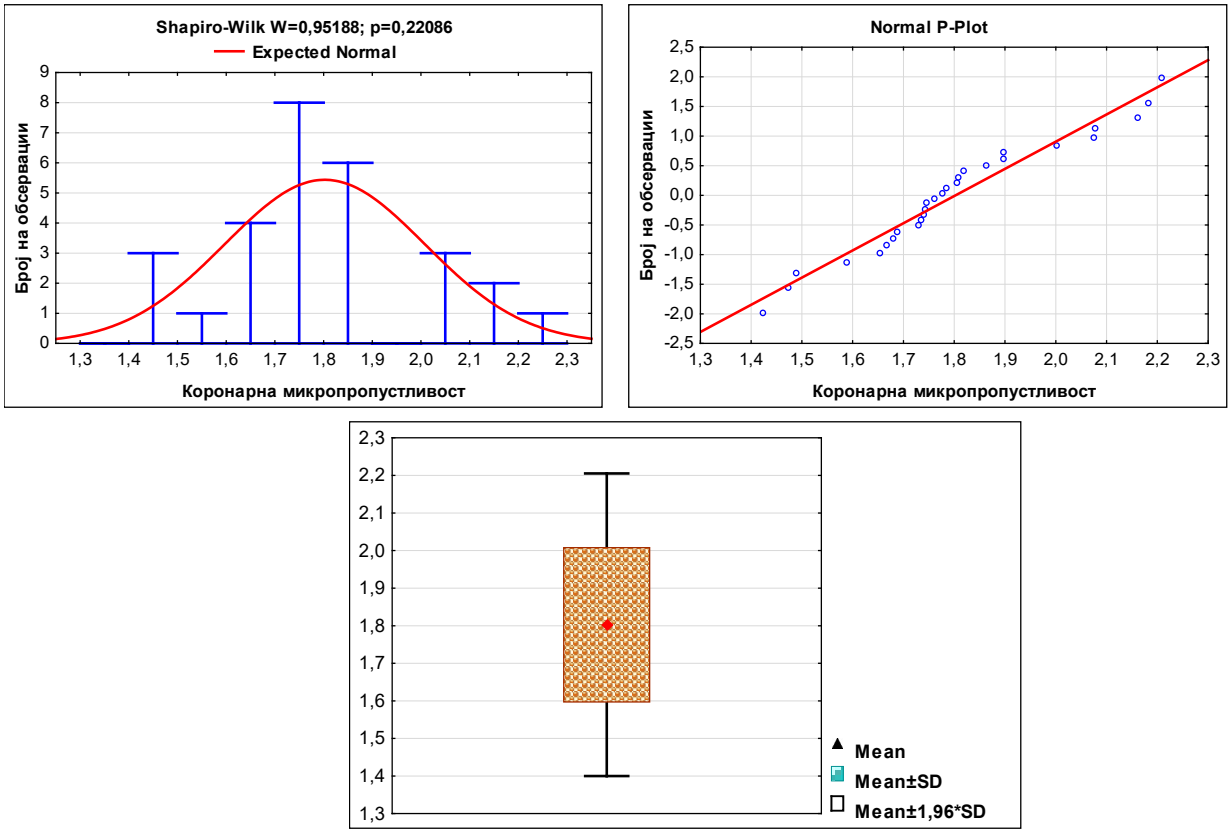


График 8. Коронарна микропропусливост на Група 3: 2,5% *NaOCl*+17% EDTA без УЗА

Група 3 – вкупно: Просечната коронарна микропропусливост на Група 3 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA без УЗА изнесуваше 1,80±0,20мм со мин/мак вредност од 1,42/ 2,21мм. Стандардната грешка на добиената просечна вредност за коронарна микропропустливост изнесуваше 0,039мм за Std. Err of Mean=0,039. Анализата укажа дека 50% од примероците на еднокорени заби во оваа група имаат коронарна микропропусливост ≤1,77мм за Median (IQR) = 1,77 (1,68-1,89). Кај 25% од нив, коронарната микропропустливост беше ≤1,68мм односно кај 75% коронарната микропропусливост беше ≤1,89мм. Коронарна микропропусливост со вредност >1,89мм беше утврдена кај 25% од примероците на еднокорени заби во Група 3 (Табела 6 и График 9).

Табела 6. Коронарна микропропусливост на Група 3 (2,5% NaOCl+17% EDTA без УЗА

Параметри	Коронарна микропропусливост (мм)						
	N	Mean±SD	Min/ Max	Percentiles			Std. Err of Mean
				25th	50th (Median)	75th	
Група 3: 2,5% *NaOCl* + 17% EDTA без ултразвучна активација							
Група 3	28	1,80±0,20	1,42/ 2,21	1,68	1,77	1,89	0,039
Подгрупи 3/1 и 3/2							
Подгрупа 3/1	14	1,67±0,13	1,42/ 1,86	0,86	1,59	1,71	0,035
Подгрупа 3/2	14	1,93±0,18	1,65/ 2,21	1,78	1,89	2,07	0,049
P	Подгрупа 3/1 vs. 3/2: Mann-Whitney U test: Z=(-3,331; p=0,0009*						

Подгрупа 3/1 = 2,5% *NaOCl*+17% EDTA без УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка ;
Подгрупа 3/2 = 2,5% *NaOCl*+17% EDTA без УЗА + единечна гутаперка;
УЗА = ултра звучна активација;
Mean = Просек; SD = Стандардна девијација; Median = Медијана; Min/ Max=Мин/Мак;
Percentiles=Перцентили; Std. Err of mean = Стандардна грешка на просек;
Mann Whitney U test; *сигнификантно за p<0,05

Неправилна дистрибуција на фреквенциите во однос на коронарната микропропустливост беше согледана во: а) Подгрупа 3/1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA без УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка за Shapiro-Wilk W=0,9151; p=0,1869; и б) Подгрупа 3/2 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA без УЗА + единечна гутаперка за Shapiro-Wilk W=0,9321; p=0,3269. Селекцијата на тестовите применети во понатамошната анализа беше базирана на добиентата дистрибуција на фреквенциите.

Подгрупа 3/1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA без УЗА + вертикална кондензација на загреана гутаперка: Просечната коронарна микропропусливост на Подгрупа 3/1 изнесуваше 1,67±0,13мм со мин/мак вредност од 1,42/ 1,86мм. Стандардната грешка на добиената просечна вредност за коронарна микропропустливост изнесуваше 0,035мм за Std. Err of Mean=0,035мм. Коронарна микропропусливост кај половина од примероците на еднокорени заби во Подгрупа 3/1 изнесуваше ≤1,59мм за Median (IQR)=1,59 (0,86-1,71).

Кај 25% од нив коронарната микропропустливост беше ≤0,86мм односно кај 75% коронарната микропропусливост беше ≤1,71мм. Утврдено беше дека коронарна микропропусливост >1,71мм имаат околу 25% од примероците на заби во Подгрупа 3/1 (Табела 6 и График 9).

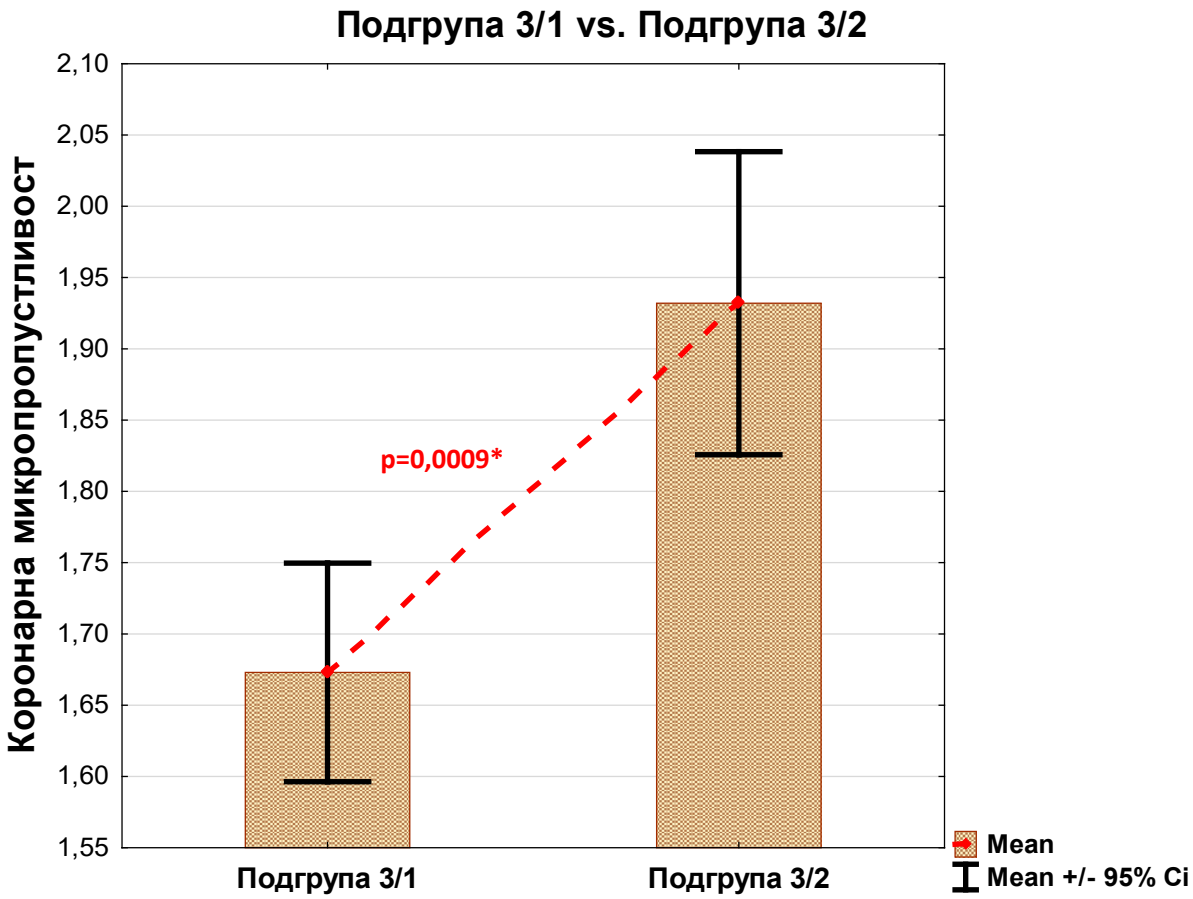


График 9. Споредба на коронарна микропропустливист помеѓу Подгрупа 3/1 vs. Подгрупа 3/2

Подгрупа 3/2 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА + единечна гутаперка:

Просечната вредност на коронарна микропропусливост на Подгрупа 3/2 изнесуваше 1,93±0,18мм со мин/мак од 1,65/ 2,21мм. Стандардната грешка на добиената просечна вредност за коронарна микропропустливост во Подгрупа 3/2 изнесуваше 0,049мм за Std. Err of Mean=0,049мм. Коронарна микропропусливост кај 50% еднокорени заби во Подгрупа 3/2, изнесуваше ≤1,89мм (Табела 6 и График 9).

Кај 25% примероци во Подгрупа 3/2 коронарната микропропустливост беше ≤1,78мм односно кај 75% коронарната микропропусливост беше ≤2,07мм за Median (IQR)=1,89 (1,78-2,07). Коронарна микропропусливост со вредност >2,07мм беше согледана кај 25% од примероците на еднокорени заби во Подгрупа 3/2 (Табела 6 и График 9).

Подгрупа 3/1 vs. Подгрупа 3/2: Во Подгрупа 3/1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA без УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка беше утврдена сигнификантно помала коронарна микропропустливост (1,67±0,13мм) споредено со Подгрупа 3/2 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA без УЗА + единечна гутаперка (1,93±0,18мм) за добиена вредност на Mann-Whitney U test: Z=(-3,331; p=0,0009 (Табела 6 и График 9).

Коронарна микропропустливост

Група 4: Физиолошки раствор

Коронарната микропропустливост (мм) беше утврдена за секој од 28те примероци на еднокорени заби во Група 4 – физиолошки раствор за секој од 14те примероци од двете подгрупи и тоа Подгрупа 4/1 – физиолошки раствор + топла вертикална кондензација на гутаперка и Подгрупа 4/2 - физиолошки раствор + единечна гутаперка (Табела 7).

Анализата за вредностите добиени за коронарната микропропусливост во целиот примерок на Група 4 – физиолошки раствор укажа на правилна дистрибуција на фреквенциите за Shapiro-Wilk W=0,9028; p=0,0133 (График 10). Базирано на утврдената дитрибиција на фреквенциите во понатамошната постапка анализата беше направена со користење на соодветни тестови.

Група 4: Физиолошки раствор

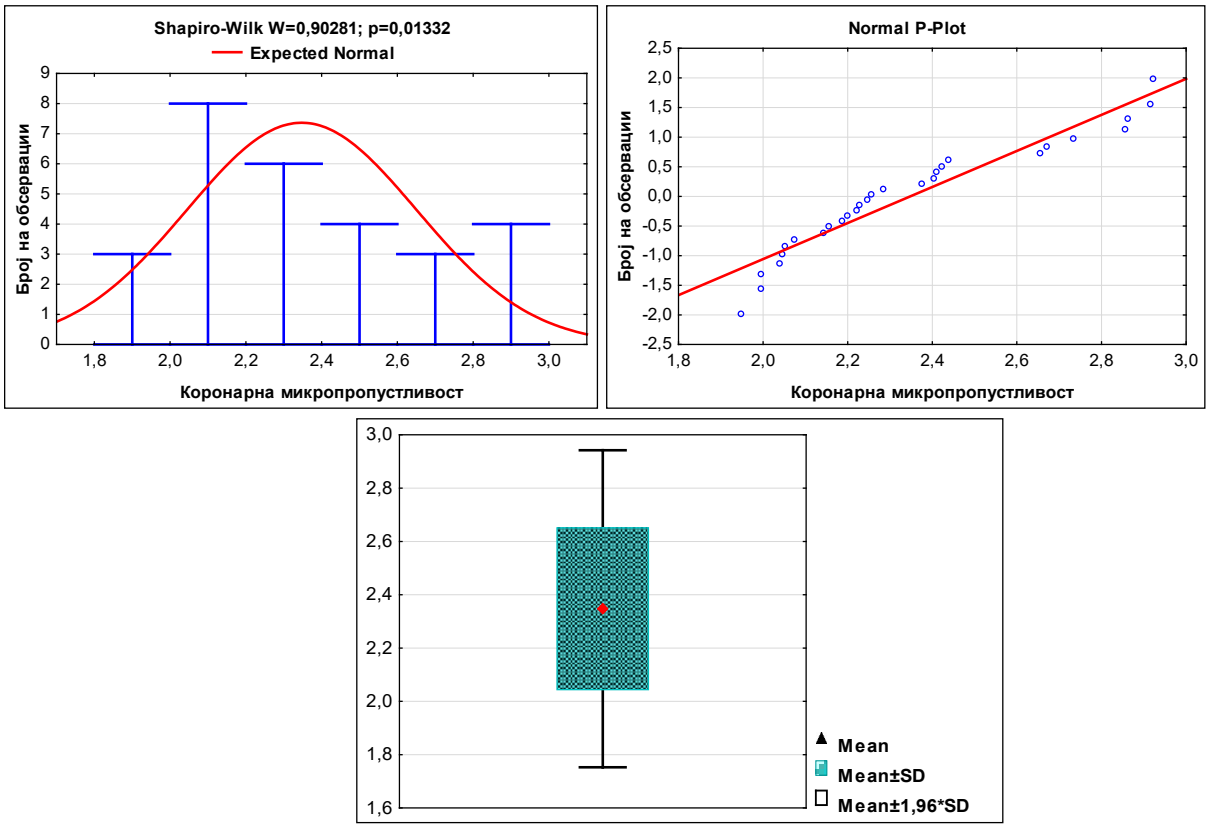


График 10. Коронарна микропропусливост на Група 4: физолошки раствор

Група 4 – вкупно: Во Група 4 со физиолошки раствор просечната коронарна микропропусливост изнесуваше 2,35±0,30мм со мин/мак вредност од 1,95/ 2,92мм. Стандардната грешка на добиената просечна вредност за коронарна микропропустливост во оваа група изнесуваше 0,057мм за Std. Err of Mean=0,057. Анализата укажа дека 50% од еднокорените заби во оваа група имаат коронарна микропропусливост ≤2,25мм. Кај 25% од нив, коронарната микропропустливост беше ≤2,11мм односно кај 75% истата беше ≤2,55мм за Median (IQR) = 2,25 (2,11-2,55). Коронарна микропропусливост со вредност >2,55мм беше утврдена кај 25% од примероците на еднокорени заби во Група 4 со физиолошки раствор (Табела 7 и График 11).

Табела 7. Коронарна микропропусливост на Група 4 (физиолошки раствор)

Параметри	Коронарна микропропусливост (мм)						
	N	Mean±SD	Min/ Max	Percentiles			Std. Err of Mean
				25th	50th (Median)	75th	
Група 4: Физиолошки раствор							
Група 4	28	2,35±0,30	1,95/ 2,92	2,11	2,25	2,55	0,057
Подгрупи 4/1 и 4/2							
Подгрупа 4/1	14	2,18±0,16	1,95/ 2,44	2,04	2,19	2,28	0,043
Подгрупа 4/2	14	2,51±0,33	2,05/ 2,92	2,22	2,53	2,86	0,087
P	Подгрупа 4/1 vs. 4/2: Mann-Whitney U test: Z=(-2,550; p=0,0108*						

Подгрупа 4/1 = физиолошки раствор + топла вертикална кондензација на гутаперка ;
Подгрупа 4/2 = физиолошки раствор + единечна гутаперка;
Mean = Просек; SD = Стандардна девијација; Median = Медијана; Min/ Max=Мин/Мак;
Percentiles=Перцентили; Std. Err of mean = Стандардна грешка на просек;
Mann Whitney U test; *сигнификантно за p<0,05

Правилна односно неправилна дистрибуција на фреквенциите во однос на коронарната микропропустливост беше согледана консеквентно во: а) Подгрупа 4/1 – физиолошки раствор + топла вертикална кондензација на гутаперка за Shapiro-Wilk W=0,9418; p=0,4415; и б) Подгрупа 4/2 – физиолошки раствор + единечна гутаперка за Shapiro-Wilk W=0,8939; p=0,0920. Базирано на дитрибиција на фреквенциите во понатамошната анализа беа применети соодветни тестови.

Подгрупа 4/1 – физиолошки раствор + вертикална кондензација на загреана гутаперка: Просечната коронарна микропропусливост на Подгрупа 4/1 изнесуваше 2,18±0,16мм со мин/мак вредност од 1,95/ 2,44мм. Стандардната грешка на добиената просечна вредност за коронарна микропропустливост изнесуваше 0,043мм за Std. Err of Mean=0,043мм. Половина од примероците на еднокорени заби во подгрупа 4/1 имаат коронарна микропропусливост ≤2,19мм (Табела 7 и График 11).

Кај 25% од забите во Подгрупа 4/1 коронарната микропропустливост беше ≤2,04мм односно кај 75% коронарната микропропусливост беше ≤2,28мм за Median (IQR)=2,19 (2,04-2,28). Коронарна микропропусливост >2,28мм имаше кај 25% од примероците на заби во Подгрупа 4/1 (Табела 7 и График 11).

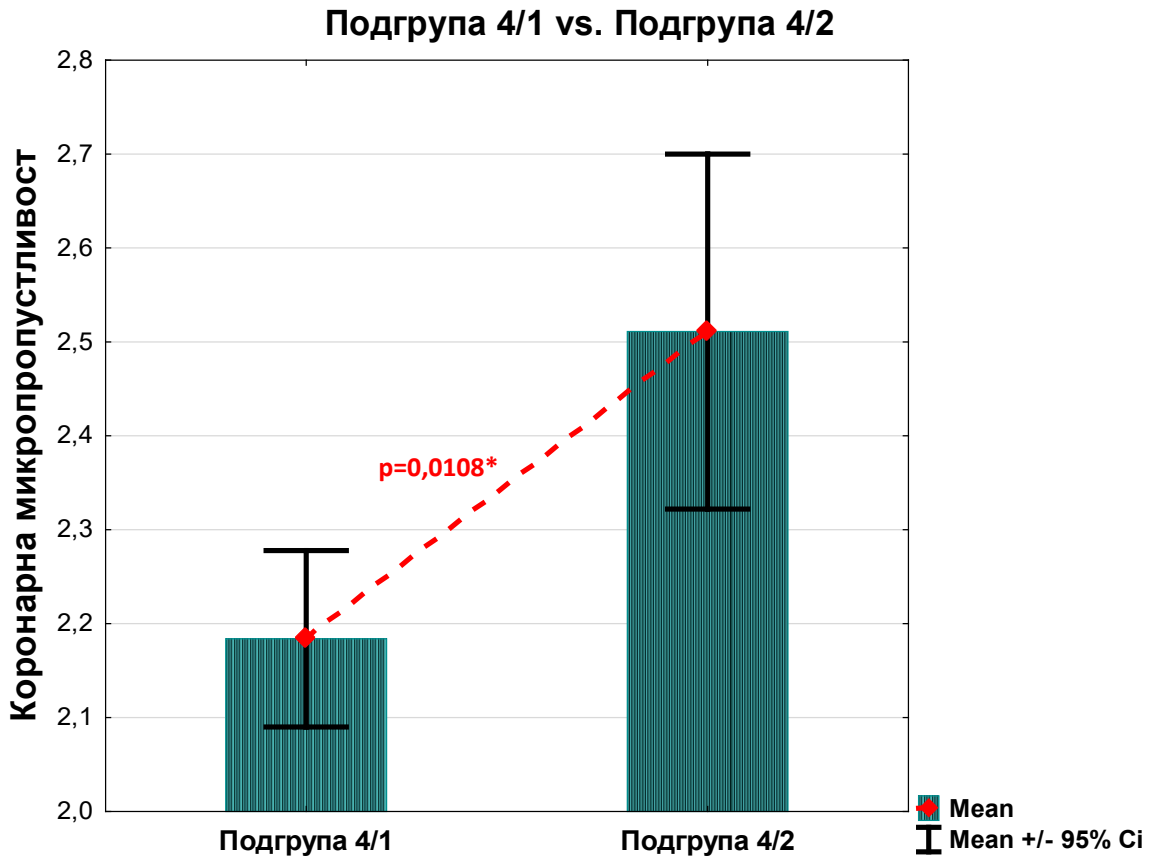


График 11. Споредба на коронарна микропропустливист помеѓу Подгрупа 4/1 vs. Подгрупа 4/2

Подгрупа 4/2 – физиолошки раствор + единечна гутаперка: Просечната коронарна микропропусливост на Подгрупа 4/2 изнесуваше 2,51±0,33мм со мин/мак вредност од 2,05/ 2,92мм. Стандардната грешка на добиената просечна вредност за коронарна микропропустливост во Подгрупа 4/2 изнесуваше 0,087мм за Std. Err of Mean=0,087мм. Коронарна микропропусливост кај 50% еднокорени заби во подгрупа 4/2, изнесуваше ≤2,86мм (Табела 7 и График 11).

Кај 25% од нив забите во Подгрупа 4/2 коронарната микропропустливост беше ≤2,22мм односно кај 75% од нив коронарната микропропусливост беше ≤2,86мм за Median (IQR)=2,53 (2,22-2,86). Коронарна микропропусливост >2,86мм имаше кај 25% од примероците на еднокорени заби во Подгрупа 4/2 (Табела 7 и График 11).

Подгрупа 4/1 vs. Подгрупа 4/2: Во Подгрупа 4/1 – физиолошки раствор + топла вертикална кондензација на гутаперка утврдена беше сигнификантно помала коронарна микропропустливост (2,18±0,16мм) споредено со Подгрупа 4/2 – физиолошки раствор + единечна гутаперка (2,51±0,33мм) за Mann-Whitney U test: Z=(-2550; p=0,0108 (Табела 7 и График 11).

Меѓугрупна споредба на коронарна микропропустливост

Во рамките на истражувањето направена беше споредба на коронарната микропропустливост (мм) меѓу четирите групи третирани со различен протокол на иригација и тоа во: а) Група 1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со ултразвучна активација; б) Група 2 - 2,5% *NaOCl со* ултразвучна активација; в) Група 3 - 2,5% *NaOCl* + 17% EDTA без ултразвучна активација; и г) Група 4 - физиолошки раствор (Табела 8 и График 12).

Табела 8. Меѓугрупна споредба на коронарна микропропусливост

Параметри	Коронарна микропропусливост (мм)						
	N	Mean±SD	Min/ Max	Percentiles			p
				25th	50th (Median)	75th	
Групи							
Група 1: 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со ултразвучна активација	28	1,04±0,18	0,70/ 1,39	0,93	1,02	1,16	$X^2_{(3, N=112)} = 95,286$; p=0,0001*
Група 2: 2,5% *NaOCl со* ултразвучна активација	28	1,37±0,19	1,07/ 1,67	1,21	1,35	1,58	
Група 3: 2,5% *NaOCl* + 17% EDTA без ултразвучна активација	28	1,80±0,20	1,42/ 2,21	1,68	1,77	1,89	
Група 4: Физиолошки раствор	28	2,35±0,30	1,95/ 2,92	2,11	2,25	2,55	

Mean = Просек; SD = Стандардна девијација; Median = Медијана; Min/ Max=Мин/Мак; Percentiles=Перцентили; Std. Err of mean = Стандардна грешка на просек; Krushal Wallis H test; *сигнификантно за p<0,05

Утврдена беше сигнификантна разлика меѓу коронарната пропустливост на четирите групи на еднокорени заби третирани со различни протоколи на иригација за Krushal Wallis H test: $X^2_{(3, N=112)} = 95,286$; p=0,0001 (Табела 8 и График 12).

Сигнификатно најмала просечна коронарна микропропустливост имаше Група 1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со ултразвучна активација за 1,04±0,18мм, следено со Група 2 - 2,5% *NaOCl со* ултразвучна активација за 1,37±0,19мм, Група 3 - 2,5% *NaOCl* + 17% EDTA без ултразвучна активација за 1,80±0,20мм и најголема Група 4 - физиолошки раствор за 2,35±0,30мм (Табела 8 и График 12).

Табела 9. Post hoc анализа на коронарна микропропусливост според групи

Групи	Група 1 R:17,750	Група 2 R:40,571	Група 3 R:70,821	Група 4 R:96,857
Група 1	-	0,051328	0,000000	0,000000
Група 2	0,051328	-	0,002950	0,000000
Група 3	0,000000	0,002950	-	0,016215
Група 4	0,000000	0,000000	0,016215	-

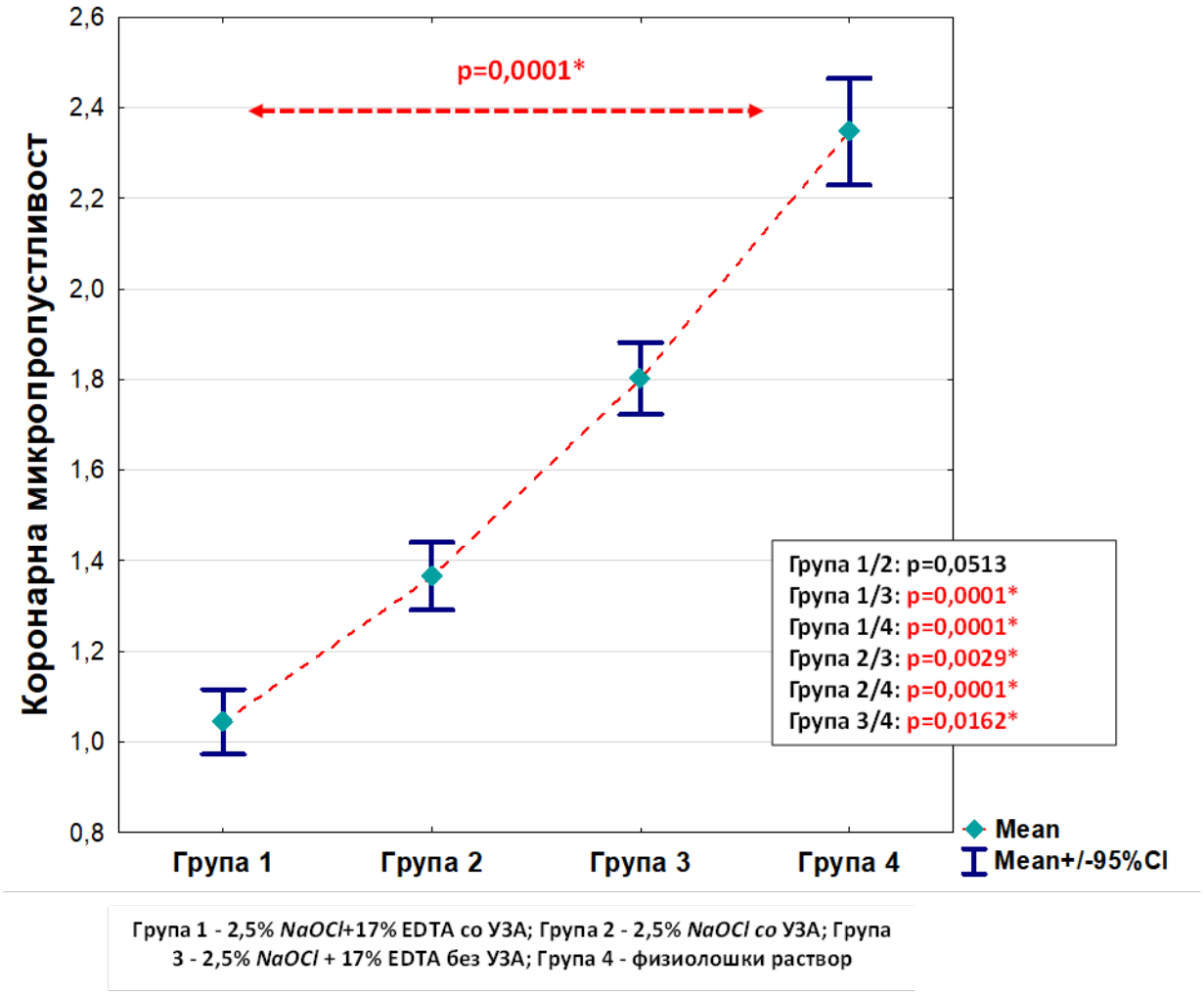
Дополнителната Post hoc анализата на коронарната микропропустливост меѓу четирите групи укажа дека (Табела 9 и График 12):

- **Група 1 -** 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА има гранично несигнификантно помала коронарна микропропустливост споредено со Група 2 - 2,5% *NaOCl со* УЗА (p=0,051), а сигнификантно помала коранарна микропропустливост споредено со Група 3 - 2,5% *NaOCl* + 17% EDTA без УЗА (p=0,0001) и споредено со Група 4 - физиолошки раствор (p=0,0001);

- **Група 2 -** 2,5% *NaOCl со* УЗА има гранично несигнификантно поголема коронарна микропропустливост споредено со Група 1 (p=0,051), а сигнификантно помала коранарна микропропустливост споредено со Група 3 - 2,5% *NaOCl* + 17% EDTA без УЗА (p=0,002) и споредено со Група 4 - физиолошки раствор (p=0,0001);

- **Група 3 -** 2,5% *NaOCl* + 17% EDTA без УЗА има сигнификантно поголема коронарна микропропустливост споредено со Група 1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА (p=0,0001) и споредено со Група 2 - 2,5% *NaOCl со* УЗА и сигнификантно помала коронарна микропропустливост споредено со Група 4 - физиолошки раствор (p=0,0162);

- **Група 4 -** физиолошки раствор има сигнификантно поголема коронарна микропропустливост споредено со Група 1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА (p=0,0001), споредено со Група 2 - 2,5% *NaOCl со* УЗА (p=0,0001) и споредено со Група 3 - 2,5% *NaOCl* + 17% EDTA без УЗА (p=0,0162).



Група 1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА; Група 2 - 2,5% *NaOCl со* УЗА; Група 3 - 2,5% *NaOCl* + 17% EDTA без УЗА; Група 4 - физиолошки раствор

График 12. Споредба на коронарна микропропусливост според групи

Меѓуподгрупна споредба на коронарна микропропустливост

Подгрупи од четири групи со техника на обтурација на топла вертикална кондензација на гутаперка - во рамките на истражувањето направена беше споредба на коронарната микропропустливост меѓу четирите подгрупи базирана на техника на обтурација на топла вертикална кондензација на гутаперка во секоја од четирите групи (Табела 10-11 и График 13 -14).

Табела 10. Меѓуподгрупна споредба на коронарна микропропусливост (техника на обтурација на топла вертикална кондензација на гутаперка)

Параметри	Коронарна микропропусливост (мм)						
	N	Mean±SD	Min/ Max	Percentiles			p
				25th	50th (Median)	75th	
Подгрупи со топла вертикална кондензација на гутаперка							
Подгрупа 1/1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка	14	0,93±0,13	0,70/ 1,09	0,83	0,98	1,02	$X^2_{(3, N=56)} = 50,851$; p=0,00001*
Подгрупа 2/1 - 2,5% *NaOCl* со УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка	14	1,24±0,13	1,07/ 1,49	1,12	1,23	1,35	
Подгрупа 3/1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA без УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка	14	1,67±0,13	1,42/ 1,86	0,86	1,59	1,71	
Подгрупа 4/1 – физиолошки раствор + топла вертикална кондензација на гутаперка	14	2,18±0,16	1,95/ 2,44	2,04	2,19	2,28	

УЗА = ултра звучна активација;
Mean = Просек; SD = Стандардна девијација; Median = Медијана; Min/ Max=Мин/Мак;
Percentiles=Перцентили; Std. Err of mean = Стандардна грешка на просек;
Krushal Wallis H test; *сигнификантно за p<0,05

Утврдена беше сигнификантна разлика во коронарната микропропустливост на четирите подгрупи на еднокорени заби третирани со техника на обтурација на топла вертикална кондензација на гутаперка за Krushal Wallis H test: $X^2_{(3,\ N=56)} = 50{,}851$; p=0,00001 (Табела 10 и График 13).

Споредбата на микропропустливоста меѓу четирите подгрупи со техника на обтурација на топла вертикална кондензација на гутаперка укажа дека сигнификантно најмала коронарна микропропустливост има Подгрупа 1/1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка (0,93±0,13мм), следено со Подгрупа 2/1 - 2,5% *NaOCl* со УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка (1,24±0,13мм) и Подгрупа 3/1 - *NaOCl*+17% EDTA без УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка (1,67±0,13мм). Најголема коронарна микропропустливост има во Подгрупа 4/1 – физиолошки раствор + топла вертикална кондензација на гутаперка (2,18±0,16мм) (Табела 10 и График 13).

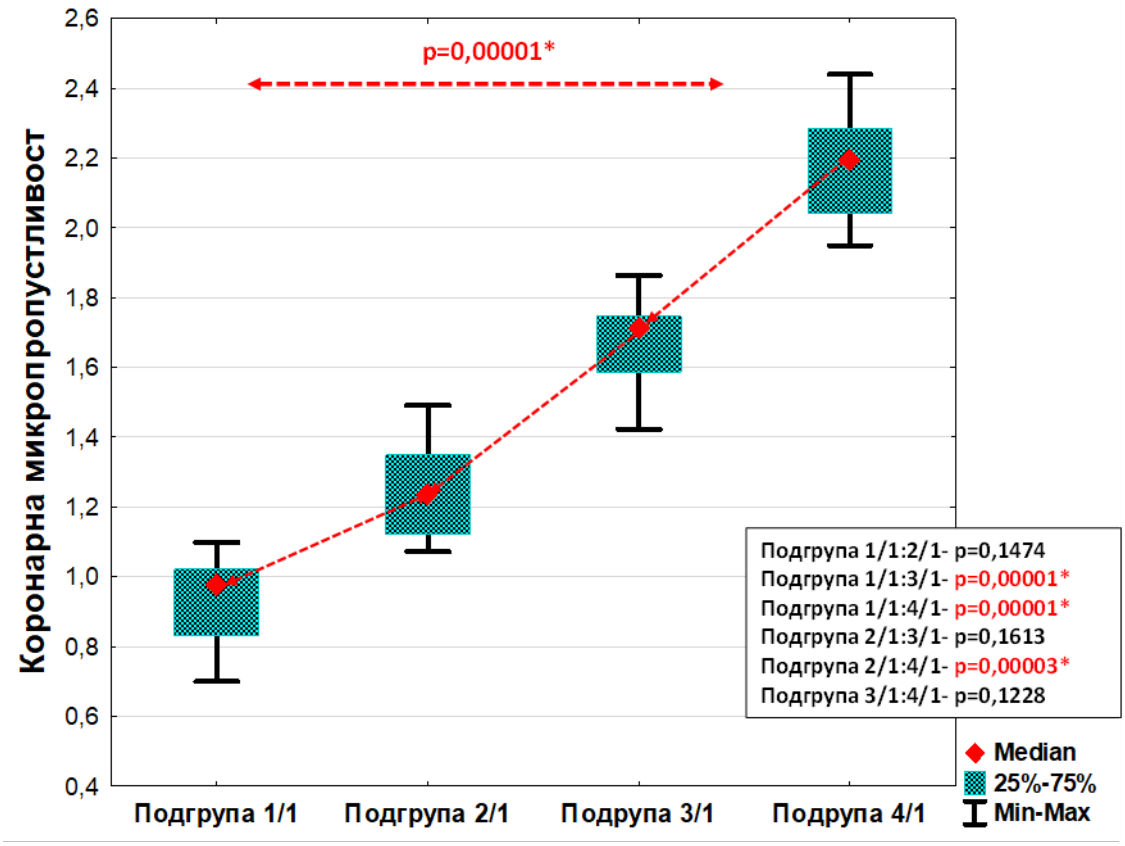
Табела 11. Post hoc анализа на коронарна микропропусливост според подгрупи

Групи	Подгрупа 1/1 R:7,714	Подгрупа 2/1 R:21,571	Подгрупа 3/1 R:35,214	Подгрупа 4/1 R:49,500
Подгрупа 1/1	-	0,147486	0,000049	0,000000
Подгрупа 2/1	0,147486	-	0,161318	0,000035
Подгрупа 3/1	0,000049	0,161318	-	0,122876
Подгрупа 4/1	0,000000	0,000035	0,122876	-

Post hoc анализата на коронарната микропропустливост меѓу четирите подгрупи укажа дека (Табела 11 и График 13):

- Коронарната микропропустливост на Подгрупа 1/1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка беше: а) гранично несигнификантно помала споредено Подгрупа 2/1 - 2,5% *NaOCl* со УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка (p=0,1474); б) сигнификантно помала споредено со Подгрупа 3/1 - *NaOCl*+17% EDTA без УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка (p=0,00004); и в) сигнификантно помала споредено со Подгрупа 4/1 – физиолошки раствор + топла вертикална кондензација на гутаперка (p=0,00001);

- Коронарна микропропустливост на Подгрупа 2/1 - 2,5% *NaOCl* со УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка беше: а) несигнификантно поголема споредено со Подгрупа 1/1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка (p=0,1474); б) несигнификантно помала споредено со Подгрупа 3/1 - *NaOCl*+17% EDTA без УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка (p=0,1613); и в) сигнификантно помала спореденос со Подгрупа 4/1 – физиолошки раствор + топла вертикална кондензација на гутаперка (p=0,00003);

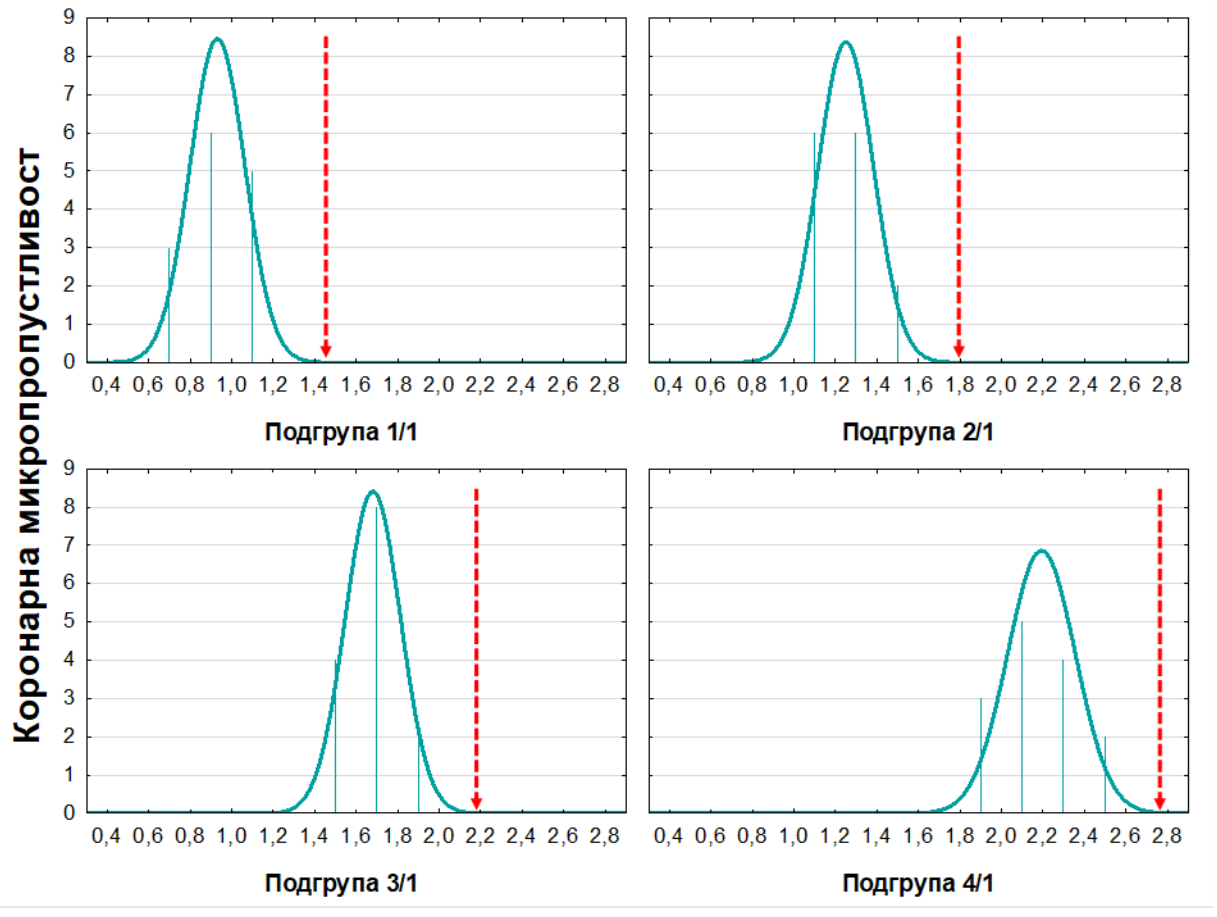


Подгрупа 1/1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка; Подгрупа 2/1 - 2,5% *NaOCl со* УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка; Подгрупа 3/1 - 2,5% *NaOCl* + 17% EDTA без УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка; Погрупа 4/1 - физиолошки раствор + топла вертикална кондензација на гутаперка;

График 13. Споредба на коронарна микропропусливост според подгрупи на техника на обтурација на топла вертикална кондензација на гутаперка

- Коронарна микропропустливост на Подгрупа 3/1 - *NaOCl*+17% EDTA без УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка беше: а) сигнификантно поголема споредено со Подгрупа 1/1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка (p=0,00001); б) несигнификантно поголема споредено со Подгрупа 2/1 - 2,5% *NaOCl* со УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка (p=0,1613); и в)

несигнификантно помала споредено со Подгрупа 4/1 – физиолошки раствор + топла вертикална кондензација на гутаперка (p=0,1228);



Подгрупа 1/1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка; Подгрупа 2/1 - 2,5% *NaOCl* со УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка; Подгрупа 3/1 - 2,5% *NaOCl* + 17% EDTA без УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка; Подгрупа 4/1 - физиолошки раствор + топла вертикална кондензација на гутаперка;

График 14. Поединечна коронарна микропропусливост според подгрупи со техника на обтурација на топла вертикална кондензација на гутаперка

- Коронарна микропропустливост на Подгрупа 4/1 – физиолошки раствор + топла вертикална кондензација на гутаперка беше: а) сигнификантно поголема споредено со Подгрупа 1/1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка (p=0,00001); б) сигнификантно поголема споредено со Подгрупа 2/1 - 2,5% *NaOCl* со УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка (p=0,00003); и в) несигнификантно поголема споредено со Подгрупа 3/1 - *NaOCl*+17% EDTA без УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка (p=0,1228).

Подгрупи од четирите групи со техника на обтурација на единечна гутаперка - направена беше споредба на коронарната микропропустливост според двете подгрупи во секоја од четирите групи базирани на техника на обтурација на единечна гутаперка (Табела 12 – 13 и График 15-16).

Табела 12. Меѓуподгрупна споредба на коронарна микропропусливост (техника на оптурација на единечна гутаперка)

Параметри	Коронарна микропропусливост (мм)						
	N	Mean±SD	Min/ Max	Percentiles			p
				25th	50th (Median)	75th	
Подгрупи со единечна гутаперка							
Подгрупа 1/2 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА + единечна гутаперка	14	1,16±0,15	0,93/ 1,39	1,02	1,16	1,29	$X^2_{(3, N=56)} = 48,339$; p=0,00001*
Подгрупа 2/2 - 2,5% *NaOCl* со УЗА + единечна гутаперка	14	1,49±0,17	1,20/ 1,67	1,35	1,58	1,64	
Подгрупа 3/2 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA без УЗА + единечна гутаперка	14	1,93±0,18	1,65/ 2,21	1,78	1,89	2,07	
Подгрупа 4/2 – физиолошки раствор + единечна гутаперка	14	2,51±0,33	2,05/ 2,92	2,22	2,53	2,86	

УЗА = ултра звучна активација;
Mean = Просек; SD = Стандардна девијација; Median = Медијана; Min/ Max=Мин/Мак;
Percentiles=Перцентили; Std. Err of mean = Стандардна грешка на просек;
Krushal Wallis H test; *сигнификантно за p<0,05

Анализата меѓу четирите подгрупи на еднокорени заби третирани со техника на обтурација на единечна гутаперка укажа на сигнификантна разлика во однос на коронарната микропропустливост за Krushal Wallis H test: $X^2_{(3, N=56)} = 48,339$; p=0,00001 (Табела 12-13 и График 15-16).

Споредбата на подгрупите од четирите групи со техника на обтурација на единечна гутаперка укажа дека сигнификантно најмала коронарна микропропустливост има во Подгрупа 1/2 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА + единечна гутаперка (1,16±0,15мм) следено со Подгрупа 2/2 - 2,5% *NaOCl* со УЗА + единечна гутаперка (1,49±0,17мм) и Подгрупа 3/2 - *NaOCl*+17% EDTA без УЗА + единечна гутаперка (1,93±0,18мм). Најголема коронарна микропропустливост во беше утврдена во Подгрупа 4/2 – физиолошки раствор + единечна гутаперка (2,51±0,33мм) (Табела 12).

Табела 13. Post hoc анализа на коронарна микропропусливост според подгрупи

Групи	Подгрупа 1/2 R:7,714	Подгрупа 2/2 R:21,571	Подгрупа 3/2 R:35,214	Подгрупа 4/2 R:49,500
Подгрупа 1/2	-	0,362999	0,000049	0,000000
Подгрупа 2/2	0,362999	-	0,058605	0,000028
Подгрупа 3/2	0,000049	0,058605	-	0,277565
Подгрупа 4/2	0,000000	0,000028	0,277565	-

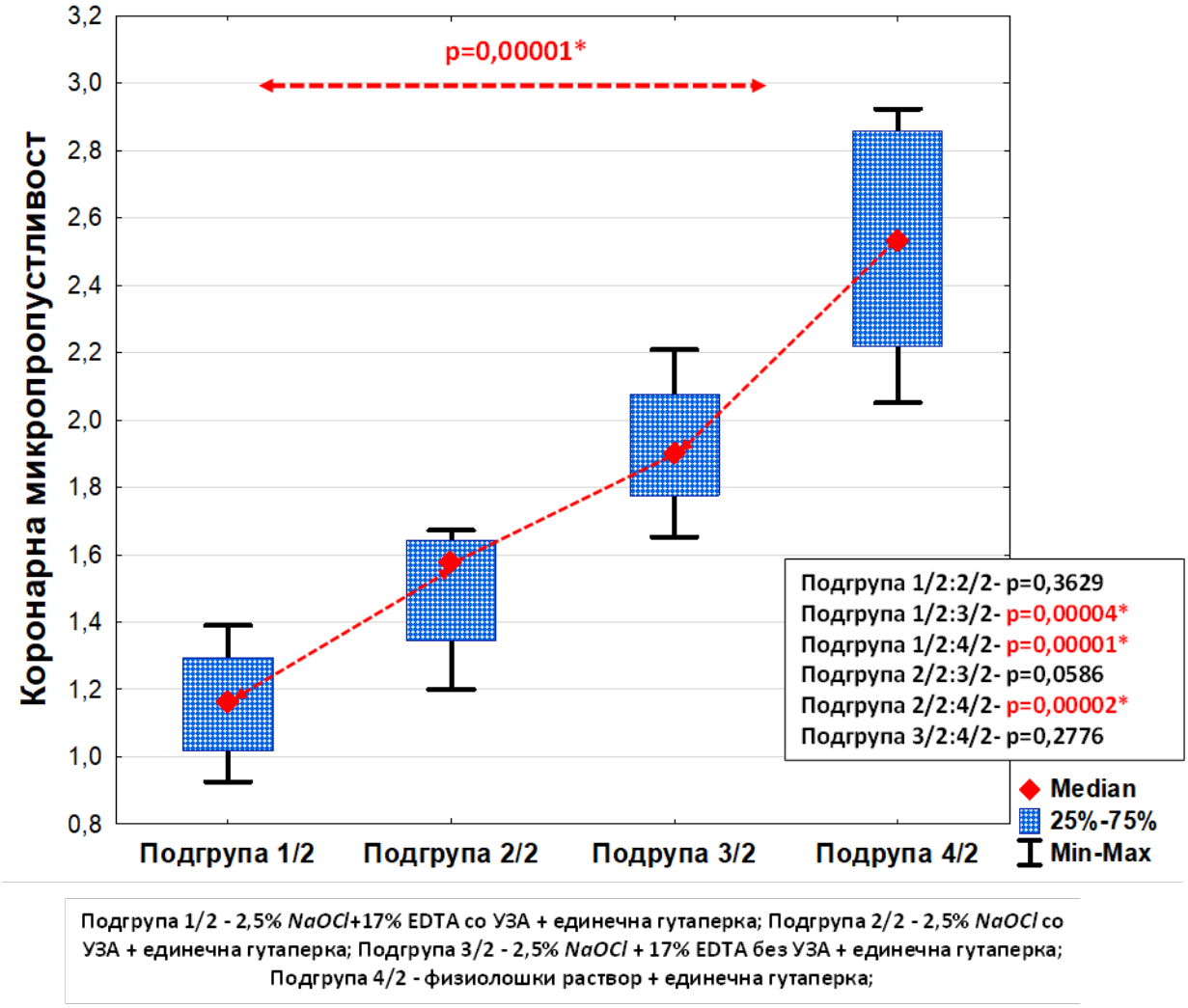
Post hoc анализата на коронарната микропропустливост меѓу четирите подгрупи со единечна гутаперка укажа дека (Табела 13 и График 15):

- Коронарна микропропустливост на Подгрупа 1/2 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА + единечна гутаперка беше: а) гранично несигнификантно помала споредено Подгрупа 2/2 - 2,5% *NaOCl* со УЗА + единечна гутаперка (p=0,3629); б) сигнификантно помала споредено со Подгрупа 3/2 - *NaOCl*+17% EDTA без УЗА + единечна гутаперка (p=0,00004); и в) сигнификантно помала споредено со Подгрупа 4/2 – физиолошки раствор + единечна гутаперка (p=0,00004);

- Во Подгрупа 2/2 - 2,5% *NaOCl* со УЗА + единечна гутаперка коронарната микропропустливост беше: а) несигнификантно поголема споредено со Подгрупа 1/2 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА + единечна гутаперка (p=0,3629); б) несигнификантно помала споредено со Подгрупа 3/2 - *NaOCl*+17% EDTA без УЗА + единечна гутаперка (p=0,0586); и в) сигнификантно помала споредено со Подгрупа 4/2 – физиолошки раствор + единечна гутаперка (p=0,00002);

- Коронарна микропропустливост на Подгрупа 3/2 - *NaOCl*+17% EDTA без УЗА + единечна гутаперка беше: а) сигнификантно поголема споредено со Подгрупа 1/2 -

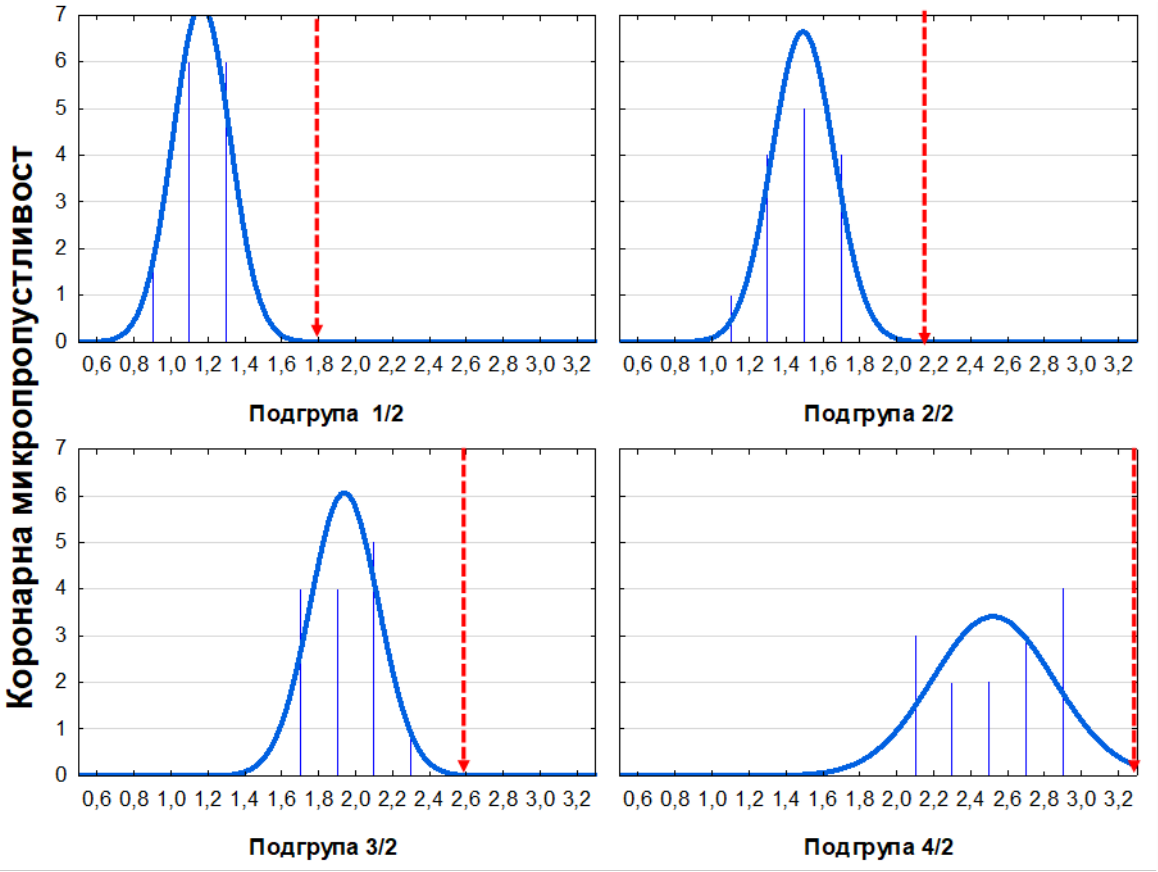
2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА + единечна гутаперка (p=0,00004); б) несигнификантно гранично поголема споредено со Подгрупа 2/2 - 2,5% *NaOCl* со УЗА + единечна гутаперка (p=0,0586); и в) несигнификантно помала споредено со Подгрупа 4/2 – физиолошки раствор + единечна гутаперка (p=0,2775).



Подгрупа 1/2 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА + единечна гутаперка; Подгрупа 2/2 - 2,5% *NaOCl* со УЗА + единечна гутаперка; Подгрупа 3/2 - 2,5% *NaOCl* + 17% EDTA без УЗА + единечна гутаперка; Подгрупа 4/2 - физиолошки раствор + единечна гутаперка;

График 15. Споредба на коронарна микропропусливост според подгрупи на техника на обтурација на единечна гутаперка

- Коронарна микропропустливост на Подгрупа 4/2 – физиолошки раствор + единечна гутаперка беше: а) сигнификантно поголема споредено со Подгрупа 1/2 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА + единечна гутаперка (p=0,00001); б) сигнификантно поголема споредено со Подгрупа 2/2 - 2,5% *NaOCl* со УЗА + единечна гутаперка (p=0,00002); и в) несигнификантно поголема споредено со Подгрупа 3/2 - *NaOCl*+17% EDTA без УЗА + единечна гутаперка (p=0,2775).



Подгрупа 1/2 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА + единечна гутаперка; Подгрупа 2/2 - 2,5% *NaOCl* со УЗА + единечна гутаперка; Подгрупа 3/2 - 2,5% *NaOCl* + 17% EDTA без УЗА + единечна гутаперка; Подгрупа 4/2 - физиолошки раствор + единечна гутаперка;

График 16. Поединечна коронарна микропропусливост според подгрупи со техника на обтурација на единечна гутаперка

Апикална микропропустливост

Апикалната микропропустливост (мм) беше одредувана во секоја од четирите групи поединечно и тоа во: а) Група 1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со ултразвучна активација; б) Група 2 - 2,5% *NaOCl со* ултразвучна активација; в) Група 3 - 2,5% *NaOCl* + 17% EDTA без ултразвучна активација; и г) Група 4 - физиолошки раствор како контролна група.

Дополнително апикалната микропропустливост беше одредувана и во двете подгрупи во секоја од четирите групи базирани на техника на обтурација на топла вертикална кондензација на гутаперка односно на единечна гутаперка.

Апикална микропропустливост

Група 1: 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со ултразвучна активација

Анализата на апикалната микропропустливост (мм) беше направена за секој од 28те примероци на еднокорени заби во Група 1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА односно за секој од 14те примероци од двете подгрупи и тоа Подгрупа 1/1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка и Подгрупа 1/2 -2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА + единечна гутаперка (Табела 14).

Анализата за вредностите добиени за апикалната микропропусливост во целиот примерок на Група 1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА укажа на правилна дистрибуција на фреквенциите за Shapiro-Wilk W=0,9754; p=0,7297 (График 17). Согласно утврдената дитрибиција на фреквенциите во понатамошната постапка беа применети соодветни тестови за анализа.

Група 1: 2,5% *NaOCl* + 17% EDTA+УЗА

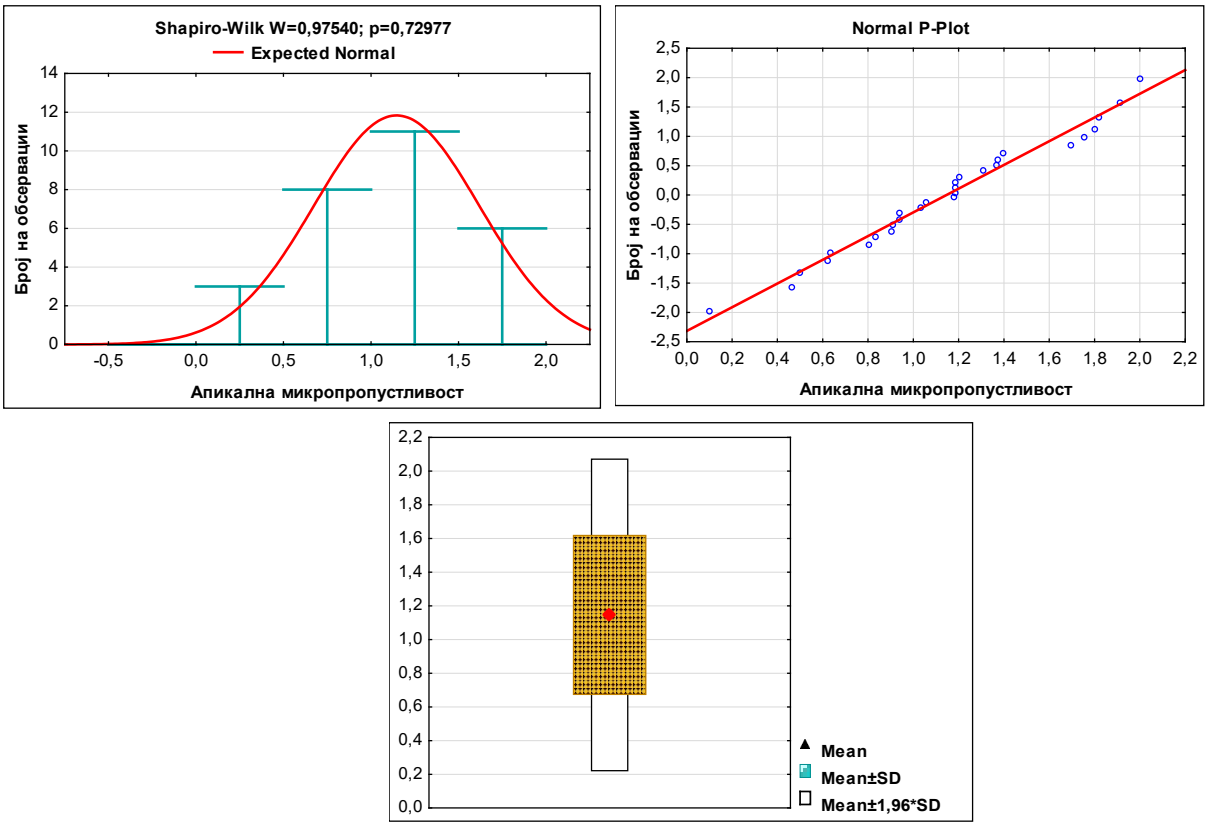


График 17. Апикална микропропусливост на Група 1: 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со ултразвучна активација (УЗА)

Група 1 – вкупно: Просечната апикална микропропусливост на Група 1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА изнесуваше 1,15±0,47мм со мин/мак димензии од 0,10/ 2,00мм. Стандардната грешка на добиената просечна вредност за апикална микропропустливост изнесуваше 0,089мм за Std. Err of Mean=0,089. Анализата укажа дека 50% од примероците на еднокорени заби во оваа група имаат апикална микропропусливост ≤1,18мм. Кај 25% од нив, апикалната микропропустливост беше ≤0,86мм односно кај 75% апикалната микропропусливост беше ≤1,38мм за Median (IQR) = 1,18 (0,86-1,38). Апикална микропропусливост со вредност >1,38мм беше утврдена кај 25% од примероците на еднокорени заби во Група 1 (Табела 14 и График 17).

Табела 14. Апикална микропропусливост на Група 1 - 2,5% NaOCl+17% EDTA со УЗА и подгрупи

Параметри	Апикална микропропусливост (мм)						
	N	Mean±SD	Min/ Max	Percentiles			Std. Err of Mean
				25th	50th (Median)	75th	
Група 1: 2,5% *NaOCl* + 17% EDTA со ултразвучна активација							
Група 1	28	1,15±0,47	0,10/ 2,00	0,86	1,18	1,38	0,089
Подгрупи 1/1 и 1/2							
Подгрупа 1/1	14	1,02±0,42	1,10/ 1,80	0,83	1,11	1,20	0,113
Подгрупа 1/2	14	1,27±0,49	0,50/ 2,00	0,91	1,25	1,75	0,133
P	Подгрупа 1/1 vs. 1/2: $T\text{-test}_{(26)}$=-1,481; p=0,1507						

Подгрупа 1/1 = 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка ;
Подгрупа 1/2 = 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА + единечна гутаперка;
УЗА = ултра звучна активација;
Mean = Просек; SD = Стандардна девијација; Median = Медијана; Min/ Max=Мин/Мак;
Percentiles=Перцентили; Std. Err of mean = Стандардна грешка на просек;
T-test for idependent samples; *сигнификантно за p<0,05

Правилна дистрибуција на фреквенциите во однос на апикалната микропропустливост беше согледана и во двете подгрупи и тоа во: а) Подгрупа 1/1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка за Shapiro-Wilk W=0,9653; p=0,8089; и б) Подгрупа 1/2 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА + единечна гутаперка за Shapiro-Wilk W=0,9432; p=0,4609. Базирано на дитрибиција на фреквенциите во понатамошната анализа беа применети соодветни тестови.

Подгрупа 1/1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА + вертикална кондензација на загреана гутаперка: Просечната апикална микропропусливост на Подгрупа 1/1 изнесуваше 1,02±0,42мм со мин/мак димензии од 1,10/ 1,80мм. Стандардната грешка на добиената просечна вредност за апикална микропропустливост изнесуваше 0,113мм за Std. Err of Mean=0,113мм. Кај 50% од примероците на еднокорени

заби во Подгрупа 1/1 апикалната микропропусливост беше ≤1,11мм (Табела 14 и График 18).

Кај 25% од забите во Подгрупа 1/1 апикалната микропропустливост беше ≤0,83мм односно кај 75% апикалната микропропусливост беше ≤1,20мм за Median (IQR)=1,11 (0,83-1,20). Апикална микропропусливост >1,20мм имаше кај 25% од примероците на заби во Подгрупа 1/1 (Табела 14 и График 18).

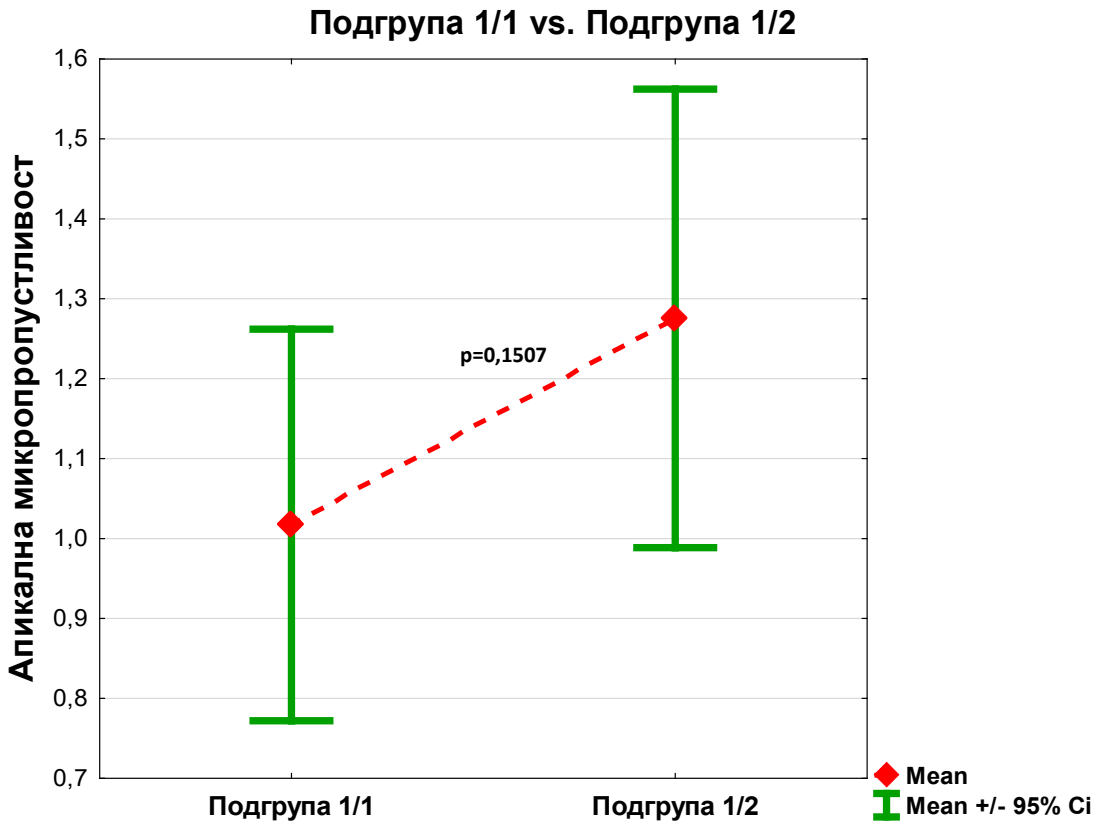


График 18. Споредба на апикална микропропустливист помеѓу Подгрупа 1/1 vs. Подгрупа 1/2

Подгрупа 1/2 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА + единечна гутаперка:

Просечната апикална микропропусливост на Подгрупа 1/2 изнесуваше 1,27±0,49мм со мин/мак димензии од 0,50/ 2,00мм. Стандардната грешка на добиената просечна вредност за апикална микропропустливост во Подгрупа 1/2 изнесуваше 0,133мм за Std. Err of Mean=0,133мм. Кај 50% еднокорени заби во Подгрупа 1/2 апикална микропропусливост беше ≤1,25мм.

Кај 25% од нив апикалната микропропустливост беше ≤1,91мм односно кај 75% апикалната микропропусливост беше ≤1,20мм за Median (IQR)=1,11 (1,83-1,20). Апикална микропропусливост >1,20мм имаше кај 25% од примероците на еднокорени заби во Подгрупа 1/2 (Табела 14 и График 18).

Подгрупа 1/1 vs. Подгрупа 1/2: Во Подгрупа 1/1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка утврдена беше несигнификантно помала апикална микропропустливост (1,02±0,42мм) споредено со Подгрупа 1/2 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА + единечна гутаперка (1,27±0,49мм) за T-test$_{(26)}$=-1,481; p=0,1507 (Табела 14 и График 18).

Апикална микропропустливост

Група 2: 2,5% *NaOCl* со ултразвучна активација

Апикалната микропропустливост (мм) беше утврдувана и анализирана за секој од 28те примероци на еднокорени заби во Група 2 - 2,5% *NaOCl* со УЗА односно за секој од 14те примероци од двете подгрупи и тоа Подгрупа 2/1 - 2,5% *NaOCl* со УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка и Подгрупа 2/2 -2,5% *NaOCl* со УЗА + единечна гутаперка (Табела 15).

Анализата за вредностите добиени за апикалната микропропусливост во целиот примерок на Група 2 - 2,5% *NaOCl* со УЗА укажа на неправилна дистрибуција на фреквенциите за Shapiro-Wilk W=0,7976; p=0,0001. Графичкиот приказ на дистрибуцијата е даден на График 19.

Согласно утврдената дитрибиција на фреквенциите во понатамошната постапка беа применети соодветни тестови за анализа.

Група 2: 2,5% *NaOCl* +УЗА

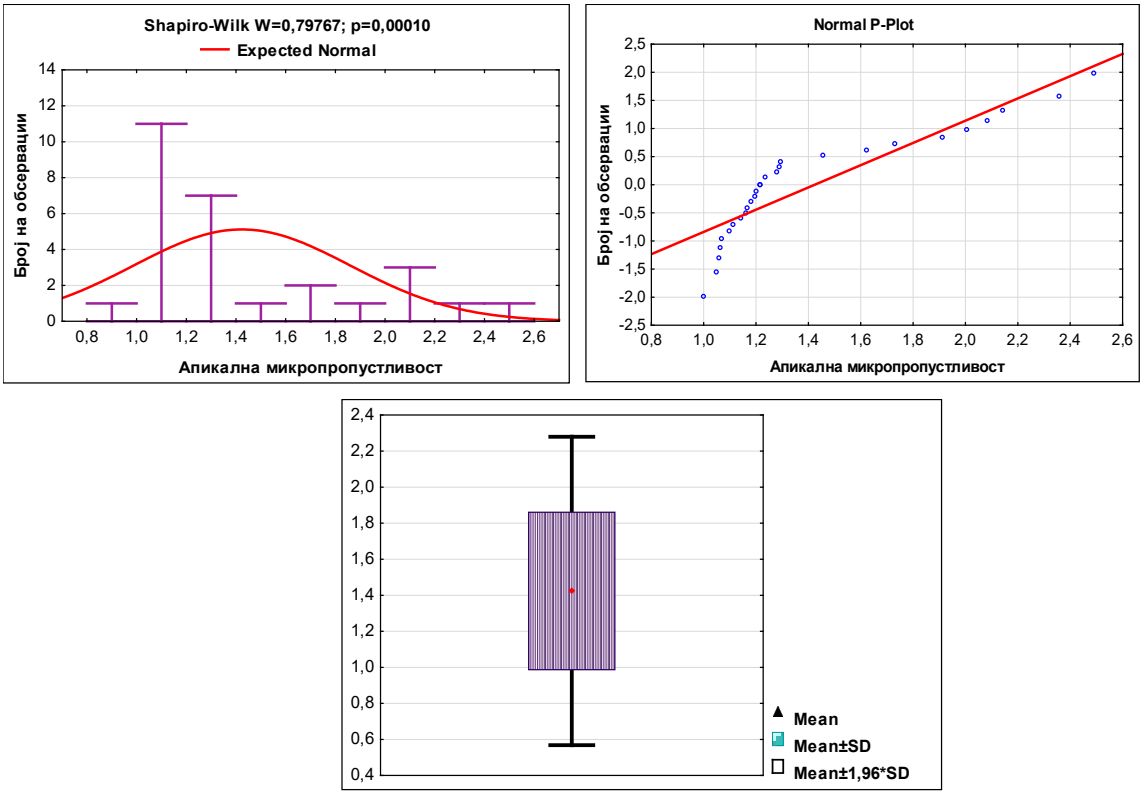


График 19. Апикална микропропусливост на Група 2 - 2,5% *NaOCl* со УЗА

Група 2 – вкупно: Просечната апикална микропропусливост на Група 2 - 2,5% *NaOCl* со УЗА изнесуваше 1,42±0,44мм со мин/мак добиени вредности од 1,00/ 2,49мм. Стандардната грешка на добиената просечна вредност за апикална микропропустливост изнесуваше 0,082мм за Std. Err of Mean=0,082. Анализата укажа дека 50% од примероците на еднокорени заби во оваа група имаат апикална микропропусливост ≤1,22мм. Кај 25% од нив, апикалната микропропустливост беше ≤1,13мм односно кај 75% апикалната микропропусливост беше ≤1,68мм за Median (IQR) = 1,22 (1,13-1,68). Апикална микропропусливост со вредност >1,68мм беше утврдена кај 25% од примероците на еднокорени заби во Група 2 (Табела 15 и График 19).

Табела 15. Апикална микропропусливост на Група 2 (2,5% NaOCl со УЗА и подгрупи)

Параметри	Апикална микропропусливост (мм)						
	N	Mean±SD	Min/ Max	Percentiles			Std. Err of Mean
				25th	50th (Median)	75th	
Група 2: 2,5% *NaOCl* со ултразвучна активација							
Група 2	28	1,42±0,44	1,00/ 2,49	1,13	1,22	1,68	0,082
Подгрупи 2/1 и 2/2							
Подгрупа 2/1	14	1,16±0,08	1,05/ 1,29	1,07	1,66	1,21	0,022
Подгрупа 2/2	14	1,69±0,49	1,00/ 2,49	1,22	1,67	2,09	0,130
P	Подгрупа 2/1 vs. 2/2: Mann-Whitney U test: Z=(-2,941; p=0,0033*						

Подгрупа 2/1 = 2,5% *NaOCl* со УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка ;
Подгрупа 2/2 = 2,5% *NaOCl* со УЗА + единечна гутаперка;
УЗА = ултра звучна активација;
Mean = Просек; SD = Стандардна девијација; Median = Медијана; Min/ Max=Мин/Мак;
Percentiles=Перцентили; Std. Err of mean = Стандардна грешка на просек;
Mann Whitney U test; *сигнификантно за p<0,05

Неправилна дистрибуција на фреквенциите во однос на апикалната микропропустливост беше согледана и во двете подгрупи и тоа во: а) Подгрупа 2/1 - 2,5% *NaOCl* со УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка за Shapiro-Wilk W=0,9653; p=0,8089; и во б) Подгрупа 2/2 - 2,5% *NaOCl* со УЗА + единечна гутаперка за Shapiro-Wilk W=0,9432; p=0,4609. Во понатамошната анализа беа применети соодветни тестови базирано на утврдената дитрибиција на добиените фреквенциите за апикалната микропропустливост.

Подгрупа 2/1 - 2,5% *NaOCl* со УЗА + вертикална кондензација на загреана гутаперка: Просечната апикална микропропусливост на Подгрупа 2/1 изнесуваше 1,16±0,08мм со мин/мак димензии од 1,05/ 1,29мм. Стандардната грешка на добиената просечна вредност за апикална микропропустливост изнесуваше 0,022мм за Std. Err of Mean=0,022мм. Кај 50% од примероците на еднокорени заби во подгрупа 2/1 беше утврдена апикална микропропусливост ≤1,66мм. Кај 25% од нив апикалната

микропропустливост беше ≤1,07мм односно кај 75% апикалната микропропусливост беше ≤1,21мм за Median (IQR)=1,66 (1,07-1,21). Апикална микропропусливост >1,35мм имаше кај 25% од примероците на заби во Подгрупа 2/1 (Табела 15 и График 20).

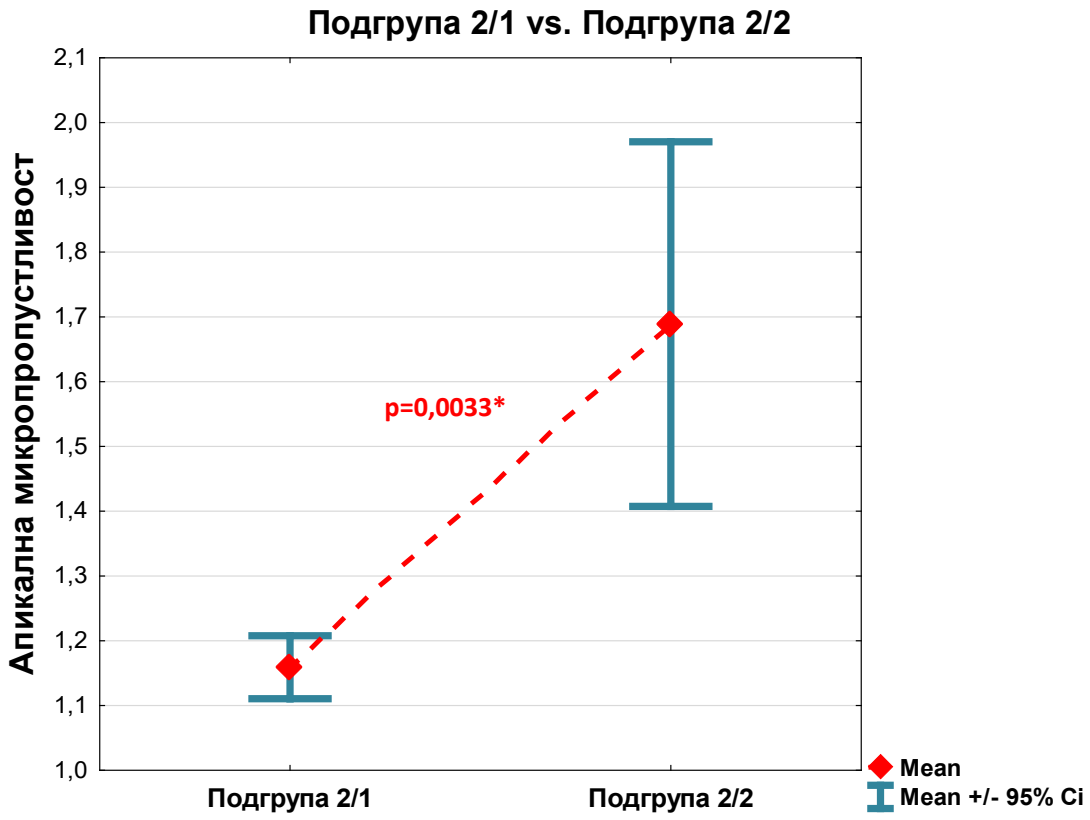


График 20. Споредба на апикална микропропустливист помеѓу Подгрупа 2/1 vs. Подгрупа 2/2

Подгрупа 2/2 - 2,5% *NaOCl* со УЗА + единечна гутаперка: Просечната апикална микропропусливост на Подгрупа 2/2 изнесуваше 1,69±0,49мм со мин/мак димензии од 1,00/ 2,49мм. Стандардната грешка на добиената просечна вредност за апикална микропропустливост во Подгрупа 2/2 изнесуваше 0,130мм за Std. Err of Mean=0,130мм. Кај 50% примероци на заби во подгрупа 2/2 апикална микропропусливост беше ≤1,67мм (Табела 15 и График 20).

Кај 25% од примероците на Подгрупа 2/2 апикалната микропропустливост беше ≤1,67мм односно кај 75% апикалната микропропусливост беше ≤2,09мм за Median (IQR)=1,67 (1,22-2,09). Апикална микропропусливост >2,09мм имаше кај 25% од примероците на еднокорени заби во Подгрупа 2/2 (Табела 15 и График 20).

Подгрупа 2/1 vs. Подгрупа 2/2: Во Подгрупа 2/1 - 2,5% *NaOCl* со УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка утврдена беше сигнификантно помала апикална микропропустливост (1,16±0,08мм) споредено со Подгрупа 2/2 - 2,5% *NaOCl* со УЗА + единечна гутаперка (1,69±0,49мм) за Mann-Whitney U test: Z=(-2,941; p=0,0033 (Табела 15 и График 20).

Апикална микропропустливост

Група 3: 2,5% *NaOCl*+17% EDTA без ултразвучна активација

Апикалната микропропустливост (мм) беше утврдена за секој од 28те примероци на еднокорени заби во Група 3 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA без УЗА односно за секој од 14те примероци од двете подгрупи и тоа Подгрупа 3/1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA без УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка и Подгрупа 3/2 -2,5% *NaOCl*+17% EDTA без УЗА + единечна гутаперка (Табела 16).

Анализата за вредностите добиени за апикалната микропропусливост во целиот примерок на Група 3 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA без УЗА укажа на неправилна дистрибуција на фреквенциите за Shapiro-Wilk W=0,8286 p=0,0003 (График 21). Базирано на дитрибиција на фреквенциите беа применети соодветни тестови за анализа.

Група 3: 2,5% *NaOCl* + 17% EDTA без УЗА

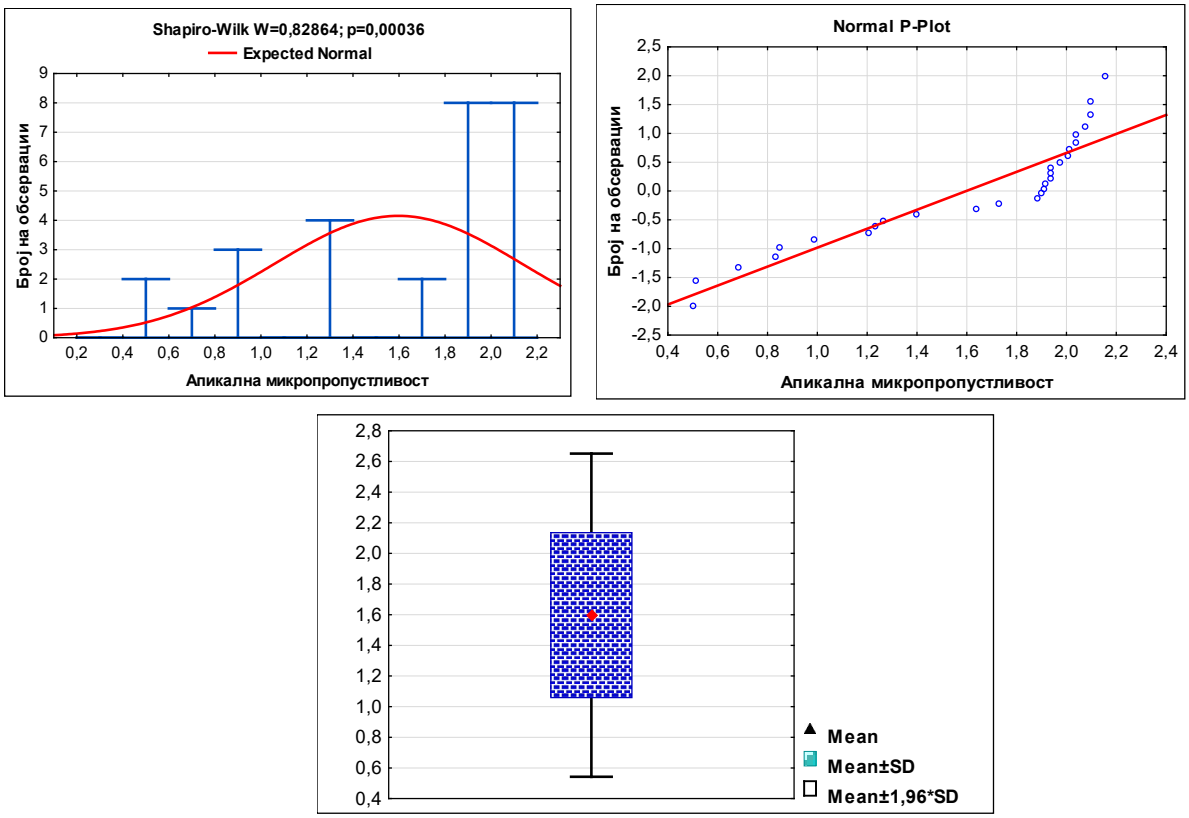


График 21. Апикална микропропусливост на Група 3: 2,5% *NaOCl*+17% EDTA без УЗА

Група 3 – вкупно: Просечната апикална микропропусливост на Група 3 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA без УЗА изнесуваше 1,60±0,53мм со мин/мак димензии од 0,50/ 2,15мм. Стандардната грешка на добиената просечна вредност за апикална микропропустливост изнесуваше 0,101мм за Std. Err of Mean=0,101. Анализата укажа дека 50% од примероците на еднокорени заби во оваа група имаат апикална микропропусливост ≤1,22мм. Кај 25% од нив, апикалната микропропустливост беше ≤1,90мм односно кај 75% апикалната микропропусливост беше ≤1,89мм за Median (IQR) = 1,22 (1,90-1,89). Апикална микропропусливост со вредност >1,89мм беше утврдена кај 25% од примероците на еднокорени заби во Група 3 (Табела 16 и График 22).

Табела 16. Апикална микропропусливост на Група 3 (2,5% NaOCl+17% EDTA без УЗА и подгрупи

Параметри	Апикална микропропусливост (мм)						
	N	Mean±SD	Min/ Max	Percentiles			Std. Err of Mean
				25th	50th (Median)	75th	
Група 3: 2,5% *NaOCl* + 17% EDTA без ултразвучна активација							
Група 3	28	1,60±0,53	0,50/ 2,15	1,90	1,22	1,89	0,101
Подгрупи 3/1 и 3/2							
Подгрупа 3/1	14	1,19±0,48	0,50/ 1,91	1,22	0,83	1,64	0,129
Подгрупа 3/2	14	2,00±0,08	1,90/ 2,15	2,01	1,94	2,07	0,021
P	Подгрупа 3/1 vs. 3/2 : T-test$_{(26)}$=-6,276; p=0,00001*						

Подгрупа 3/1 = 2,5% *NaOCl*+17% EDTA без УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка ;
Подгрупа 3/2 = 2,5% *NaOCl*+17% EDTA без УЗА + единечна гутаперка;
УЗА = ултра звучна активација;
Mean = Просек; SD = Стандардна девијација; Median = Медијана; Min/ Max=Мин/Мак;
Percentiles=Перцентили; Std. Err of mean = Стандардна грешка на просек;
T-test for idependent samples; *сигнификантно за p<0,05

Правилна дистрибуција на фреквенциите во однос на апикалната микропропустливост беше согледана во двете подгрупи и тоа: а) Подгрупа 3/1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA без УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка за Shapiro-Wilk W=0,9428; p=0,4555; и б) Подгрупа 3/2 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA без УЗА + единечна гутаперка за Shapiro-Wilk W=0,9480; p=0,3269. Базирано на дитрибиција на фреквенциите во понатамошната анализа беа применети соодветни тестови.

Подгрупа 3/1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA без УЗА + вертикална кондензација на загреана гутаперка: Просечната апикална микропропусливост на Подгрупа 3/1 изнесуваше 1,19±0,48мм со мин/мак димензии од 0,50/ 1,91мм. Стандардната грешка на добиената просечна вредност за апикална микропропустливост изнесуваше 0,129мм за Std. Err of Mean=0,129мм (Табела 16 и График 22).

Кај 50% од примероците на еднокорени заби во подгрупа 3/1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA без УЗА + вертикална кондензација на загреана гутаперка имаат апикална микропропусливост ≤0,83мм. Кај 25% од нив апикалната микропропустливост беше ≤1,22мм односно кај 75% апикалната микропропусливост беше ≤1,64мм за Median (IQR)=0,83 (1,22-1,64). Апикална микропропусливост >2,07мм имаше кај 25% од примероците на заби во Подгрупа 3/1 (Табела 16 и График 22).

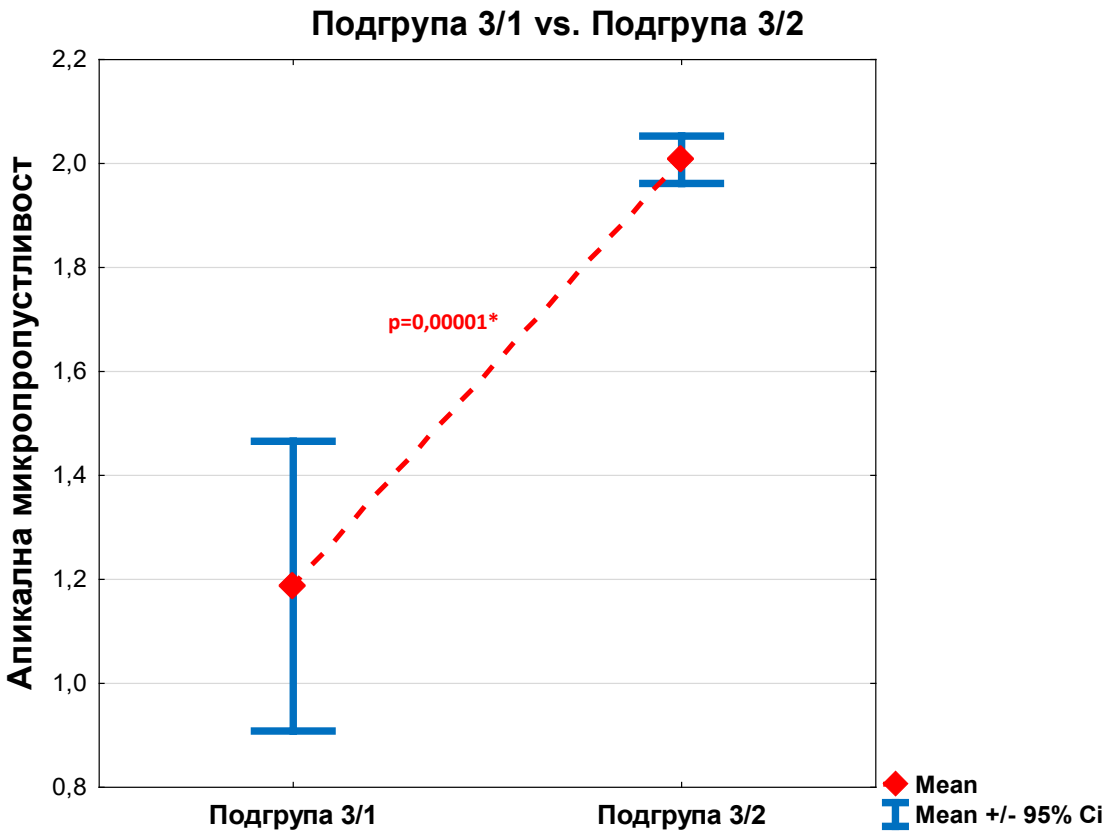


График 22. Споредба на апикална микропропустливист помеѓу Подгрупа 3/1 vs. Подгрупа 3/2

Подгрупа 3/2 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА + единечна гутаперка:

Просечната апикална микропропусливост на Подгрупа 3/2 изнесуваше 2,00±0,08мм со мин/мак пропустливост од 1,90/ 2,15мм. Стандардната грешка на добиената просечна вредност за апикална микропропустливост во Подгрупа 3/2 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА + единечна гутаперка изнесуваше 0,021мм за Std. Err of Mean=0,021мм. Апикална микропропусливост кај 50% еднокорени заби во подгрупа 3/2, изнесуваше ≤2,07мм (Табела 16 и График 22).

Кај 25% од нив апикалната микропропустливост во Подгрупа 3/1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA без УЗА + единечна гутаперка беше ≤2,01мм односно кај 75% апикалната микропропусливост беше ≤2,07мм за Median (IQR)=1,94 (2,01-2,07). Апикална микропропусливост >2,07мм имаше кај 25% од примероците на еднокорени заби во Подгрупа 3/2 (Табела 16 и График 22).

Подгрупа 3/1 vs. Подгрупа 3/2: Во Подгрупа 3/1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA без УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка утврдена беше сигнификантно помала просечната апикална микропропустливост (10,50/ 1,91мм) споредено со Подгрупа 3/2 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA без УЗА + единечна гутаперка (1,90/ 2,15мм) за $T\text{-test}_{(26)}$=-6,276; p=0,00001 (Табела 15 и График 22).

Апикална микропропустливост

Група 4: Физиолошки раствор

Апикалната микропропустливост (мм) беше утврдена за секој од 28те примероци на еднокорени заби во Група 4 – физиолошки раствор за секој од 14те примероци од двете подгрупи и тоа Подгрупа 4/1 – физиолошки раствор + топла вертикална кондензација на гутаперка и Подгрупа 4/2 - физиолошки раствор + единечна гутаперка (Табела 17).

Анализата за вредностите добиени за апикалната микропропусливост во целиот примерок на Група 4 – физиолошки раствор укажа на правилна дистрибуција на фреквенциите за Shapiro-Wilk W=0,8556; p=0,0012 (График 23). Базирано на утврдената дитрибиција на фреквенциите во понатамошната постапка анализата беше направена со користење на соодветни тестови.

Група 4: Физиолошки раствор

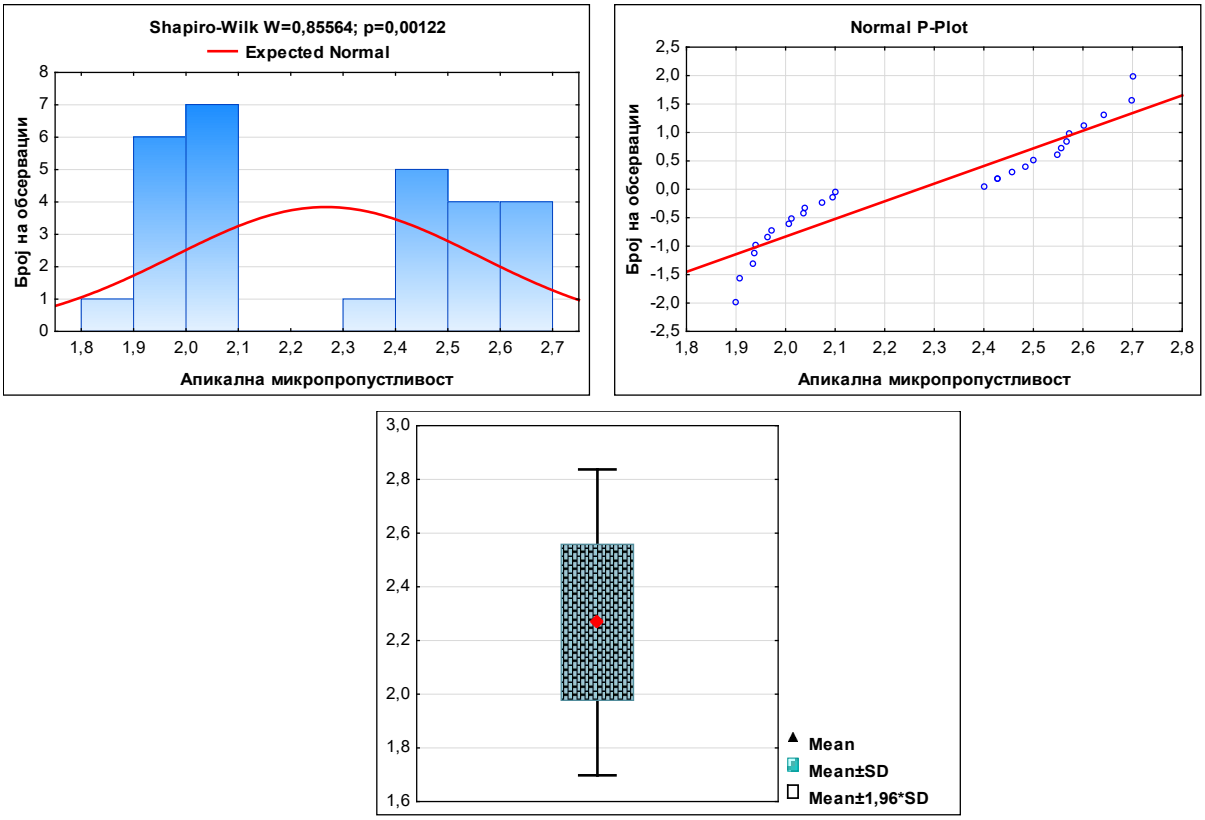


График 23. Апикална микропропусливост на Група 4 - физиолошки раствор

Група 4 – вкупно: Во Група 4 со физиоплошки раствор просечната апикална микропропусливост изнесуваше 2,26±0,29мм со мин/мак димензии од 1,90/ 2,70мм. Стандардната грешка на добиената просечна вредност за апикална микропропустливост во оваа група изнесуваше 0,055мм за Std. Err of Mean=0,055. Анализата укажа дека 50% од еднокорените заби во оваа група имаат апикална микропропусливост ≤2,25мм. Кај 25% од нив, апикалната микропропустливост беше ≤1,99мм односно кај 75% истата беше ≤2,55мм за Median (IQR) = 2,25 (1,99-2,55). Апикална микропропусливост со вредност >1,99мм беше утврдена кај 25% од примероците на еднокорени заби во Група 4 со физиолошки раствор (Табела 17 и График 24).

Табела 17. Апикална микропропусливост на Група 4 (физиолошки раствор)

Параметри	Апикална микропропусливост (мм)						
	N	Mean±SD	Min/ Max	Percentiles			Std. Err of Mean
				25th	50th (Median)	75th	
Група 4: Физиолошки раствор							
Група 4	28	2,26±0,29	1,90/ 2,70	1,99	2,25	2,55	0,055
Подгрупи 4/1 и 4/2							
Подгрупа 4/1	14	1,99±0,07	1,90/ 2,10	1,94	1,99	2,04	0,018
Подгрупа 4/2	14	2,54±0,10	2,40/ 2,70	2,45	2,55	2,60	0,026
P	Подгрупа 4/1 vs. 4/2: T-test$_{(26)}$=(-17,220; p=0,00001*						

Подгрупа 1/1 = физиолошки раствор + топла вертикална кондензација на гутаперка;
Подгрупа 1/2 = физиолошки раствор + единечна гутаперка;
УЗА = ултра звучна активација;
Mean = Просек; SD = Стандардна девијација; Median = Медијана; Min/ Max=Мин/Мак;
Percentiles=Перцентили; Std. Err of mean = Стандардна грешка на просек;
T-test for idependent samples; *сигнификантно за p<0,05

Правилна дистрибуција на фреквенциите во однос на апикалната микропропустливост беше согледана во двете подгрупи и тоа: а) Подгрупа 4/1 – физиолошки раствор + топла вертикална кондензација на гутаперка за Shapiro-Wilk W=0,9347; p=0,3547; и б) Подгрупа 4/2 – физиолошки раствор + единечна гутаперка за Shapiro-Wilk W=0,9481; p=0,5320. Согласно дитрибиција на фреквенциите за апикалната микропропустливост во понатамошната анализа беа применети соодветни тестови.

Подгрупа 4/1 – физиолошки раствор + вертикална кондензација на загреана гутаперка: Просечната апикална микропропусливост на Подгрупа 4/1 изнесуваше 1,99±0,07мм со мин/мак вредности од 1,90/ 2,10мм. Стандардната грешка на добиената просечна вредност за апикална микропропустливост изнесуваше 0,018мм за Std. Err of Mean=0,018мм. Кај 50% од примероците на еднокорени заби во Подгрупа 4/1 имаа апикална микропропусливост ≤1,99мм (Табела 17 и График 24).

Кај 25% од забите во Подгрупа 4/1 апикалната микропропустливост беше ≤1,99мм односно кај 75% апикалната микропропусливост беше ≤2,04мм за Median (IQR)=2,99 (1,94-2,04). Апикална микропропусливост >2,04мм имаше кај 25% од примероците на заби во Подгрупа 4/1 (Табела 17 и График 24).

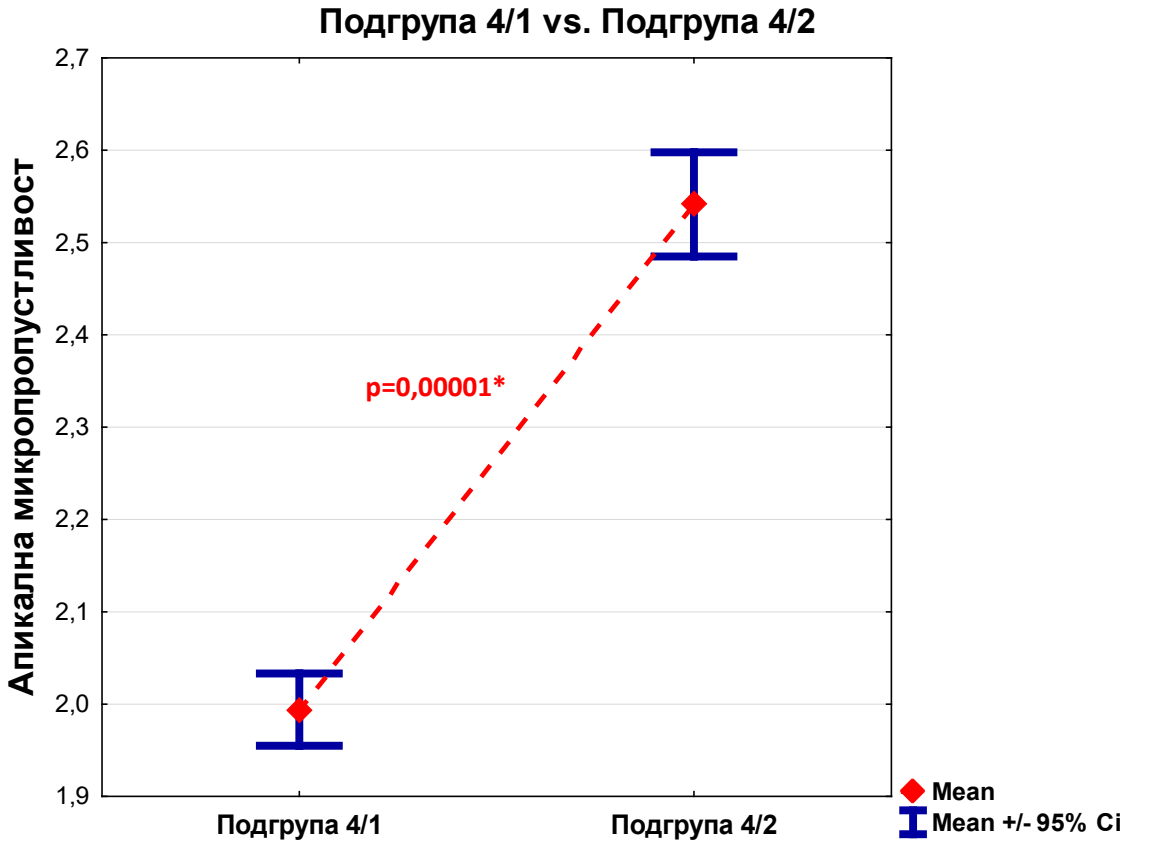


График 24. Споредба на апикална микропропустливист помеѓу Подгрупа 4/1 vs. Подгрупа 4/2

Подгрупа 4/2 – физиолошки раствор + единечна гутаперка: Просечната апикална микропропусливост на Подгрупа 4/2 изнесуваше 2,54±0,10мм со мин/мак вредност од 2,40/ 2,70мм. Стандардната грешка на добиената просечна вредност за апикална микропропустливост во Подгрупа 4/2 изнесуваше 0,026мм за Std. Err of Mean=0,026мм. Апикална микропропусливост кај 50% еднокорени заби во подгрупа 4/2, изнесуваше ≤2,55мм (Табела 17 и График 24).

Кај 25% од нив забите во Подгрупа 4/2 - физиолошки раствор + единечна гутаперка апикалната микропропустливост беше ≤2,45мм односно кај 75% од нив апикалната микропропусливост беше ≤2,60мм за Median (IQR)=2,55 (2,45-2,60). Апикална микропропусливост >2,60мм имаше кај 25% од примероците на еднокорени заби во Подгрупа 4/2 (Табела 17 и График 24).

Подгрупа 4/1 vs. Подгрупа 4/2: Во Подгрупа 4/1 – физиоолошки раствор + топла вертикална кондензација на гутаперка утврдена беше сигнификантно помала просечната апикална микропропустливост (1,99±0,07мм) споредено со Подгрупа 4/2 – физиолошки раствор + единечна гутаперка (2,54±0,10мм) за T-test$_{(26)}$=(-17,220; p=0,00001 (Табела 17 и График 24).

Меѓугрупна споредба на апикална микропропустливост

Во рамките на истражувањето направена беше споредба на апикалната микропропустливост (мм) меѓу четирите групи и тоа во: а) Група 1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со ултразвучна активација; б) Група 2 - 2,5% *NaOCl со* ултразвучна активација; в) Група 3 - 2,5% *NaOCl* + 17% EDTA без ултразвучна активација; и г) Група 4 - физиолошки раствор (Табела 18 и График 25).

Табела 18. Меѓугрупна споредба на апикална микропропусливост

Параметри	Апикална микропропусливост (мм)						
	N	Mean±SD	Min/ Max	Percentiles			p
				25th	50th (Median)	75th	
Групи							
Група 1: 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со ултразвучна активација	28	1,15±0,47	0,10/ 2,00	0,86	1,18	1,38	$X^2_{(3, N=112)} = 53,015$; p=0,00001*
Група 2: 2,5% *NaOCl со* ултразвучна активација	28	1,42±0,44	1,00/ 2,49	1,13	1,22	1,68	
Група 3: 2,5% *NaOCl* + 17% EDTA без ултразвучна активација	28	1,60±0,53	0,50/ 2,15	1,90	1,22	1,89	
Група 4: Физиолошки раствор	28	2,26±0,29	1,90/ 2,70	1,99	2,25	2,55	

Mean = Просек; SD = Стандардна девијација; Median = Медијана; Min/ Max=Мин/Мак; Percentiles=Перцентили; Std. Err of mean = Стандардна грешка на просек; Krushal Wallis H test; *сигнификантно за p<0,05

Утврдена беше сигнификантна разлика меѓу апикалната микропропустливост на четирите групи на еднокорени заби третирани со различни протоколи на иригација за Krushal Wallis H test: $X^2_{(3, N=112)} = 53,015$; p=0,0001 (Табела 18 и График 25).

Сигнификатно најмала апикална микропропустливост имаше Група 1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со ултразвучна активација за 1,15±0,47мм, следено со Група 2 - 2,5% *NaOCl со* ултразвучна активација за 1,42±0,44мм, и Група 3 - 2,5% *NaOCl* + 17% EDTA без ултразвучна активација за 1,60±0,53мм. Сигнификатно најголема апикална микропропустливост, од сите анализирани групи, имаше во Група 4 - физиолошки раствор за 2,26±0,29мм (Табела 18-19 и График 25).

Табела 19. Post hoc анализа на апикална микропропусливост според групи

Групи	Група 1 R:31,214	Група 2 R:46,268	Група 3 R:56,625	Група 4 R:91,893
Група 1	-	0,49709	0,02049	0,00001
Група 2	0,49709	-	1,0000	0,00001
Група 3	0,02049	1,0000	-	0,00029
Група 4	0,00001	0,00001	0,00029	-

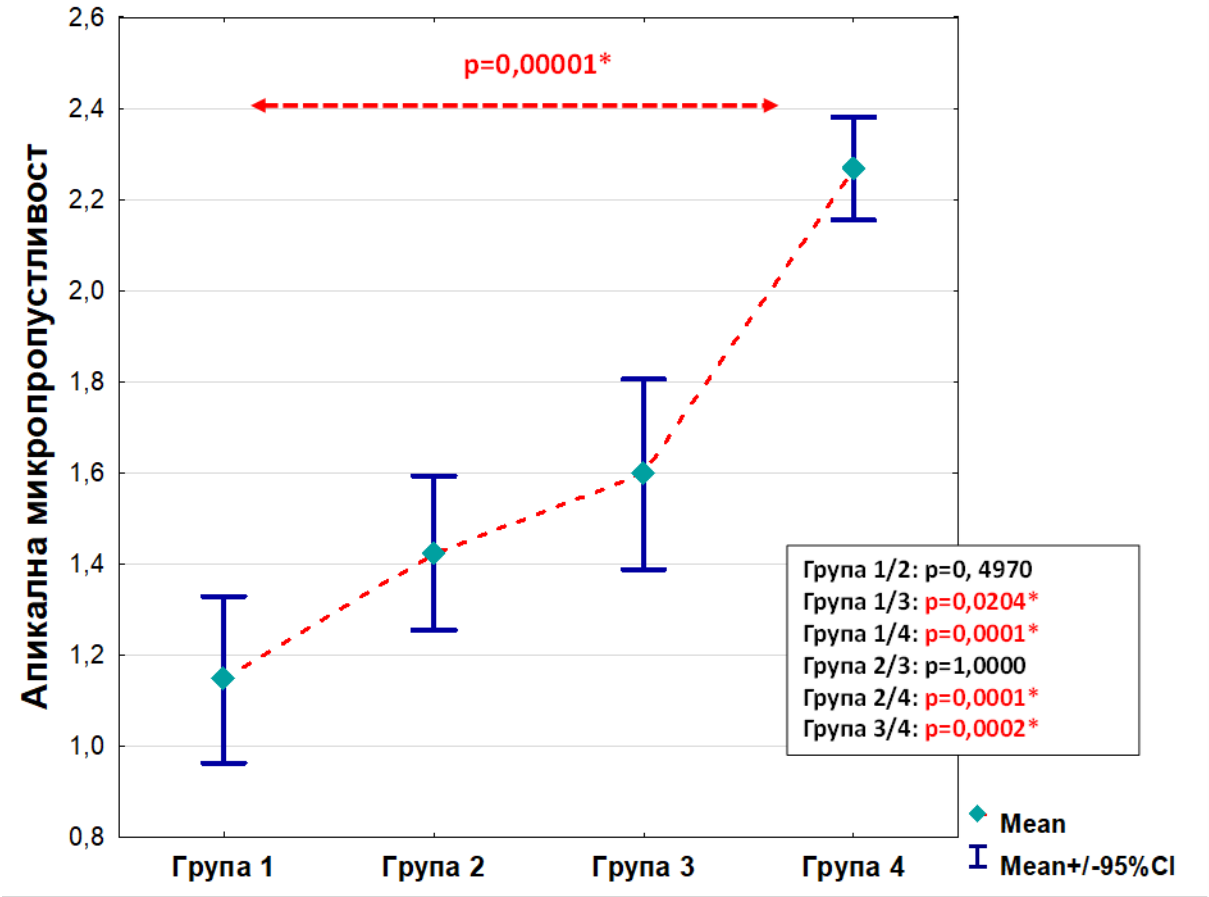
Дополнителната Post hoc анализата на апикалната микропропустливост меѓу четирите групи укажа дека (Табела 19 и График 25):

- **Група 1 -** 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА има гранично несигнификантно помала апикална микропропустливост споредено со Група 2 - 2,5% *NaOCl со* УЗА (p=0,497), а сигнификантно помала коранарна микропропустливост споредено со Група 3 - 2,5% *NaOCl* + 17% EDTA без УЗА (p=0,0001) и Група 4 - физиолошки раствор (p=0,0001);

- **Група 2 -** 2,5% *NaOCl со* УЗА има гранично несигнификантно поголема апикална микропропустливост споредено со Група 1 (p=0,497), несигнификантно помала апикална микропропустливост споредено со Група 3 - 2,5% *NaOCl* + 17% EDTA без УЗА (p=1,0000) и сигнификантно помала апикална микропропустливост споредено со Група 4 - физиолошки раствор (p=0,000001);

- **Група 3 -** 2,5% *NaOCl* + 17% EDTA без УЗА има сигнификантно поголема апикална микропропустливост споредено со Група 1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА (p=0,0001), несигнификантно поголема споредено со Група 2 - 2,5% *NaOCl со* УЗА (p=1,0000), и сигнификантно помала апикална микропропустливост споредено со Група 4 - физиолошки раствор (p=0,0002);

- **Група 4 -** физиолошки раствор има сигнификантно поголема апикална микропропустливост споредено со сите останати три групи и тоа Група 1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА (p=0,00001), Група 2 - 2,5% *NaOCl со* УЗА (p=0,00001) и Група 3 - 2,5% *NaOCl* + 17% EDTA без УЗА (p=0,00029).



Група 1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА; Група 2 - 2,5% *NaOCl со* УЗА;
Група 3 - 2,5% *NaOCl* + 17% EDTA без УЗА; Група 4 - физиолошки раствор

График 25. Споредба на апикална микропропусливост според групи

Меѓуподгрупна споредба на апикална микропропустливост

Подгрупи од четири групи со техника на обтурација на топла вертикална кондензација на гутаперка - во рамките на истражувањето направена беше споредба на апикалната микропропустливост според двете подгрупи во секоја од четирите групи базирана на техника на обтурација на топла вертикална кондензација на гутаперка (Табела 20-21 и График 26-27).

Табела 20. Меѓуподгрупна споредба на апикална микропропусливост (техника на обтурација на топла вертикална кондензација на гутаперка)

Параметри	Апикална микропропусливост (мм)						
	N	Mean±SD	Min/ Max	Percentiles			p
				25th	50th (Median)	75th	
Подгрупи со топла вертикална кондензација на гутаперка							
Подгрупа 1/1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка	14	1,02±0,42	1,10/ 1,80	0,83	1,11	1,20	$X^2_{(3, N=56)} = 31,335$; p=0,00001*
Подгрупа 2/1 - 2,5% *NaOCl* со УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка	14	1,16±0,08	1,05/ 1,29	1,07	1,66	1,21	
Подгрупа 3/1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA без УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка	14	1,19±0,48	0,50/ 1,91	1,22	0,83	1,64	
Подгрупа 4/1 – физиолошки раствор + топла вертикална кондензација на гутаперка	14	1,99±0,07	1,90/ 2,10	1,94	1,99	2,04	

УЗА = ултра звучна активација;
Mean = Просек; SD = Стандардна девијација; Median = Медијана; Min/ Max=Мин/Мак;
Percentiles=Перцентили; Std. Err of mean = Стандардна грешка на просек;
Krushal Wallis H test; *сигнификантно за p<0,05

Утврдена беше сигнификантна разлика меѓу апикалната микропропустливост на четирите подгрупи на еднокорени заби третирани со техника на обтурација на топла вертикална кондензација на гутаперка за Krushal Wallis H test: $X^2_{(3,\ N=56)} = 31{,}335$; p=0,00001.

Споредбата на микропропустливоста на подгрупите од четирите групи со техника на обтурација на топла вертикална кондензација на гутаперка укажа дека сигнификантно најмала микропропустливост има во Подгрупа 1/1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка од 1,02±0,42 мм следено со Подгрупа 2/1 - 2,5% *NaOCl* со УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка - 1,16±0,08мм, и Подгрупа 3/1 - *NaOCl*+17% EDTA без УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка - 1,19±0,48. Најголема микропропустливост беше утврдена во Подгрупа 4/1 – физиолошки раствор + топла вертикална кондензација на гутаперка - 1,99±0,07мм (Табела 21 и График 26-27).

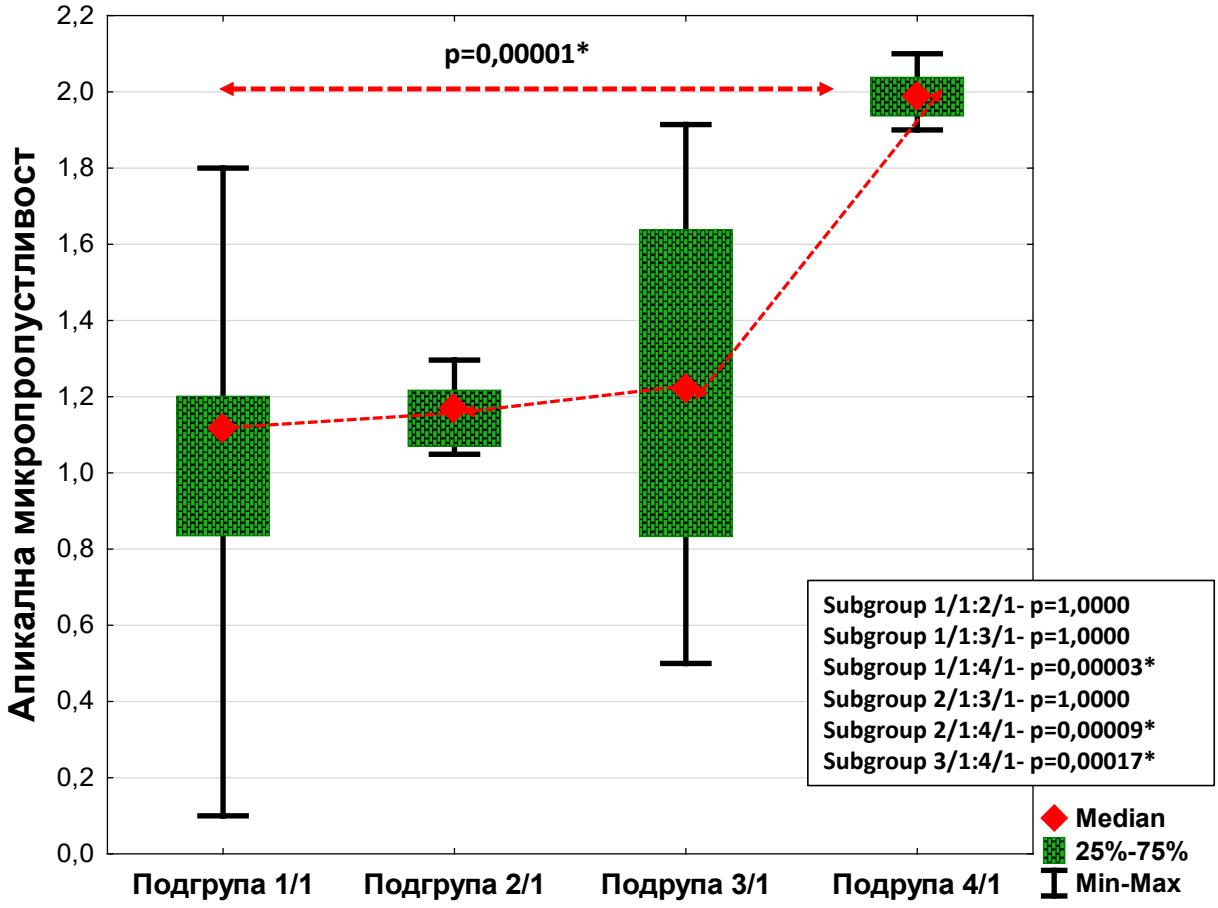
Табела 21. Post hoc анализа на апикална микропропусливост според подгрупи

Групи	Подгрупа 1/1 R:18,393	Подгрупа 2/1 R:22,679	Подгрупа 3/1 R:23,571	Подгрупа 4/1 R:49,357
Подгрупа 1/1	-	1,00000	1,000000	0,000003
Подгрупа 2/1	1,00000	-	1,000000	0,000090
Подгрупа 3/1	1,00000	1,00000	-	0,000173
Подгрупа 4/1	0,00003	0,00009	0,000173	-

Post hoc анализата на апикалната микропропустливост меѓу четирите подгрупи укажа дека (Табела 21 и График 26-27):

- Апикална микропропустливост на Подгрупа 1/1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка беше: а) гранично несигнификантно помала споредено Подгрупа 2/1 - 2,5% *NaOCl* со УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка (p=0,1000); б) гранично несигнификантно помала споредено со Подгрупа 3/1 - *NaOCl*+17% EDTA без УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка (p=0,1000); и в) сигнификантно помала споредено со Подгрупа 4/1 – физиолошки раствор + топла вертикална кондензација на гутаперка (p=0,00003);

- Апикална микропропустливост на Подгрупа 2/1 - 2,5% *NaOCl* со УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка беше: а) несигнификантно поголема споредено со Подгрупа 1/1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка (p=0,1000); б) несигнификантно помала споредено со Подгрупа 3/1 - *NaOCl*+17% EDTA без УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка (p=0,1000); и в) сигнификантно помала споредено со Подгрупа 4/1 – физиолошки раствор + топла вертикална кондензација на гутаперка (p=0,00009);

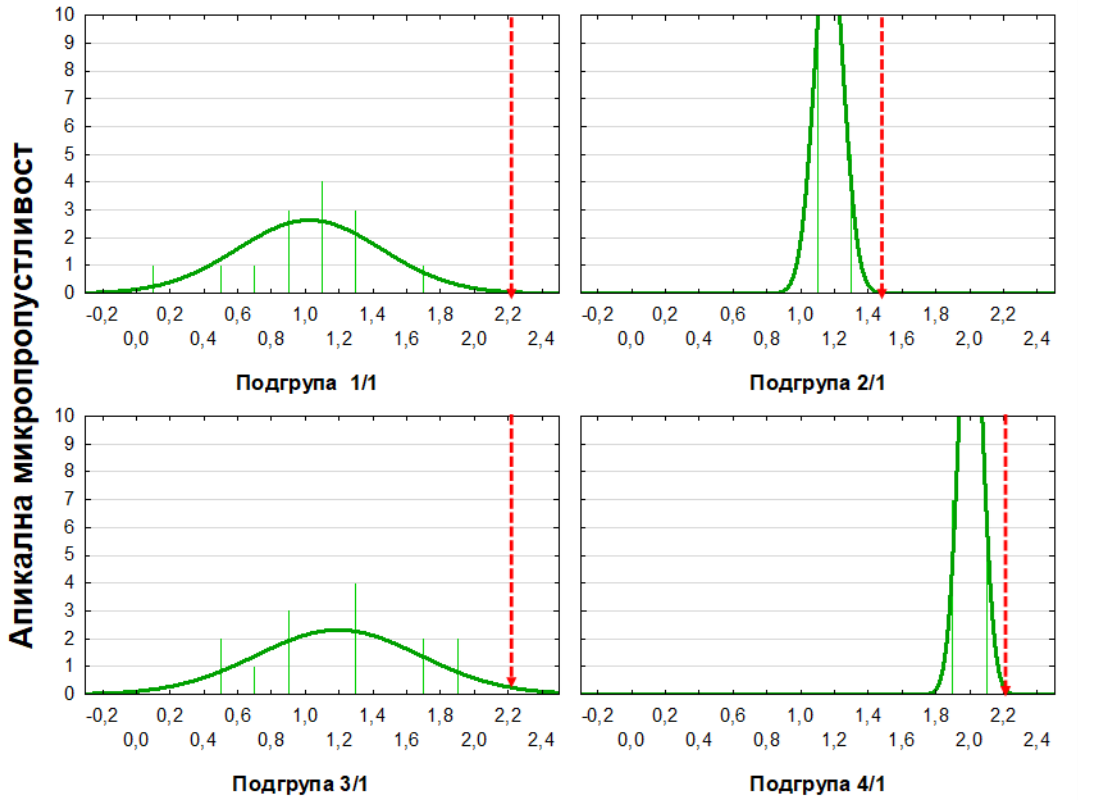


Подгрупа 1/1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка;
Подгрупа 2/1 - 2,5% *NaOCl со* УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка;
Подгрупа 3/1 - 2,5% *NaOCl* + 17% EDTA без УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка;
Подгрупа 4/1 - физиолошки раствор + топла вертикална кондензација на гутаперка;

График 26. Споредба на апикална микропропусливост според подгрупи на техника на обтурација на топла вертикална кондензација на гутаперка

- Апикална микропропустливост на Подгрупа 3/1 - *NaOCl*+17% EDTA без УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка беше: а) несигнификантно поголема споредено со Подгрупа 1/1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка (p=0,1000); б) несигнификантно поголема споредено со Подгрупа 2/1 - 2,5% *NaOCl* со УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка (p=0,1000);и в) сигнификантно помала споредено со Подгрупа 4/1 – физиолошки раствор + топла вертикална кондензација на гутаперка (p=0,00017;

- Апикална микропропустливост на Подгрупа 4/1 – физиолошки раствор + топла вертикална кондензација на гутаперка е сигнификантно поголема споредено со: а) Подгрупа 1/1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка (p=0,00001); б) Подгрупа 2/1 - 2,5% *NaOCl* со УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка (p=0,00001); в) Подгрупа 4/1 – физиолошки раствор + топла вертикална кондензација на гутаперка (p=0,000001;



Подгрупа 1/1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка; Подгрупа 2/1 - 2,5% *NaOCl* со УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка; Подгрупа 3/1 - 2,5% *NaOCl* + 17% EDTA без УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка; Subgroup 4/1 - физиолошки раствор + топла вертикална кондензација на гутаперка;

График 27. Поединечна апикална микропропусливост според подгрупи на техника на обтурација на топла вертикална кондензација на гутаперка

Подгрупи од четирите групи со техника на обтурација на единечна гутаперка - базирани на техника на обтурација на единечна гутаперка направена беше споредба на апикалната микропропустливост според двете подгрупи во секоја од четирите групи (Табела 22 - 23).

Табела 22. Меѓуподгрупна споредба на апикална микропропусливост (техника на оптурација на единечна гутаперка)

Параметри	Апикална микропропусливост (мм)						
	N	Mean±SD	Min/ Max	Percentiles			p
				25th	50th (Median)	75th	
Подгрупи со единечна гутаперка							
Подгрупа 1/2 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА + единечна гутаперка	14	1,27±0,49	0,50/ 2,00	0,91	1,25	1,75	$X^2_{(3, N=56)} = 39,056$; p=0,00001*
Подгрупа 2/2 - 2,5% *NaOCl* со УЗА + единечна гутаперка	14	1,69±0,49	1,00/ 2,49	1,22	1,67	2,09	
Подгрупа 3/2 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA без УЗА + единечна гутаперка	14	2,00±0,08	1,90/ 2,15	2,01	1,94	2,07	
Подгрупа 4/2 – физиолошки раствор + единечна гутаперка	14	2,54±0,10	2,40/ 2,70	2,45	2,55	2,60	

УЗА = ултра звучна активација;
Mean = Просек; SD = Стандардна девијација; Median = Медијана; Min/ Max=Мин/Мак;
Percentiles=Перцентили; Std. Err of mean = Стандардна грешка на просек;
Krushal Wallis H test; *сигнификантно за p<0,05

Анализата укажа на сигнификантна разлика меѓу четирите подгрупи на еднокорени заби третирани со техника на обтурација на единечна гутаперка во однос на апикалната микропропустливост за Krushal Wallis H test: $X^2_{(3, N=56)} = 39,056$; p=0,00001 (Табела 22).

Споредбата на апикалната микропропустливост на подгрупите од четирите групи со техника на обтурација на единечна гутаперка укажа дека сигнификантно најмала микропропустливост има во Подгрупа 1/2 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА + единечна гутаперка од 1,27±0,49 мм следено со Подгрупа 2/2 - 2,5% *NaOCl* со УЗА + единечна гутаперка - 1,69±0,49мм и Подгрупа 3/2 - *NaOCl*+17% EDTA без УЗА + единечна гутаперка - 2,00±0,08мм. Најголема апикална микропропустливост беше согледана во Подгрупа 4/2 – физиолошки раствор + единечна гутаперка - 2,54±0,10мм (Табела 22).

Табела 23. Post hoc анализа на апикална микропропусливост според подгрупи

Групи	Подгрупа 1/2 R:11,964	Подгрупа 2/2 R:22,321	Подгрупа 3/2 R:30,571	Подгрупа 4/2 R:49,143
Подгрупа 1/2	-	0,55756	0,01524	0,00001
Подгрупа 2/2	0,55756	-	1,00000	0,00008
Подгрупа 3/2	0,01524	1,00000	-	0,01553
Подгрупа 4/2	0,00001	0,00008	0,01553	-

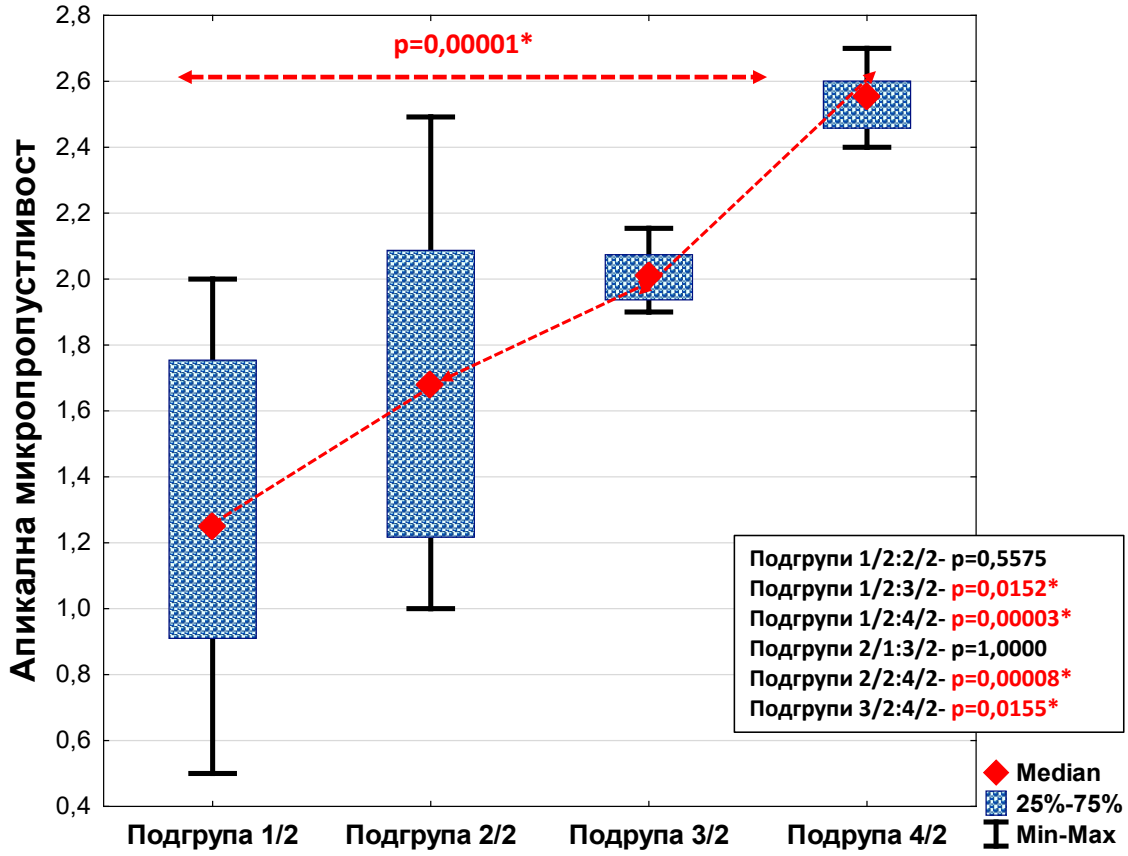
Post hoc анализата на апикалната микропропустливост меѓу четирите подгрупи укажа дека (Табела 23 и График 28-29):

- Апикална микропропустливост на Подгрупа 1/2 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА + единечна гутаперка беше: а) гранично несигнификантно помала споредено Подгрупа 2/2 - 2,5% *NaOCl* со УЗА + единечна гутаперка (p=0,5575); б) сигнификантно помала споредено со Подгрупа 3/2 - *NaOCl*+17% EDTA без УЗА + единечна гутаперка (p=0,0152); и б) сигнификантно помала споредено со Подгрупа 4/2 – физиолошки раствор + единечна гутаперка (p=0,00001);

- Во Подгрупа 2/2 - 2,5% *NaOCl* со УЗА + единечна гутаперка апикалната микропропустливост беше: а) несигнификантно поголема споредено со Подгрупа 1/2 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА + единечна гутаперка (p=0,5575); б) несигнификантно помала споредено со Подгрупа 3/2 - *NaOCl*+17% EDTA без УЗА + единечна гутаперка (p=0,10000); и в) сигнификантно помала споредено со Подгрупа 4/2 – физиолошки раствор + единечна гутаперка (p=0,00008);

- Апикална микропропустливост на Подгрупа 3/2 - *NaOCl*+17% EDTA без УЗА + единечна гутаперка беше: а) сигнификантно поголема споредено со Подгрупа 1/2 -

2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА + единечна гутаперка (p=0,01524); б) несигнификантно поголема споредено со Подгрупа 2/2 - 2,5% *NaOCl* со УЗА + единечна гутаперка (p=0,10000); и в) сигнификантно помала споредено со Подгрупа 4/2 – физиолошки раствор + единечна гутаперка (p=0,01553).



Подгрупа 1/2 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА + единечна гутаперка; Подгрупа 2/2 - 2,5% *NaOCl* со УЗА + единечна гутаперка; Подгрупа 3/2 - 2,5% *NaOCl* + 17% EDTA без УЗА + единечна гутаперка; Подгрупа 4/2 - физиолошки раствор + единечна гутаперка;

График 28. Споредба на апикална микропропусливост според подгрупи на техника на обтурација на единечна гутаперка

- Апикална микропропустливост на Подгрупа 4/2 – физиолошки раствор + единечна гутаперка беше: а) сигнификантно поголема споредено со Подгрупа 1/2 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА + единечна гутаперка (p=0,0001); б) сигнификантно поголема споредено Подгрупа 2/2 - 2,5% *NaOCl* со УЗА + единечна гутаперка (p=0,00008); и в) сигнификантно поголема споредено Подгрупа 3/2 - *NaOCl*+17% EDTA без УЗА + единечна гутаперка (p=0,01553).

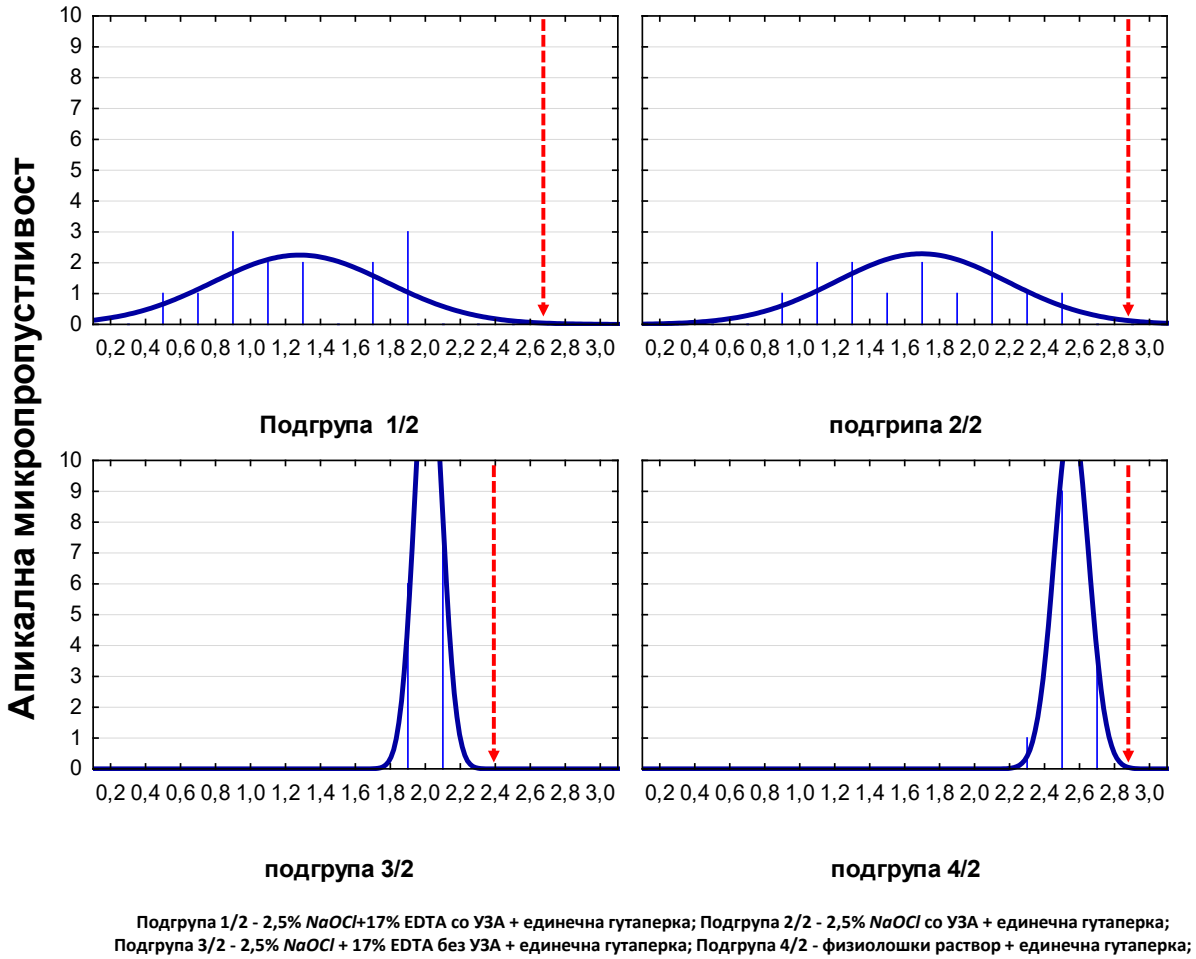


График 29. Поединечна апикална микропропусливост според подгрупи на техника на обтурација на единечна гутаперка

Интрагрупна споредба на коронарна/ апикална микропропустливост

Во истражувањето направена беше поединечна споредба помеѓу коронарната и апикалната микропропустливост (мм) во секоја од четирите групи (Табела 24 и График 30).

Табела 24. Споредба на коронарна/ апикална микропропусливост според групи

Параметри	Коронарна/ апикална микропропусливост (мм)						
	N	Mean±SD	Min/ Max	Percentiles			p
				25th	50th (Median)	75th	
Група 1: 2,5% *NaOCl* + 17% EDTA со ултразвучна активација							
Коронарна	28	1,04±0,18	0,70/ 1,39	0,93	1,02	1,16	Z=(-0,909; p=0,3631
Апикална	28	1,15±0,47	0,10/ 2,00	0,86	1,18	1,38	
Група 2: 2,5% *NaOCl* со ултразвучна активација							
Коронарна	28	1,37±0,19	1,07/ 1,67	1,21	1,35	1,58	Z=0,999; p=0,3175
Апикална	28	1,42±0,44	1,00/ 2,49	1,13	1,22	1,68	
Група 3: 2,5% *NaOCl* + 17% EDTA без ултразвучна активација							
Коронарна	28	1,80±0,20	1,42/ 2,21	1,68	1,77	1,89	Z=0,253; p=0,7994
Апикална	28	1,60±0,53	0,50/ 2,15	1,90	1,22	1,89	
Група 4: Физиолошки раствор							
Коронарна	28	2,35±0,30	1,95/ 2,92	2,11	2,25	2,55	Z=1,056; p=0,2905
Апикална	28	2,26±0,29	1,90/ 2,70	1,99	2,25	2,55	

УЗА = ултра звучна активација;
Mean = Просек; SD = Стандардна девијација; Median = Медијана; Min/ Max=Мин/Мак;
Percentiles=Перцентили; Std. Err of mean = Стандардна грешка на просек;
Mann-Whitney U Test; *сигнификантно за p<0,05

Интрагрупната споредба на коронарна/ апикална микропропустливост во секоја од четирите групи поединечно укажа на (Табела 24 и График 30):

- несигнификантно поголема апикална (1,15±0,47мм) споредено со коронарна (1,04±0,18мм) микропропустливост во Група 1: 2,5% *NaOCl* + 17% EDTA +УЗА за Mann-Whitney U test: Z=(-0,909; p=0,3631;

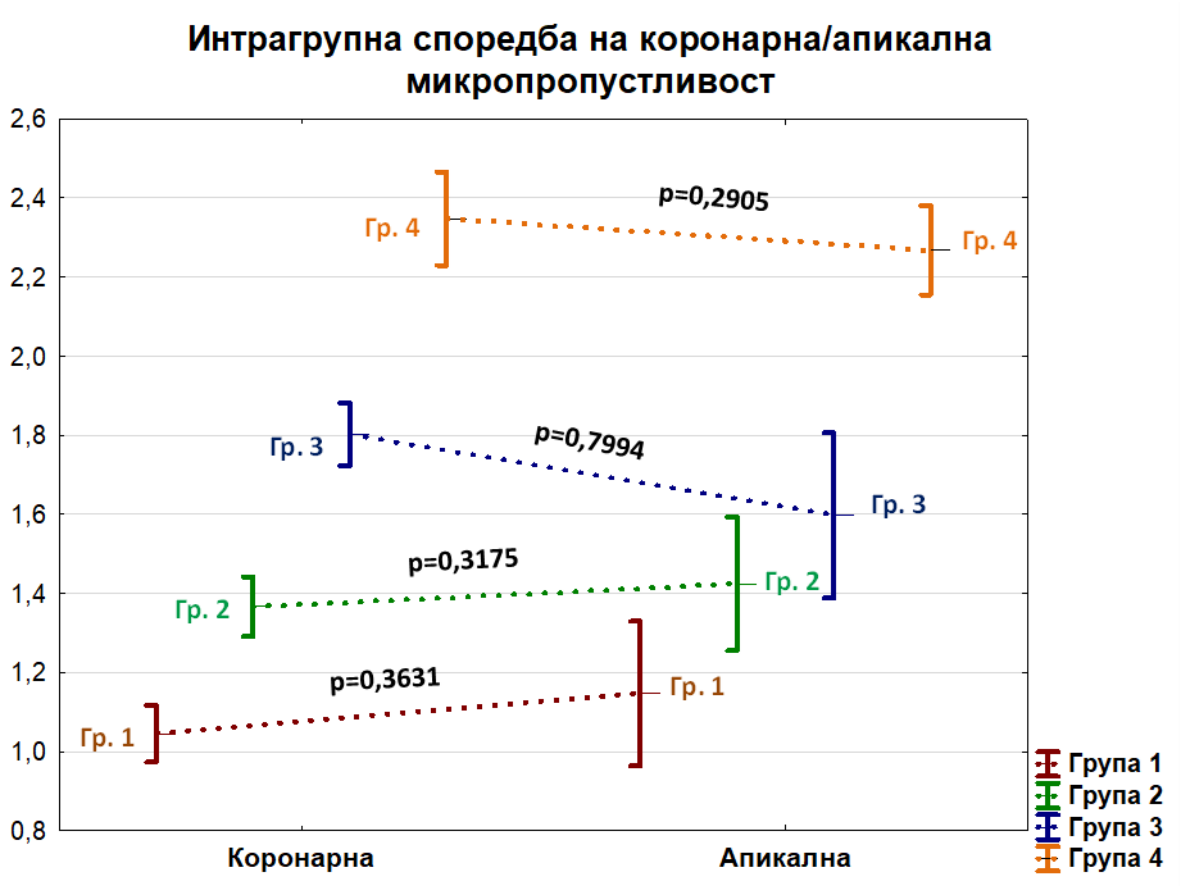
- несигнификантно поголема апикална (1,42±0,44мм) споредено со коронарна (1,37±0,19мм) микропропустливост во Група 2: 2,5% *NaOCl* +УЗА за Mann-Whitney U test: Z=0,999; p=0,3175;

- несигнификантно поголема коронарна (1,80±0,20мм) споредено со апикална (1,60±0,53мм) микропропустливост во Група 3: 2,5% *NaOCl* + 17% EDTA без ултразвучна активација за Mann-Whitney U test: Z=0,253; p=0,7994;

- несигнификантно поголема коронарна (2,35±0,30мм) споредено со апикална (2,26±0,29мм) микропропустливост во Група 4: Физиолошки раствор за Mann-Whitney U test: Z=1,056; p=0,2905;

Генерално немаше сигнификантна разлика помеѓу коронарната и апикалната мирокпропустливост во ниедна од четирите групи на еднокорени заби третирани со различен протокол на иригација.

Графичкиот приказ на споредбата на коронарната/ апикалната микропропустливост во секоја од четирите групи поединечно е даден на График 30.



Група 1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со ултразвучна активација; Група 2 - 2,5% *NaOCl со* УЗА; Група 3 - 2,5% *NaOCl* + 17% EDTA без УЗА; Група 4 - физиолошки раствор

График 30. Споредба на коронарна/ апикална микропропусливост според групи

Интраподгрупна споредба на коронарна/ апикална микропропустливост (топла вертикална кондензација на гутаперка)

Во секоја од групите на истражувањето направена беше споредба помеѓу коронарната и апикалната микропропустливост (мм) на подгрупите со техника на оптурација на топла вертикална кондензација на гутаперка (Табела 25 и График 31).

Табела 25. Споредба на коронарна/ апикална микропропусливост според подгрупи со топла вертикална кондензација на гутаперка

Параметри	Коронарна/ апикална микропропусливост (мм)						
	N	Mean±SD	Min/ Max	Percentiles			p
				25th	50th (Median)	75th	
Подгрупа 1/1: 2,5% *NaOCl* + 17% EDTA со УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка							
Коронарна	14	0,93±0,13	0,70/ 1,09	0,83	0,98	1,02	Z=(-1,217; p=0,2234
Апикална	14	1,02±0,42	1,10/ 1,80	0,83	1,11	1,20	
Подгрупа 2/1: 2,5% *NaOCl* со УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка							
Коронарна	14	1,24±0,13	1,07/ 1,49	1,12	1,23	1,35	Z=1,884; p=0,0596
Апикална	14	1,16±0,08	1,05/ 1,29	1,07	1,66	1,21	
Подгрупа 3/1: 2,5% *NaOCl* + 17% EDTA без УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка							
Коронарна	14	1,67±0,13	1,42/ 1,86	0,86	1,59	1,71	Z=2,688; p=0,0072*
Апикална	14	1,19±0,48	0,50/ 1,91	1,22	0,83	1,64	
Подгрупа 4/1: Физиолошки раствор + топла вертикална кондензација на гутаперка							
Коронарна	14	2,18±0,16	1,95/ 2,44	2,04	2,19	2,28	Z=3,147; p=0,0016*
Апикална	14	1,99±0,07	1,90/ 2,10	1,94	1,99	2,04	

УЗА = ултра звучна активација;
Mean = Просек; SD = Стандардна девијација; Median = Медијана; Min/ Max=Мин/Мак;
Percentiles=Перцентили; Std. Err of mean = Стандардна грешка на просек;
Mann-Whitney U Test; *сигнификантно за p<0,05

Направената интраподгрупна споредба помеѓу коронарната/ апикалната микропропустливост во секоја од четирите групи поединечно укажа дека (Табела 25 и График 31):

- во Група 1 за Подгрупа 1/1: 2,5% *NaOCl* + 17% EDTA со УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка утврдена беше несигнификантно помала коронарна (0,93±0,13мм) споредено со апикална (1,02±0,42мм) микропропустливост за Mann-Whitney U test: Z=(-1,217; p=0,2234;

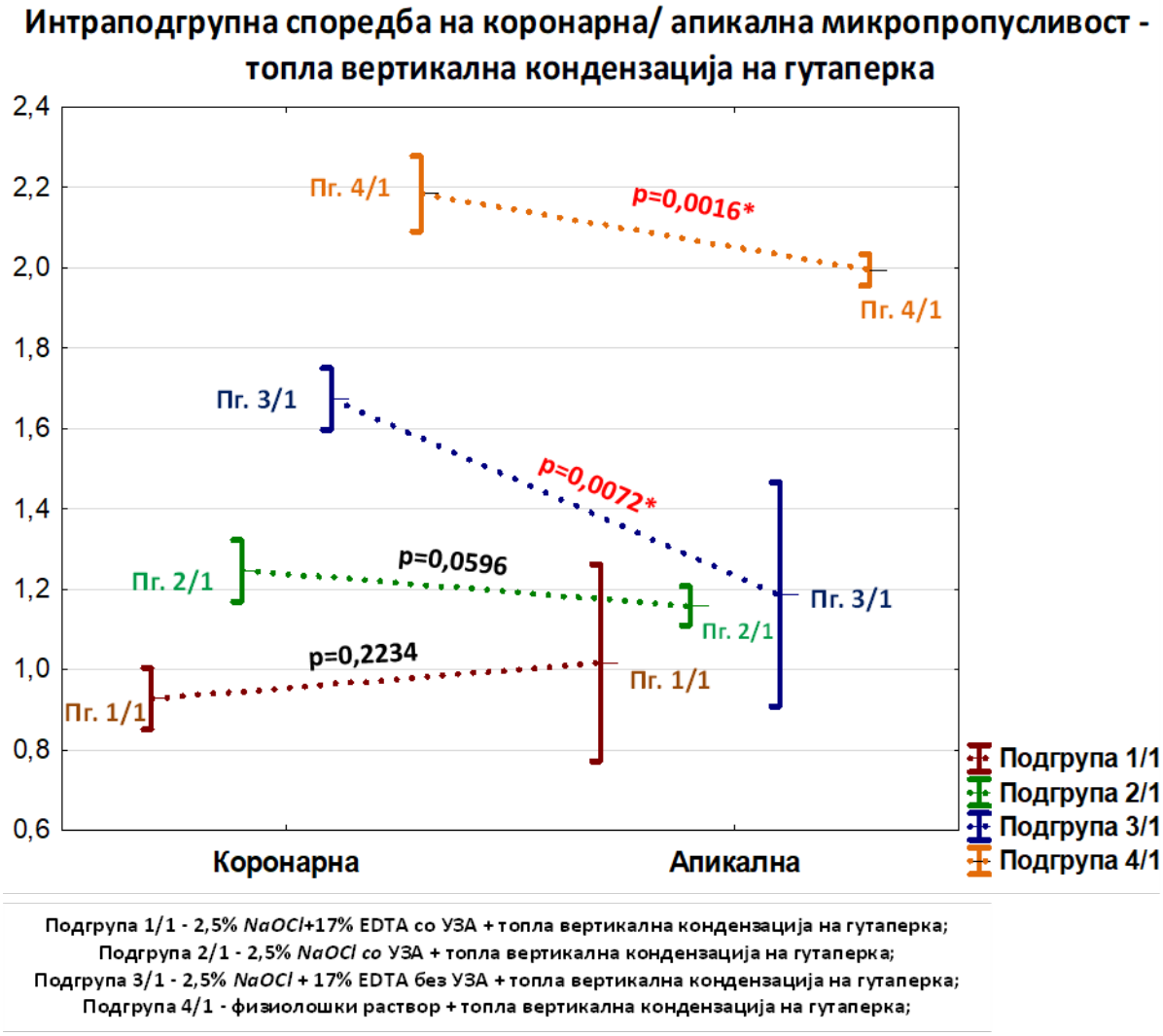
- во Група 2 за Подгрупа 2/1: 2,5% *NaOCl* со УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка утврдена беше несигнификантно поголема коронарна (1,24±0,13мм) споредено со апикална (1,16±0,08мм) микропропустливост за Mann-Whitney U test: Z=1,884; p=0,0596;

- во Група 3 во Подгрупа 3/1: 2,5% *NaOCl* + 17% EDTA без УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка имаше сигнификантно поголема коронарна (1,67±0,13мм) споредено со апикална микропропустливост (1,67±0,13мм) за Mann-Whitney U test: Z=2,688; p=0,0072;

- во Група 4 во Подгрупа 4/1: Физиолошки раствор + топла вертикална кондензација на гутаперка утврдена беше сигнификантно поголема коронарна (2,18±0,16мм) споредено со апикална (1,99±0,07мм) микропропустливост за Mann-Whitney U test: Z=3,147; p=0,0016;

Сигнификантна разлика помеѓу коронарната и апикалната мирокпропустливост беше утврдена во Подгрупа 3/1: 2,5% *NaOCl* + 17% EDTA без УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка како и Подгрупа 4/1: Физиолошки раствор + топла вертикална кондензација на гутаперка (Табела 25).

Графичкиот приказ на споредбата на утврдена коронарната/ апикалната микропропустливост во секоја од четирите подгрупи со топла вертикална кондензација на гутаперка поединечно е даден на График 31.



Подгрупа 1/1 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка;
Подгрупа 2/1 - 2,5% *NaOCl* со УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка;
Подгрупа 3/1 - 2,5% *NaOCl* + 17% EDTA без УЗА + топла вертикална кондензација на гутаперка;
Подгрупа 4/1 - физиолошки раствор + топла вертикална кондензација на гутаперка;

График 31. Споредба на коронарна/ апикална микропропусливост според подгрупи со топла вертикална кондензација на гутаперка

Интраподгрупна споредба на коронарна/ апикална микропропустливост (единечна гутаперка)

Во четирите групи на истражувањето направена беше споредба помеѓу коронарната и апикалната микропропустливост (мм) на подгрупите со техника на оптурација на единечна гутаперка (Табела 26 и График 32).

Табела 26. Споредба на коронарна/ апикална микропропусливост според подгрупи со единечна гутаперка

Параметри	Коронарна/ апикална микропропусливост (мм)						
	N	Mean±SD	Min/ Max	Percentiles			p
				25th	50th (Median)	75th	
Подгрупа 1/2: 2,5% *NaOCl* + 17% EDTA со УЗА + единечна гутаперка							
Коронарна	14	1,16±0,15	0,93/ 1,39	1,02	1,16	1,29	Z=(-0,436; p=0,6625
Апикална	14	1,27±0,49	0,50/ 2,00	0,91	1,25	1,75	
Подгрупа 2/2: 2,5% *NaOCl* со УЗА + единечна гутаперка							
Коронарна	14	1,49±0,17	1,20/ 1,67	1,35	1,58	1,64	Z=(-0,850; p=0,3953
Апикална	14	1,69±0,49	1,00/ 2,49	1,22	1,67	2,09	
Подгрупа 3/2: 2,5% *NaOCl* + 17% EDTA без УЗА + единечна гутаперка							
Коронарна	14	1,93±0,18	1,65/ 2,21	1,78	1,89	2,07	Z=(-1,263; p=0,2064
Апикална	14	2,00±0,08	1,90/ 2,15	2,01	1,94	2,07	
Подгрупа 4/2: Физиолошки раствор + единечна гутаперка							
Коронарна	14	2,51±0,33	2,05/ 2,92	2,22	2,53	2,86	Z=(-0,068; p=0,9450
Апикална	14	2,54±0,10	2,40/ 2,70	2,45	2,55	2,60	

УЗА = ултра звучна активација;
Mean = Просек; SD = Стандардна девијација; Median = Медијана; Min/ Max=Мин/Мак;
Percentiles=Перцентили; Std. Err of mean = Стандардна грешка на просек;
Mann-Whitney U Test; *сигнификантно за p<0,05

Интраподрупната споредба на коронарна/ апикална микропропустливост во секоја од четирите групи поединечно укажа на (Табела 26 и График 32):

- во Група 1 - несигнификантно помала коронарна (1,16±0,15мм) споредено со апикална микропропустливост (1,27±0,49мм) во Подгрупа 1/1: 2,5% *NaOCl* + 17% EDTA со УЗА + единечна гутаперка за Mann-Whitney U test: Z=(-0,436; p=0,6625;

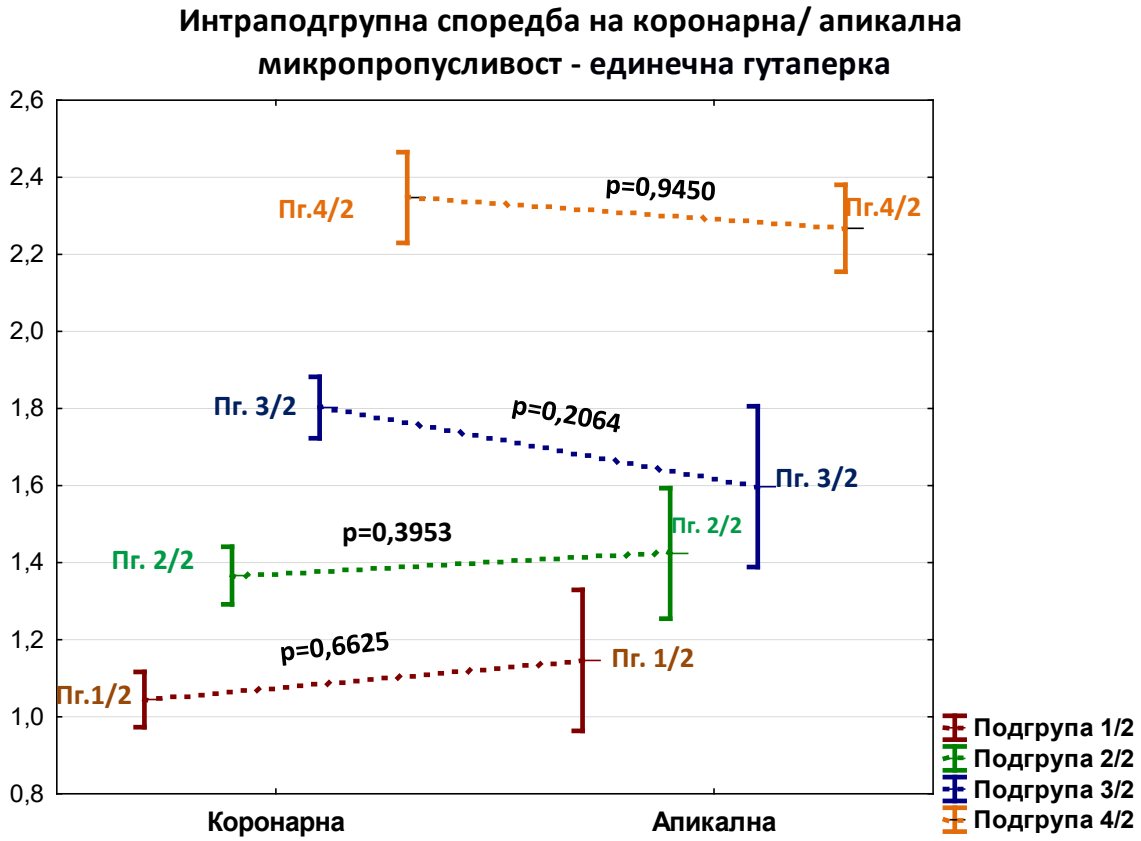
- во Група 2 - несигнификантн помала коронарна (1,49±0,17мм) споредено со апикална (1,69±0,49мм) микропропустливост во Подгрупа 2/2: 2,5% *NaOCl* со УЗА + единечна гутаперка за Mann-Whitney U test: Z=(-0,850; p=0,3953;

- во Група 3 - несигнификантно помала коронарна (1,93±0,18мм) споредено со апикална (2,00±0,08мм) микропропустливост во Подгрупа 3/3: 2,5% *NaOCl* + 17% EDTA без УЗА + единечна гутаперка за Mann-Whitney U test: Z=(-1,263; p=0,2064;

- во Група 4 - несигнификантно помала коронарна (2,51±0,33мм) споредено со апикална (2,54±0,10мм) микропропустливост во Подгрупа 4/4: Физиолошки раствор + единечна гутаперка за Mann-Whitney U test: Z=(-0,068; p=0,9450;

Немаше сигнификантна разлика помеѓу коронарната и апикалната мирокпропустливост во ниедна од четирите подгрупи со техника на обтурација на единечна гутаперка (Табела 26).

Графичкиот приказ на споредбата на утврдена коронарната/ апикалната микропропустливост поединечно во секоја од четирите групи со техника на обтурација со единечна гутаперка е даден на График 32.



Подгрупа 1/2 - 2,5% *NaOCl*+17% EDTA со УЗА + единечна гутаперка; Подгрупа 2/2 - 2,5% *NaOCl со* УЗА + топла вертикална кондензација на единечна гутаперка; Подгрупа 3/2 - 2,5% *NaOCl* + 17% EDTA без УЗА + единечна гутаперка; Погрупа 4/2 - физиолошки раствор + единечна гутаперка;

График 32. Споредба на коронарна/ апикална микропропусливост според подгрупи со единечна гутаперка

6. ПРИМЕНА НА РЕЗУЛТАТИ ОД ИСТРАЖУВАЊЕТО И МОЖНИ НАСОКИ ЗА НАТАМОШНО ИСТРАЖУВАЊЕ

Апикалната и коронарната микропропустливост одамна се препознаени како централни биолошки и клинички параметри во проценката на успешноста на ендодонтскиот третман. Овој концепт е длабоко втемелен во класичните истражувања на *Sundqvist*, *Sjögren*, *Siqueira*, *Nair* и нивните соработници, кои уште рано покажаа дека неуспехот на ендодонтскиот третман е во најголем дел резултат на перзистирачка микробиолошка инфекција, а не исклучиво на технички недостатоци во механичката обработка.[1-4]

Во овој контекст, резултатите од нашето истражување директно ја потврдуваат оваа биолошка парадигма, покажувајќи дека дури и при стандардизирана и адекватна механичка подготовка, степенот на дезинфекција и контролата на микробниот товар остануваат клучни фактори за намалување на микропропустливоста.

Подоцнежните трудови на *Siqueira* и *Rôças*, базирани на молекуларни и микробиолошки методи, дополнително го зацврстија овој концепт, демонстрирајќи дека биофилмските заедници можат да опстојуваат и во добро обликувани коренски канали.[44] Нивните наоди покажуваат дека биофилмот поседува значително поголема отпорност во споредба со *planktonic* формите, што има директни импликации врз клиничкиот исход. Оваа појава нуди логично објаснување за резултатите во нашата студија, каде што групите третирани со пасивна иригација покажаа значително поголема пенетрација на метиленско сино, и покрај идентичната механичка подготовка. Наодите на *Nair* дополнително укажуваат дека апикалната пародонтална инфламација не зависи исклучиво од количината на преостанатите бактерии, туку и од нивната организација, вирулентност и просторно позиционирање, што ја потенцира потребата од ефикасна и длабинска дезинфекција.[4]

Како резултат на овие сознанија, современата ендодонтија, врз основа на препораките на *European Society of Endodontology* (ESE) постепено се оддалечи од традиционалниот концепт на „механичко обликување со пасивна иригација“ и се насочи кон интегриран биомеханички пристап, во којшто иригацијата, нејзината активација и квалитетната тродимензионална оптурација имаат подеднакво значење.[140]

Во рамките на овој концепт, иригацијата повеќе не се смета за помошна процедура, туку за активна биолошка алатка, способна да ги компензира анатомските ограничувања на механичката обработка и да овозможи поефикасна и подлабока дезинфекција на комплексниот коренски канален систем. *Peters* укажува дека, и покрај значајниот напредок на современите *NiTi* инструментациски системи, значителен дел од внатрешната површина на коренските канали останува необработен, што ја нагласува клучната улога на хемиско-механичката синергија во современата ендодонтска терапија.[141]

Историски гледано, натриум-хипохлоридот (NaOCl) се сметал за „златен стандард“ во ендодонтската иригација, поради неговата способност за растворување на органските ткива и изразеното антимикробно дејство, како што детално опишуваат *Zehnder* и *Mohammadi*.[24-25] Сепак, микроскопските и хидродинамичките студии на *Van der Sluis*, *Boutsioukis* и *Ahmad* покажаа дека ефективноста на *NaOCl* не е константна и значително се зголемува при негова ултразвучна активација, благодарение на феномените на акустично струење и микрокавитација.[29-31]

Овие механизми овозможуваат подобра дистрибуција на иригансот, подлабока пенетрација во латералните канали и истмусите, како и поефикасно нарушување на органската матрица на биофилмот. Врз основа на овие сознанија, пасивната иригација повеќе не се смета за доволна, особено кај заби со комплексна анатомска морфологија.

Дополнително, комбинацијата *NaOCl-EDTA*, првично опишана од *Calt* и *Serper*, денес е прифатена како биолошки неопходен иригационен протокол, бидејќи *NaOCl* делува врз органските компоненти и микробиолошкиот товар, додека *EDTA* ја деградира неорганската, минерална компонента на *smear layer*-от.[16]

Резултатите од нашето истражување јасно ја потврдуваат оваа синергија, покажувајќи дека комбинацијата на *NaOCl* и *EDTA*, особено кога е ултразвучно активирана, доведува до најниски вредности на апикална и коронарна микропропустливост.

Централната улога на иригацијата како биолошки најодлучувачки чекор во ендодонтскиот третман, дополнително е потврдена од бројни автори. Иако механичката подготовка создава конусна и репродуцирлива геометрија на коренскиот канал, *Peters*, *Versiani* и *De-Deus* покажуваат дека инструментите директно контактираат само 40 – 60% од внатрешните канални ѕидови.[5-8]

Овие наоди објаснуваат зошто механичката обработка сама по себе не е доволна за целосна елиминација на микробниот товар и зошто иригацијата, како динамичен и биолошки активен процес, претставува клучен модификатор на терапевтскиот исход. Во согласност со тоа, *Zehnder*, *Haapasalo* и *Hülsmann* истакнуваат дека ефикасноста на иригацијата не зависи само од хемискиот состав на растворот, туку и од неговата динамика, времето на контакт и способноста за пенетрација во микроструктурите на дентинот.[24,26,27]

Во ова истражување, групите со ултразвучна активација на иригансите покажаа убедливо најниска пенетрација на метиленско сино, што претставува индиректен но сигурен индикатор за подобро хемиско-механичко чистење и поефикасна адаптација на оптурациониот материјал. Овие резултати се во целосна согласност со наодите на *Van der Sluis*, *Ahmad* и *Boutsioukis*, кои демонстрираа дека ултразвучната активација генерира акустично струење и микрокавитација, создавајќи турбулентни микроструи што ја зголемуваат пенетрацијата на растворот во апикалните и латералните региони на каналниот систем.[29-31]
Овие феномени овозможуваат поефикасно нарушување на органската матрица на биофилмот и подобрено отстранување на детритусот, што директно се рефлектира со намалена микропропустливост.

Во нашата студија, најдобри резултати беа забележани кај групата третирана со комбинацијата *NaOCl + EDTA* со ултразвучна активација. Овој наод е биолошки очекуван, бидејќи ја комбинира органската деградација обезбедена од *NaOCl* со деминерализирачкото дејство на *EDTA* врз *smear layer*-от, при што ултразвучната активација ја максимизира ефикасноста на двата раствора. Овој трифазен концепт е во согласност со препораките на *Calt* и *Serper*, како и со биолошките принципи, истакнати од *Violich* и *Torabinejad*, кои нагласуваат дека комплетното чистење на каналниот систем може да се постигне само со комбинирано дејство врз органските и неорганските компоненти.[16,13,14]

Групата со *NaOCl* и ултразвучна активација, но без употреба на *EDTA*, исто така покажа релативно ниска микропропустливост, што е во согласност со резултатите на

Stojicic, *Tartari* и *Souza-Filho*, кои укажуваат дека активацијата значително ја засилува бактерицидната и протеолитичката моќ на *NaOCl*.[73,72,108] Сепак, статистички послабите резултати во споредба со групата *NaOCl* + *EDTA* + активација можат да се објаснат со отсуството на хелатно дејство врз минералната компонента на *smear layer*-от. Овој наод ја поддржува тезата на *Hülsmann* дека ниту еден ириганс, сам по себе не може да обезбеди целосно чистење кај сложена анатомија на коренскиот канал.[27]

Групата третирана со *NaOCl* + *EDTA* без ултразвучна активација покажа значително поголема пенетрација на метиленско сино, што укажува на присуство на микропразнини и послаба адаптација на оптурациониот материјал. Овие резултати се очекувани и се во согласност со наодите на *Ahmad*, *Van der Sluis*, *Khaord* и *Paragliola*, кои укажуваат дека пасивната иригација не создава доволна хидродинамика за ефективно нарушување на биофилмот и целосно отстранување на *smear layer*-от, особено во латералните и апикалните региони.[30,29,114,115]

Како што беше очекувано, групата иригирана со физиолошки раствор покажа најголема пенетрација на метиленско сино. Овој резултат ги потврдува класичните биолошки принципи, опишани од *Zehnder* и *Torabinejad*, според кои физиолошкиот раствор нема антимикробно, протеолитичко или хелатно дејство и служи исклучиво како инертна течна средина.[24,14]
Отсуството на биолошка активност директно се рефлектира со зголемена микропропустливост и послаб квалитет на запечатување.

Синтетизирајќи ги резултатите, може да се увиди дека подобрувањето на иригацијата води кон прогресивно намалување на микропропустливоста. Ултразвучната активација се издвојува како најконзистентен фактор за редукција на празнините, додека *EDTA* игра клучна улога во финалната апикална адаптација. Комбинираниот протокол *NaOCl-EDTA* со ултразвучна активација, како што покажуваат и *De-Deus*, *Macedo*, *Boutsioukis* и *Căpută*, претставува најбиолошки оправдан пристап за постигнување минимална микропропустливост.[8,60,31,59]

Научната вредност на нашата студија лежи во тоа што овие концепти се интегрирани во единствена експериментална рамка, овозможувајќи јасно разбирање на

континуумот меѓу иригацијата, степенот на чистење, адаптацијата на оптурационият материјал и конечната микропропустливост.

Прашањето за оптималната техника на оптурација претставува една од најдолго дискутираните теми во ендодонтијата и е речиси подеднакво старо колку и самата дисциплина. *Schilder* уште во 1967 година ја формулираше филозофијата на „тродимензионално затворање“, нагласувајќи дека успешната оптурација мора да обезбеди херметичко исполнување на целиот систем на коренски канали, вклучувајќи ги латералните канали, истмусите и апикалните делти.[33]
Овој концепт останува актуелен и денес, и претставува референтна точка за проценка на сите современи техники на оптурација.

Современите *micro-CT* анализи на *Wu* и *Wesselink*, како и на *Marciano*, *Celikten* и *Camilleri* покажаа дека ниту една техника на оптурација не може да создаде апсолутно идеално запечатување, но исто така нагласуваат дека степенот на микропразнини и ’интерфејсната‘ адаптација значително варираат во зависност од применетата техника, типот на силер и квалитетот на претходната дезинфекција.[34,74,89,77]
Овие автори истакнуваат дека резултатот од оптурацијата не може да се изолира од квалитетот на иригацијата, што директно се совпаѓа со наодите во нашето истражување.

Во нашата студија, примената на топла вертикална кондензација резултираше со пониска апикална и коронарна микропропустливост во сите испитувани групи, во споредба со техниката на единична гутаперка. Овие резултати се во согласност со наодите на *Sagsen*, *Brothman*, *Balguerie* и *Caliskan*, коишто покажуваат дека термопластичните техники обезбедуваат подобра тродимензионална адаптација и помала појава на празнини, особено во апикалната третина.[36,116-118] Термичкото омекнување на гутаперката овозможува нејзино продирање во иерегуларните анатомски региони, што е клучен фактор за намалување на микропропустливоста.

Дополнително, *micro-CT* студиите на *Marciano* и соработниците и *Celikten* покажуваат дека топлите техники создаваат порамномерна распределба на гутаперката и тенок, контролиран слој на силер, што е биомеханички поповолно во споредба со техниките каде силерот претставува доминантен запечатувачки елемент.[88,89] Ова

директно се рефлектира во нашите резултати преку пониската пенетрација на метиленско сино кај примероците третирани со топла вертикална кондензација.

Наспроти тоа, техниката на единична гутаперка, иако клинички атрактивна поради едноставноста, брзината и повторливоста, покажува јасни биомеханички ограничувања. Како што истакнуваат *Wu* и *Wesselink*, *Gorni* и *Ricucci*, оваа техника се потпира во голема мера на својствата на силерот, што ја зголемува чувствителноста на системот на растворливост, стареење и волуметриски промени.[62,63,94]
Во нашата студија, ова се манифестираше со значително поголема пенетрација на метиленско сино, што укажува на послаба апикална и коронарна херметичност.

Овие наоди се во согласност со резултатите на *Gillen*, *Manfredi* и *Caliskan*, коишто забележуваат дека техниката на единична гутаперка често резултира со подебели слоеви на силер и поголеми централни празнини, особено во коронарната и средната третина.[72,80,118]
Во биолошки контекст, *Ricucci* укажува дека долгорочната стабилност на оптурацијата во голема мера зависи од однесувањето на силерот во апикалниот сегмент, којшто е физиолошки најоптоварен и најкритичен за превенција од реинфекција.[94]

Во ова истражување, употребениот силер *AH Plus* покажа висока димензионална стабилност и ниска растворливост, што е во согласност со студиите на *Camilleri*, *Zhang* и *Gandolfi*.[119,90,121]
Сепак, разликите меѓу техниките јасно укажуваат дека дури и висококвалитетен силер не може целосно да ја компензира ограничената пластичност и адаптација кај ладните техники. Кај топлата вертикална кондензација, силерот игра секундарна улога, додека гутаперката ја обезбедува примарната херметичност, што претставува биомеханички посигурен концепт.

Синтетизирајќи ги овие резултати, може да се увиди дека супериорноста на топлата вертикална кондензација не произлегува само од самата техника, туку од нејзината способност да ја искористи претходно постигнатата чистота на каналот. Ова потврдува дека ниту една техника на оптурација не може да ја надомести недоволната иригација, што претставува клучно клиничко сознание во современата ендодонтска практика.

Резултатите од ова истражување јасно укажуваат дека апикалната и коронарната микропропустливост не можат да се разгледуваат како изолирани феномени, туку како меѓусебно поврзани компоненти на ист биолошки континуум. Иако апикалната третина традиционално се смета за критичната зона за долгорочен успех на ендодонтскиот третман, бројни автори укажуваат дека коронарната микропропустливост има подеднакво значајна улога во процесот на реинфекција. Класичните трудови на *Ray* и *Trope*, како и подоцнежните анализи на *Gillen*, покажаа дека коронарното запечатување може да биде подеднакво важен предиктор за исходот, како и квалитетот на апикалната оптурација.[68,69]

Во нашата студија, оваа поврзаност јасно се рефлектира преку фактот дека групите со пониска апикална микропропустливост, но со зголемена коронарна пенетрација на метиленско сино, покажуваат потенцијален ризик за компромитирање на долгорочната херметичност. Овој наод е во согласност со ставовите на *Wu* и *Wesselink*, кои нагласуваат дека дури и минимални празнини во коронарниот сегмент можат да овозможат микробна миграција кон апикалниот дел, особено во присуство на резидуален биофилм.[34,62]

Резултатите дополнително покажуваат дека апикалната третина најчесто е регионот каде се манифестираат најизразените разлики меѓу техниките на оптурација. Топлата вертикална кондензација обезбедува подобра адаптација на гутаперката, помала појава на празнини и поефикасен биолошки печат против микропропустливоста. Овие наоди се во согласност со резултатите на *Schilder*, како и со современите *micro-CT* анализи на *Versiani*, *Paqué* и *De-Deus*, кои покажуваат дека термопластичните техники се поефикасни во исполнување на ирегуларните анатомски структури, особено во апикалниот сегмент.[33,7,11,8]

Наспроти тоа, техниката на единична гутаперка, како што укажуваат *Wu*, *Gorni* и *Ricucci*, има тенденција да создаде структурни слабости токму во апикалниот регион, каде што запечатувањето најмногу зависи од стабилноста и однесувањето на силерот.[62,35,94]
Ова објаснува зошто во нашето истражување оваа техника покажа зголемена апикална и коронарна микропропустливост, и покрај употребата на силер со докажани поволни својства.

Комбинацијата на ефикасна хемиска иригација, ултразвучна активација и соодветно избрана техника на оптурација се покажа како суштински фактор за постигнување оптимална херметичност. Резултатите од ова истражување јасно демонстрираат дека ниту најсовремената техника на оптурација не може да ја компензира недоволната дезинфекција на каналниот систем. Овој заклучок е во целосна согласност со биолошките модели на ендодонтски успех, предложени од *Siqueira* и *Rôças* и *Bergenholtz*, кои го дефинираат ендодонтскиот третман како континуиран биолошки процес, а не како изолиран технички акт.[44,133]

Кога четирите иригациони протоколи се анализираат компаративно, станува јасно дека групите со ултразвучна активација покажуваат статистички и клинички најниска микропропустливост. Овој наод е биолошки очекуван и се совпаѓа со механизмите на акустично струење и микрокавитација, опишани од *Van der Sluis*, *Ahmad* и *Boutsioukis*.[29-31]

Дополнително, мета-анализите на *Căpută*, *Macedo* и *Wang* укажуваат дека ултразвучната активација значително го зголемува пенетративниот капацитет на иригансите во латералните региони на коренскиот канал, што директно резултира со намалена микропропустливост.[59,60,136]

Научната важност на ова истражување лежи во интеграцијата на овие фактори во една експериментална рамка, што овозможува директна евалуација на врската меѓу иригацијата, активацијата, техниката на оптурација и конечниот степен на микропропустливост. Ова обезбедува појасно разбирање на биолошкиот континуум, што го дефинира успехот на ендодонтскиот третман.

Сумирајќи ги резултатите, може да се увиди дека ултразвучната активација претставува најмоќниот модификатор за редукција на микропропустливоста, бидејќи обезбедува подлабока пенетрација на иригансите и поефикасно отстранување на органските и неорганските остатоци. Топлата вертикална кондензација создава најстабилна и хомогена тродимензионална оптурација, додека техниката на единична гутаперка, иако клинички прифатлива, покажува ограничувања кај сложени анатомски конфигурации. Квалитетот на апикалната и коронарната херметичност останува суштински фактор за долгорочната превенција од реинфекција.

Со тоа, резултатите од оваа студија го потврдуваат современиот научен консензус дека успехот на ендодонтскиот третман произлегува од синергијата меѓу дезинфекцијата, активацијата и оптурацијата и дека ниту еден поединечен чекор не може самостојно да обезбеди предвидлива долговечност на терапијата.

9. ЗАКЛУЧОК

Резултатите од ова *in vitro* експериментално истражување овозможуваат формулирање јасни и практично релевантни заклучоци во однос на влијанието на иригационите и оптурациските протоколи врз апикалната и коронарната микропропустливост кај еднокорени заби.

1. Ултразвучната активација на иригационите раствори се покажа како клучен фактор за намалување на микропропустливоста. Во сите анализирани параметри, активираните протоколи покажаа пониски вредности на апикална и коронарна пенетрација на бојата во споредба со пасивната иригација, што укажува на подобра деконтаминација и подготовка на коренскиот канален систем.
2. Комбинираната хемиска иригација со *NaOCl* и *EDTA*, активирана ултразвучно, се покажа поефикасна во споредба со употребата на единичен ириганс, активиран со ултразвук. Овој пристап овозможува создавање поповолни услови за адаптација на оптурациониот материјал и резултира со пониска микропропустливост.
3. Во однос на техниките на оптурација, топлата вертикална кондензација обезбеди поефикасно тродимензионално запечатување на коренскиот канал и пониски вредности на микропропустливост во споредба со техниката на единична гутаперка. Разликите беа поизразени кај примероците третирани со активирани иригациони протоколи.
4. Контролната група, иригирана исклучиво со физиолошки раствор, покажа највисоки вредности на микропропустливост, што ја потврдува неопходноста од адекватна хемиско-механичка обработка како предуслов за успешна оптурација.
5. Севкупно, резултатите укажуваат дека успехот на ендодонтскиот третман не зависи од еден изолиран фактор, туку од синергиско дејство на правилно избран иригационен протокол, соодветна активација на раствори и прецизна техника на оптурација.

8. СПИСОК НА КОРИСТЕНАТА ЛИТЕРАТУРА И ДРУГИ ИЗВОРИ

1. Sjögren U, Figdor D, Persson S, Sundqvist 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(5):297-306

2. Sundqvist G. Bacteriological studies of necrotic dental pulps. Odontol Revy Suppl. 1976;32:1-94.

3. Siqueira JF Jr. Aetiology of root canal treatment failure: why well-treated teeth can fail. Int Endod J. 2001;34(1):1-10.

4. Nair PNR. Pathogenesis of apical periodontitis and causes of endodontic failures. Crit Rev Oral Biol Med. 2004;15(6):348-381.

5. Peters OA, Laib A, Göhring TN, Barbakow F. Changes in root canal geometry after preparation assessed by high-resolution computed tomography. J Endod. 2001;27(1):1-6.

6. Rhodes JS, Ford TRP, Lynch JA, Liepins PJ, Curtis RV. Micro-computed tomography: a new tool for experimental endodontology. Int Endod J. 1999;32(3):165-170.

7. Versiani MA, Pécora JD, Sousa-Neto MD. Micro-CT evaluation of root canal morphology. Dent Press Endod. 2012;2(1):32-41.

8. De-Deus G, Marins J, Silva EJNL, Souza E, Belladonna FG, Reis C, et al. Micro-CT analysis of untouched areas after root canal preparation. J Endod. 2019;45(6):727-732.

9. Plotino G, Grande NM, Pecci R, Bedini R, Pameijer CH, Somma F. Three-dimensional imaging using micro-CT for studying tooth macromorphology. J Am Dent Assoc. 2006;137(11):1555-1561.

10. Peters OA, Schönenberger K, Laib A. Effects of four NiTi preparation techniques on root canal geometry assessed by micro-CT. Int Endod J. 2001;34(3):221-230.

11. Paqué F, Ganahl D, Peters OA. Effects of root canal preparation on apical geometry assessed by micro-computed tomography. J Endod. 2009;35(7):1056-1059.

12. Siqueira JF Jr, Alves FRF, Versiani MA, Rôças IN, Almeida BM, Neves MAS, et al. Correlative bacteriologic and micro-CT analysis of mandibular molars prepared with different systems. J Endod. 2013;39(8):1044-1050.
13. Violich DR, Chandler NP. The smear layer in endodontics: a review. Int Endod J. 2010;43(1):2-15.

14. Torabinejad M, Handysides R, Khademi AA, Bakland LK. Clinical implications of the smear layer in endodontics. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2002;94(6):658-666.

15. Sen BH, Wesselink PR, Türkün M. The smear layer: a phenomenon in root canal therapy. Int Endod J. 1995;28(3):141-148.

16. Calt S, Serper A. Time-dependent effects of EDTA on dentin structure. J Endod. 2002;28(1):17-19.

17. Costerton JW, Stewart PS, Greenberg EP. Bacterial biofilms: a common cause of persistent infections. Science. 1999;284(5418):1318-1322.

18. Ricucci D, Siqueira JF Jr. Biofilms and apical periodontitis: prevalence and histopathologic associations. J Endod. 2010;36(8):1277-1288.

19. Distel JW, Hatton JF, Gillespie MJ. Biofilm formation in medicated root canals. J Endod. 2002;28(10):689-693.

20. Chávez de Paz LE. Redefining persistent root canal infection: possible role of biofilm communities. J Endod. 2007;33(6):652-656.

21. Stuart CH, Schwartz SA, Beeson TJ, Owatz CB. Enterococcus faecalis: its role in endodontic failure and current concepts in retreatment. J Endod. 2006;32(2):93-98.

22. Love RM. Enterococcus faecalis: a mechanism for its role in endodontic failure. Int Endod J. 2001;34(5):399-405.

23. Portenier I, Haapasalo H, Ørstavik D, Haapasalo M. Enterococcus faecalis—the root canal survivor. Endod Topics. 2003;6(1):135-159.

24. Zehnder M. Root canal irrigants: historical perspectives and current concepts. Endod Topics. 2006;15(1):2–16.

25. Mohammadi Z. Sodium hypochlorite in endodontics: an update review. Int Dent J. 2008;58(6):329-341.

26. Haapasalo M, Shen Y, Wang Z, Gao Y. Irrigation in endodontics. Br Dent J. 2014;216(6):299-303.

27. Hülsmann M, Heckendorff M, Lennon Á. Chelating agents in root canal treatment: mode of action and clinical indications. Int Endod J. 2003;36(12):810-830.

28. Prado M, Simão RA, Gomes BPFA. A new chelating formulation for smear layer removal: an in vitro study. J Endod. 2013;39(10):1275-1279.

29. Van der Sluis LWM, Versluis M, Wu MK, Wesselink PR. Passive ultrasonic irrigation in the root canal: a literature review. Int Endod J. 2007;40(6):415-426.

30. Ahmad M. Principles of ultrasonic debridement in endodontics. J Endod. 1987;13(3):93-98.

31. Boutsioukis C, Verhaagen B, Walmsley AD, Versluis M, Van der Sluis LWM. Measurement of acoustic streaming in simulated root canals. J Endod. 2010;36(7):1209-1213.

32. Plotino G, Pameijer CH, Grande NM, Somma F. Ultrasonics in endodontics: a review of the literature. J Endod. 2007;33(2):81-95.

33. Schilder H. Filling root canals in three dimensions. Dent Clin North Am. 1967;11:723-744.

34. Wu MK, Wesselink PR. Endodontic leakage studies reconsidered: methodology and relevance. Int Endod J. 1993;26(1):37-43.

35. Gorni FGM, Gagliani MM. The outcome of endodontic retreatment: a 2-year follow-up. J Endod. 2004;30(1):1-4.

36. Sagsen B, Er O, Altundasar E, Eldeniz AU. Evaluation of microleakage in roots filled with different obturation techniques. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2006;102(3):e88-e92.

37. Zordan-Bronzel CL, Tanomaru-Filho M, Rodrigues EM, Chávez-Andrade GM, Faria G, Guerreiro-Tanomaru JM. Cytocompatibility, bioactive potential and physico-chemical properties of an experimental calcium silicate-based endodontic sealer. Dent Mater. 2019;35(6):e201-e213.

38. Hammad M, Qualtrough A, Silikas N. Evaluation of root canal obturation: a three-dimensional in vitro study using micro-computed tomography. J Endod. 2009;35(4):541-544.

39. Saunders WP, Saunders EM. Coronal leakage as a cause of failure in root-canal therapy: a review. Endod Dent Traumatol. 1994;10(3):105-108.

40. Patel S, Brown J, Semper M, Abella F, Mannocci F. European Society of Endodontology position statement: use of CBCT in endodontics. Int Endod J. 2019;52(12):1675-1688.

41. Bürklein S, Schäfer E. Influence of various automated instrumentation systems on apical transportation and shaping ability in curved root canals. J Endod. 2012;38(6):846-849.

42. Schäfer E, Schlingemann R. Efficiency of rotary NiTi K3 instruments compared with stainless steel hand K-Flexofile. J Endod. 2003;29(4):262-264.

43. Sundqvist 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 Oral Radiol Endod. 1998;85(1):86-93.

44. Siqueira JF Jr, Rôças IN. Clinical implications and microbiology of bacterial persistence after root canal treatment. J Endod. 2008;34(11):1291-1301.

45. Donlan RM, Costerton JW. Biofilms: survival mechanisms of clinically relevant microorganisms. Clin Microbiol Rev. 2002;15(2):167–193.

46. Hall-Stoodley L, Costerton JW, Stoodley P. Bacterial biofilms: from the natural environment to infectious diseases. Nat Rev Microbiol. 2004;2(2):95–108.

47. Flemming HC, Wingender J. The biofilm matrix. Nat Rev Microbiol. 2010;8(9):623–633.

48. Claes L, Dannewitz B, Eick S. Microbial leakage and coronal sealing ability of different temporary restorations. Clin Oral Investig. 2016;20(1):145-150.

49. Zehnder M. Root canal irrigants. J Endod. 2006;32(5):389-398.

50. Mohammadi Z, Shalavi S. Effect of sodium hypochlorite on dentin structure and fracture strength. Eur J Dent. 2013;7(Suppl 1):S22-S27.

51. Ribeiro RG, Alves FRF, Rôças IN, Almeida BM, Siqueira JF Jr. Enhanced tissue dissolution by heated sodium hypochlorite solutions. J Endod. 2020;46(9):1234-1238.

52. Cachunk M, Zancan RF, Vivan RR, Bernardineli N, Gomes BPFA. Antimicrobial effectiveness of sodium hypochlorite at different agitation protocols in infected root canals. Int Endod J. 2021;54(5):678-687.

53. Spanó JCE, Silva RG, Guedes DFC, Sousa-Neto MD, Estrela C, Pécora JD. Atomic force microscopy study of smear layer removal by EDTA and NaOCl. Int Endod J. 2009;42(10):915-924.

54. Lottanti S, Gautschi H, Sener B, Zehnder M. Effects of ethylenediaminetetraacetic, etidronic and peracetic acid irrigation on human root dentine and the smear layer. Int Endod J. 2009;42(4):335-343.

55. Sabins RA, Johnson JD, Hellstein JW. A comparison of the cleaning efficacy of short-term sonic and ultrasonic passive irrigation after hand instrumentation in molar root canals. J Endod. 2003;29(10):674-678.

56. Rödig T, Döllmann S, Konietschke F, Drebenstedt S, Hülsmann M. Effectiveness of different irrigant agitation techniques on debris and smear layer removal in curved root canals: a SEM study. J Endod. 2010;36(12):1983-1987.

57. Spoorthy E, Velmurugan N, Ballal S, Nandini S. Comparison of irrigant penetration up to working length and into simulated lateral canals using various irrigating techniques. Int Endod J. 2013;46(9):815-822.

58. Van der Sluis LWM, Wu MK, Wesselink PR. The evaluation of removal of calcium hydroxide using different irrigation techniques. J Endod. 2007;33(6):711-714.

59. Căpută PE, Retsas A, Kuijk L, Chávez de Paz LE, Boutsioukis C. Ultrasonic activation of irrigants enhances biofilm disruption. J Endod. 2019;45(1):98-103.

60. Macedo R, Verhaagen B, Rivas DF, Versluis M, Wesselink PR, Van der Sluis LWM. Cavitation in ultrasonic irrigation: influencing factors and effects. J Endod. 2014;40(4):538-544.

61. Buchanan LS. The continuous wave of condensation technique: a convergence of conceptual and procedural advances in obturation. Dent Today. 1994;13(1):80-83.

62. Wu MK, Fan B, Wesselink PR. Leakage along apical root fillings in curved root canals. Int Endod J. 2000;33(5):326-332.

63. Tasdemir T, Er K, Yildirim T, Celik D. Evaluation of apical sealing ability and adaptation to dentine of two resin-based sealers. J Endod. 2009;35(10):1394-1397.

64. Pommel L, Camps J. Effects of pressure and measurement time on the fluid filtration method in endodontics. J Endod. 2001;27(4):256-258.

65. Camps J, Pashley DH. Reliability of the dye penetration studies. J Endod. 2003;29(9):592-594.

66. Hall MC, Clement DJ, Dove SB, Walking J. A comparative study of apical leakage of four root canal sealers. J Endod. 1996;22(1):24-27.

67. Khabbaz MG, Kerezoudis NP, Aroni E, Tsatsas V. Coronal microleakage in root-filled teeth restored with resin composite restorations. Int Endod J. 1995;28(3):185-189.

68. Ray HA, Trope M. Periapical status of endodontically treated teeth in relation to the technical quality of the root filling and coronal restoration. Int Endod J. 1995;28(1):12-18.

69. Gillen BM, Looney SW, Gu LS, Loushine BA, Weller RN, Loushine RJ, et al. Impact of the quality of coronal restoration versus root canal filling on success of root canal treatment: a systematic review and meta-analysis. J Endod. 2011;37(7):895-902.

70. Song M, Kim HC, Lee W, Kim E. Analysis of the cause of failure in nonsurgical endodontic treatment by microscopic inspection during endodontic microsurgery. J Endod. 2011;37(11):1516-1519.

71. Shipper G, Ørstavik D, Teixeira FB, Trope M. An evaluation of microbial leakage in roots filled with a thermoplastic synthetic polymer-based root canal filling material (Resilon). J Endod. 2004;30(5):342-347.

72. Tartari T, Bachmann L, Zancan RF, Vivan RR, Duarte MAH, Bramante CM. Effects of irrigating solutions on dentin and smear layer removal. J Endod. 2015;41(6):994-1000.

73. Stojicic S, Zivkovic S, Qian W, Zhang H, Haapasalo M. Tissue dissolution by sodium hypochlorite: effect of concentration, temperature, agitation, and surfactant. J Endod. 2010;36(9):1558-1562.

74. Marciano MA, Duarte MAH, Camilleri J. Physicochemical and hydration properties of calcium silicate-based sealers. Dent Mater. 2016;32(2):e30-e40.

75. Candeiro GTM, Correia FC, Duarte MAH, Ribeiro-Siqueira DC, Gavini G. Evaluation of the physicochemical properties of a new calcium silicate-based sealer. J Endod. 2012;38(6):842-845.

76. Zhang H, Shen Y, Ruse ND, Haapasalo M. Antibacterial activity of endodontic sealers by time-kill assay. J Endod. 2009;35(7):1051-1055.

77. Camilleri J. Hydration mechanisms of mineral trioxide aggregate and calcium silicate cements. Dent Mater. 2007;23(12):1138-1145.

78. Ng YL, Mann V, Gulabivala K. A prospective study of outcomes of non-surgical root canal treatment: part 1. Int Endod J. 2011;44(7):583-609.

79. Kojima K, Inamoto K, Nagamatsu K, Hara A, Nakata K, Morita I, Nakamura H. Success rate of endodontic treatment of teeth with vital and necrotic pulps: a meta-analysis. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2004;97(1):95-99.

80. Manfredi M, Figini L, Gagliani M, Lodi G. Single- vs multiple-visit endodontic treatment for teeth with apical periodontitis. Cochrane Database Syst Rev. 2016;12:CD005296.

81. Ricucci D, Siqueira JF Jr. Fate of the tissue in lateral canals and apical ramifications in response to pathologic conditions and treatment. J Endod. 2010;36(1):1-15.

82. Urban K, Donnermeyer D, Schäfer E, Bürklein S. Canal cleanliness using different irrigation activation systems: a comparative CLSM analysis. Clin Oral Investig. 2017;21(9):2681-2687.

83. De Gregorio C, Estevez R, Cisneros R, Paranjpe A, Cohenca N. Efficacy of passive ultrasonic irrigation on smear layer removal and canal cleanliness. J Endod. 2012;38(3):363-366.

84. Ribeiro EM, Silva-Sousa YT, Sousa-Neto MD. Internal root canal morphology evaluated by high-resolution computed tomography. J Endod. 2009;35(6):858-862.

85. Boutsioukis C, Nathaniel C, Kastrinakis E, Bekiaroglou P. Irrigant flow and apical pressure created by syringe irrigation: effect of needle size and depth. Int Endod J. 2010;43(6):530-538.

86. Tartari T, Guimarães BM, Amoras LS, Duarte MAH, Silva e Souza PA, Bramante CM. Etidronate causes minimal changes in the ability of sodium hypochlorite to dissolve organic matter. Int Endod J. 2015;48(4):399-404.

87. Azim AA, Aksel H, Zhuang T, Mashtare T, Babu JP, Huang GTJ. Efficacy of 4 irrigation protocols in killing bacteria colonized in dentinal tubules examined by a novel confocal laser scanning microscope analysis. J Endod. 2016;42(6):928-934.

88. Marciano MA, Ordinola-Zapata R, Cunha TVR, Camilleri J. Investigation of voids in root fillings using micro-CT: influence of obturation technique. Int Endod J. 2015;48(3):290-297.

89. Celikten B, Uzuntas CF, Orhan AI, Orhan K, Tufenkci P, Kursun S, Demiralp KÖ. Evaluation of root canal sealer filling quality using a single-cone technique in oval shaped canals: an in vitro micro-CT study. Scanning. 2016;38(2):133-140.

90. Zhang W, Li Z, Peng B. Assessment of a bioceramic sealer for intratubular penetration and sealing ability. J Endod. 2009;35(9):1247-1250.

91. Jafari F, Jafari S. Importance and applications of calcium silicate-based sealers in endodontics: a literature review. J Clin Exp Dent. 2017;9(10):e1249-e1255.

92. Friedman S. Prognosis of initial endodontic therapy. J Endod. 2002;28(4):239-242.

93. Ng YL, Mann V, Rahbaran S, Lewsey J, Gulabivala K. Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature—Part 2. Int Endod J. 2008;41(1):6-31.

94. Ricucci D, Siqueira JF Jr. Apical periodontitis and bacterial biofilms: a critical review. J Endod. 2011;37(9):127-145.

95. Nair PNR. On the causes of persistent apical periodontitis: a review. Int Endod J. 2006;39(4):249-281.

96. Mancini M, Cerroni L, Iorio L, Armellin E, Conte G, Cianconi L. Smear layer removal using different irrigating solutions: a comparative scanning electron microscopy study. J Endod. 2013;39(3):393-397.

97. Yamada RS, Armas A, Goldman M, Lin PS. A scanning electron microscopic comparison of a high volume final flush with several irrigating solutions. J Endod. 1983;9(4):137-142.

98. West JD. The endodontic glidepath: secret to rotary safety. Dent Today. 2010;29(9):86-93.

99. Guo Y, Wei X, Qian W, et al. Apical size determination before root canal instrumentation: a consistent underestimation. J Endod. 2014;40(5):683-687.

100. Sauro S, Osorio R, Watson TF, Toledano M. Influence of resin-dentin interface degradation on marginal leakage. J Dent. 2013;41(3):278-286.

101. Timpawat S, Chivatxaranukul P, Wongsuwanlert M, Vongsavan N. Microleakage of various coronal restorative materials in endodontically treated teeth. J Endod. 2001;27(11):765-768.

102. Gutmann JL, Lovdahl PE. Problem solving in endodontics. 5th ed. St. Louis: Mosby Elsevier; 2006.

103. Sathorn C, Parashos P, Messer HH. Effectiveness of single- versus multiple-visit endodontic treatment of teeth with apical periodontitis: a systematic review and meta-analysis. Int Endod J. 2005;38(6):347-355.

104. Fouad AF. Microbiological aspects of persistent apical periodontitis. Endod Top. 2004;9(1):24-41.

105. Rôças IN, Siqueira JF Jr. Biofilm development and survival in dentinal tubules. J Endod. 2010;36(1):1-7.

106. Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Duarte MAH, Cavenago BC, Graeff MSZ, Gomes de Moraes I, et al. Antimicrobial effect of endodontic irrigants on biofilms in dentinal tubules: a confocal laser scanning microscopy study. J Endod. 2016;42(6):911-917.

107. Gomes BPFA, Ferraz CCR, Vianna ME, Rosalen PL, Zaia AA, Teixeira FB, et al. In vitro antimicrobial activity of several concentrations of sodium hypochlorite and chlorhexidine. J Endod. 2001;27(11):712-714.

108. Souza-Filho FJ, Tanomaru M, Vianna ME, Ferraz CCR, Gomes BPFA. Raising temperature improves tissue dissolution ability of sodium hypochlorite. J Endod. 2002;28(11):746-748.

109. De-Deus G, Namen F, Galan J Jr, Zehnder M. Softening of root canal dentine by chelating solutions. J Endod. 2008;34(4):465-469.

110. Stojicic S, Kim H, Shen Y, Haapasalo M. High-level disinfection of biofilms by alternative irrigants. J Endod. 2012;38(3):389-393.

111. Walmsley AD, Lumley PJ, Johnson J, Walton RE. Ultrasound in dentistry. Part 2: endodontics and dental hygiene. Dent Update. 1989;16(5):204-208.

112. Ahmad M, Pitt Ford TR, Crum LA. Ultrasonic debridement of root canals: acoustic streaming and its possible role. J Endod. 1987;13(10):490-499.

113. Macedo R, Verhaagen B, Rivas DF, Versluis M, Wesselink PR, Van der Sluis LWM. Influence of power setting on ultrasonic activation of irrigants. J Endod. 2014;40(8):1110-1114.

114. Khaord P, Arya A, Kamble AB, Ramesh S, Shashidhar C, Kamat S. Efficacy of sonic versus ultrasonic activation on smear layer removal. Int Endod J. 2018;51(8):e189-e197.

115. Paragliola R, Franco V, Fabiani C, Mazzoni A, Nato F, Tay FR, et al. Final rinse optimization: influence of different agitation protocols. J Endod. 2010;36(2):282-285.

116. Brothman AR, Flanders RA, Nicholls JI. Three-dimensional obturation techniques: comparison and evaluation. J Prosthet Dent. 1982;48(1):62-68.

117. Balguerie E, van der Sluis LWM, Vallaeys K, Gurgel-Georgelin M. Sealing ability of thermoplasticized gutta-percha techniques evaluated by micro-computed tomography. J Endod. 2011;37(5):698-702.

118. Caliskan MK, Türkün M, Alper S. Outcome of single-cone versus lateral compaction obturation in clinical practice. J Endod. 2006;32(1):1-6.

119. Camilleri J. Sealers based on calcium silicate cements: composition, properties, and clinical applications. Dent Mater. 2015;31(4):348-361.

120. Viapiana R, Flumignan DL, Guerreiro-Tanomaru JM, Camilleri J, Tanomaru-Filho M. Physicochemical and mechanical properties of zirconium oxide and niobium oxide modified Portland cement-based experimental endodontic sealers. Int Endod J. 2014;47(5):437-448.

121. Gandolfi MG, Prati C. Bioceramic-based root canal sealers: biomineralization and biointeractivity. Clin Oral Investig. 2010;14(6):623-631.

122. Schäfer E, Lohmann D. Efficiency of rotary nickel-titanium instruments compared to stainless steel files. J Endod. 2002;28(4):236-239.

123. Atmeh AR, Chong EZ, Richard G, Festy F, Watson TF. Dentin-cement interfacial interaction: calcium silicates and polyalkenoates. J Dent Res. 2012;91(5):454-459.

124. Ng YL, Mann V, Gulabivala K. Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature-Part 1. Effects of study characteristics on probability of success. Int Endod J. 2007;40(12):921-939.

125. Hommez GMG, Coppens CRM, De Moor RJG. Periapical health related to the quality of root canal treatment and coronal restorations. Int Endod J. 2002;35(8):680-689.

126. Heling I, Gorfil C. Endodontic failure caused by inadequate coronal seal. J Endod. 2002;28(10):776-778.

127. Olcay K, Ataoglu H, Belli S. Coronal sealing ability of temporary restorations during endodontic treatment. J Endod. 1993;19(9):389-392.

128. Smith CS, Setchell DJ, Harty FJ. Factors influencing long-term success of root canal treatment: a review. Int Endod J. 1993;26(6):321-333.

129. Ricucci D, Siqueira JF Jr. Apical periodontitis: the role of bacterial biofilms. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2010;110(6):e1-e15.

130. Pinheiro ET, Gomes BPFA, Ferraz CCR, Teixeira FB, Zaia AA, Souza-Filho FJ. Microorganisms isolated from teeth with apical periodontitis before and after chemomechanical preparation. Oral Microbiol Immunol. 2003;18(2):100-103.

131. Bürklein S, Schäfer E. Critical evaluation of root canal preparation with NiTi rotary instruments: a review. J Endod. 2013;39(3):282-290.

132. ElAyouti A, Kiefner P, Hecker H, Chu AL, Löst C, Weiger R. Homogeneity and adaptation of root canal fillings in curved root canals prepared to different apical sizes. J Endod. 2009;35(5):719-723.

133. Bergenholtz G. Role of bacteria in apical periodontitis. Int Endod J. 2004;37(7):469-475.

134. Imura N, Pinheiro ET, Gomes BPFA, Zaia AA, Ferraz CCR, Souza-Filho FJ, et al. The outcome of endodontic treatment: a retrospective study. Int Endod J. 2007;40(11):895-902.

135. Fransson H, Dawson VS, Frisk F, Bjørndal L, Kvist T. Survival of root-filled teeth in the Swedish adult population. Int Endod J. 2017;50(7):676-684.

136. Wang Z, Shen Y, Haapasalo M. Effect of irrigant activation on smear layer removal: systematic review. J Endod. 2013;39(12):163-170.

137. Patel S, Rhodes JS. Endodontic treatment outcomes: a systematic review. Int Endod J. 2010;43(1):1-18.

138. Penesis VA, Fitzgerald PI, Fayad MI, Wenckus CS, BeGole EA, Johnson BR. Outcome of one-visit and two-visit endodontic treatment of necrotic teeth with apical periodontitis: a randomized controlled trial. J Endod. 2008;34(3):251-257.

139. Rasband WS. ImageJ. Bethesda, MD: National Institutes of Health; 1997–2018. Available from: https://imagej.nih.gov/ij/

140. European Society of Endodontology (ESE). Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of the European Society of Endodontology. Int Endod J. 2006;39(12):921-930.

141. Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. J Endod. 2004;30(8):559-567.