



УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ“ – ШТИП

ФАКУЛТЕТ ЗА МЕДИЦИНСКИ НАУКИ

ДЕНТАЛНА МЕДИЦИНА

ШТИП

д-р Михајло Петровски, Mr. Sci.

**АНАЛИЗА НА МИКРО-ТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ
НА КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА
КОНВЕНЦИОНАЛНА И ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА
ТЕРАПИЈА**

-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-

Штип, септември 2021

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

Интерен ментор: Проф. д-р Ана Миновска, редовен професор, Факултет за медицински науки, Универзитет „Гоце Делчев“ во Штип, област - Болести на уста и пародонтот.

Екстерен ментор: Проф. д-р Мирјана Поповска-Спасовска, редовен професор, Стоматолошки факултет, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ во Скопје, област - Болести на уста и пародонтот.

Членови на комисија за оцена и одбрана:

Претседател: Проф. Д-р. Ивона Ковачевска, редовен професор, Факултет за медицински науки, Универзитет „Гоце Делчев“ во Штип, област - Болести на заби и ендодонт

Член: Проф. Д-р. Ана Миновска редовен професор, Факултет за медицински науки, Универзитет „Гоце Делчев“ во Штип, област - Болести на уста и пародонт

Член: Проф. Д-р. Мирјана Поповска-Спасовска, редовен професор, Стоматолошки факултет, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ во Скопје, област - Болести на уста и пародонт.

Член: Проф Д-р. Анета Атанасовска-Стојановска, редовен професор, Стоматолошки факултет, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ во Скопје, област - Болести на уста и пародонт.

Член: Проф. Д-р. Киро Папакоча, вонреден професор, Факултет за медицински науки, Универзитет „Гоце Делчев“ во Штип, област - Дентална имплантологија.

Научно поле: Стоматологија (304)

Научна област: Пародонтологија и орална патологија (30406 и 30405)

Датум на одбрана: 13.12.2021

Датум на промоција:

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

**Науката е дејност што го открива знаењето, таа признава само такво
знаење коешто може да поднесе реална критика. Патот до знаењето е
долг и тежок, а до верувањето е краток и лесен.**

Ернст Штилингер (Ernst Stühlinger, 1913 – 2008 г.),
германско-американски атомски, електро и ракетен научник

АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-

Рецензирани и објавени трудови произлезени од истражувањето,
печатени во домашни или меѓународни списанија или реферати и
презентации од научни собири

Petrovski, Mihajlo and Minovska, Ana (2021) *Influence of different periodontal therapeutic protocols on cementum thickness.* Knowledge–International Journal.

Petrovski, Mihajlo and Minovska, Ana (2021) *Analysis of early phase wound healing after Er: YAG laser assisted periodontal pocket debridement.* Knowledge – International Journal, 45 (4). pp. 803-809.

Papakoca, Kiro and **Petrovski, Mihajlo** (2021) *Laser assisted periodontal treatment.* Knowledge –International Journal, 44 (2). pp. 171-175.

Petrovski, Mihajlo and Papakoca, Kiro (2020) *Pathological changes of dental cementum during periodontal disease.* Knowledge - International Journal, Scientific and Applicative Papers. ISSN 1857-923X

Petrovski, Mihajlo and Terzieva-Petrovska, Olivera and Minovska, Ana and Kovacevska, Ivona and Carceva-Salja, Sofija (2019) *Laser application on periodontal therapy- evaluation of patients' knowledge and acceptance.* In: 24th BASS Congress, 9-11 May 2019, Tirana, Albania.

Petrovski, Mihajlo and Minovska, Ana (2019) *Changes of Root Surface in the Periodontal disease.* In: Dental Summer School & Second International Students Congress in Dental Medicine 2019, 23-26.05.2019, Ohrid.

Petrovski, Mihajlo and Terzieva-Petrovska, Olivera and Minovska, Ana and Kovacevska, Ivona and Carceva-Salja, Sofija (2019) *Laser application on periodontal therapy- evaluation of patients' knowledge and acceptance.* In: 24th BASS Congress, 9-11 May 2019, Tirana, Albania.

Popovska, Anastasija and Popovska, Verica and **Petrovski, Mihajlo** and Terzieva-Petrovska, Olivera (2018) *Dental laser usage in everyday dental practice.* In: First International Students Congress in Dental Medicine - 2018, 28-29 March 2018, Stip, Macedonia.

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

**АНАЛИЗА НА МИКРО-ТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА**

Краток извадок:

Вовед. Главната цел на пародонталната терапија е да се елиминира инфекцијата преку отстранување на бактерискиот дентален плак и тврдите депозити. Сите тераписки постапки се насочени кон добивање на коренска површина биолошки компатибилна со пародонталните ткива. Денеска, механичкиот дебридман на коренската површина се смета за златен стандард во нехируршката пародонтална терапија. Сепак, комплетното отстранување на бактериските депозити и нивните токсини од коренската површина на пародонталните џебови не може секогаш во целост да се постигне со конвенционалниот третман. Но, од неодамна ласерите се користат како ветувачка алатка кон успешна пародонтална терапија. Она што е карактеристично за обработката на пародонтално заболените коренски површини е менувањето на топографската текстура на површинскиот коренски цемент. Рапавоста како компонента на површинската текстура, која е квантифицирана со отстапувања во насоката на нормалниот вектор на вистинска површина од нејзината идеална форма, влијае на заздравувањето на пародонталните ткива. Иако механичките својства на цементот се проценети на макро- и микро-скала, наноструктурата на текстурата на цементот и хемиските промени кои резултираат од изведувањето на различните тераписки процедури се уште не се испитани во детали и оскудни се податоците кои се однесуваат на истите.

Цел. Земајќи ги во предвид сложените патогенетски промени, како и сложеноста на репараторно регенеративните процеси условени од површинскиот интерфејс на цврстиот-коренски сид на пародонталниот џеб, оформена е и цел на овој труд- да се проследат површинските и хемиските карактеристики на забниот цемент после спроведување на различни пародонтални тераписки модалитети.

Материјал и метод. Испитуваниот примерок опфати вкупно 120 заби со индикација за екстракција со дијагностициран III и IV стадиум на пародонтална болест. Испитуваниот примерок беше поделен во три групи по 40 заби, според спроведената тераписка процедура: (1) заби на кои е извршена конвенционална пародонтална терапија (комбинација од ултразвучна и рачна инструментација), (2) заби кај кои е изведен ласерски потпомогнат третман со Er:YAG ласер и (3) контролна група: екстрахирани импактирани заби или заби кои се екстрахирани од непародонтална причина (оклузален трауматизам, ортодонтска терапија или протеска причина). Кај половина од забите е изведена АФМ и СЕМ анализа, а на преостанатата половина е изведена хемиска анализа со помош на ICP-MS и рентген дифрактометрија. Дополнително, 20

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

екстрахирани заби со III и IV стадиум на пародонтална болест кои не се третирани беа испитани за промени во хемискиот состав и дебелина на цементот.

Резултати. Резултатите од спроведената СЕМ анализа укажуваат дека после конвенционалниот третман постои напредната, додека кај ласерски третирани површини постои умерена површинска алтерација. Од анализата на хистограмите на сите измерени точки, височините и симетријата, како и отстапувањето од идеалната нормална крива претставена со skewness и kurtosis, кај нетретираниите и со ласер третираниите заби се забележува дека е присутна умерено искривена и лептокуртична дистрибуција за разлика од површините третирани со скоро симетричната дистрибуција кај конвенционалната метода. Постои редукција на присутниот калциум кај третираниите коренски површини, и при тоа поголема е загубата на калциум кај коренските површини третирани со ласер. Најголема загуба на неорганските компоненти во структурата на цементот се забележува кај површини кои се третирани со конвенционална пародонтална терапија. Постои значително поблизоок сооднос на органскиот и неорганскиот дел на цементот на коренските површини кои се добиени од заби третирани со ласер и кај здрави заби. Доминантен минерал во цементот е хидроксилпатиот и неговите модификации- портландитот и аморфниот апатит. Просечната дебелина на цементот кај здравите заби изнесува $174.6045 \pm 10.14400 \mu\text{m}$ и $159,6760 \pm 145,52132 \mu\text{m}$ кај пародонтално променетите заби. Просечната дебелина на преостанатиот цемент по конвенционалната терапија е најмала и изнесува $100,3535 \pm 16.00674 \mu\text{m}$, додека, по ласерски потпомогната терапија изнесуваше $122.1320 \pm 18.91512 \mu\text{m}$.

Заклучоци. Врз основа на резултатите може да се заклучи дека по спроведената ласерски потпомогната терапија, површинската рапавост како компонента на топографската текстура на цементот е многу слична со истата на здрави заби. Исто така промени во хемиските карактеристики и минеролошкиот состав на коренските површини настануваат при примената на било која терапевска постапка во однос на здравите заби. Постои значително поголема редукција на дебелината на цементот после спроведената конвенционална терапија во однос на ласер асистираниот пародонтална терапија. Може да се заклучи дека коренските површини после спроведената ласерски потпомогната терапија покажува поголема морфолошка и хемиска сличност со здравите коренски површини, отколку коренските површини третирани со конвенционална терапија.

Клучни зборови: Er:Yag ласер, конвенционална терапија, ласерска терапија, рапавост

**ANALYSIS OF THE MICRO-TOPOGRAPHIC AND CHEMICAL
CHARACTERISTICS OF THE TOOTH ROOT SURFACE AFTER CONVENTIONAL
AND LASER ASSISTED PERIODONTAL THERAPY**

Abstract:

Introduction. The main goal of periodontal therapy is to eliminate the infection by removing the bacterial dental plaque and concretions. All therapeutic procedures are aimed to obtaining a root surface biologically compatible with periodontal tissues. Today, mechanical debridement of the root surface is considered as a gold standard in non-surgical periodontal therapy. However, complete removal of bacterial deposits and their toxins from the root surface of periodontal pockets cannot always be completely achieved with conventional treatment. But recently, lasers have been used as a promising tool for successful periodontal therapy. The treatment of periodontally diseased root surfaces causes changes in the topographic texture of the surface root cement. Although the mechanical properties of cement have been evaluated on a macro- and micro-scale, the nanostructure of the cement texture and the chemical changes resulting from the various therapeutic procedures have not yet been studied in detail and the data relating to them are insufficient.

Aim. Taking into consideration the complex pathological changes, as well as the complexity of reparative and regenerative processes conditioned by the surface interface of the hard wall of the periodontal pocket, the aim of this paper was to evaluate the morphological and chemical characteristics of tooth cement after application of different periodontal therapeutic modalities.

Material and method. The examined sample included a total number of 120 teeth with extraction indication and with diagnosed stage III and IV periodontal disease. The examined sample was divided into three groups of 40 teeth, according to the performed therapeutic procedure: (1) teeth that were treated with conventional periodontal therapy (combination of ultrasound and manual instrumentation), (2) teeth treated with laser-assisted treatment with Er: YAG laser and (3) control group: extracted impacted teeth or teeth extracted from non-periodontal causes (occlusal trauma, orthodontic therapy or prosthetic cause). AFM and SEM analysis was performed on half of the teeth, and chemical analysis using ICP-MS and X-ray diffractometry was performed on the remaining half, Additionally, 20 not-treated extracted teeth with stage III and IV of periodontal disease were examined for any chemical changes and thickness of the cement.

Results. The results of the conducted SEM analysis indicate that after conventional treatment there is advanced, while in laser treated areas there is moderate surface alteration. From the analysis of the histograms of all measured points, heights and

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

symmetry, as well as the deviation from the ideal normal curve represented by skeweness and kurtosis, in the untreated and laser treated teeth it is noticed that there is a moderately distorted and leptocurtical distribution in contrast to the surfaces treated with conventional therapy which has symmetric distribution. There is a reduction in the calcium present in the treated root surfaces, and there is a greater loss of calcium in the laser-treated root surfaces. Greatest loss of inorganic components in the cement structure is observed in surfaces treated with conventional periodontal therapy. There is a significantly closer ratio of the organic and inorganic part of the cement to the root surfaces obtained from laser treated teeth and in healthy teeth. The dominant mineral in cement is hydroxylapatate and its modifications - portlandite and amorphous apatite. The average cement thickness of healthy teeth was $174.6045 \pm 10.14400 \mu\text{m}$ and $159,6760 \pm 145,52132 \mu\text{m}$ in periodontal altered teeth. The average thickness of the remaining cement after conventional therapy is the smallest and was $100.3535 \pm 16.00674 \mu\text{m}$, while, after laser assisted therapy it was $122.1320 \pm 18.91512 \mu\text{m}$.

Conclusions. Based on the results, it can be concluded that after the laser-assisted therapy, the surface roughness as a component of the topographic texture of the cement is very similar to that of healthy teeth. Also, changes in the chemical characteristics and mineralogical composition of the root surfaces occur during the application of any therapeutic procedure in relation to healthy teeth. There is a significantly greater reduction in the thickness of the cement after the conventional treatment compared to the laser assisted periodontal therapy. It can be concluded that the root surfaces after the laser-assisted therapy show a greater morphological and chemical similarity with healthy root surfaces than the root surfaces treated with conventional therapy.

Keywords: Er: Yag laser, conventional therapy, laser therapy, roughness



СОДРЖИНА

СОДРЖИНА

СОДРЖИНА.....	10
ВОВЕД.....	13
ЛИТЕРАТУРЕН ПРЕГЛЕД.....	21
Анатомо-хистолошки карактеристики на забниот цемент.....	22
Хемиски карактеристики на цементот.....	24
Промени кои настануваат во текот на пародонталната деструкција.....	27
Нехируршки методи за обработка на тврдиот ѕид на пародонталниот џеб.....	28
Конвенционална пародонтална терапија.....	30
Ласерска обработка на коренската површина.....	32
Анализа на топографските карактеристики на коренските површини.....	38
Одредување на површинската топографија на цементот- скенирачка електронска микроскопија (SEMикроскопијата) и Atomic force микроскопија (AFM).	40
Испитувања на коренската површина после употребата на конвенционалната и ласерски потпомогната обработката на пародонталните џебови.	46
ЦЕЛИ.....	56
МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДИ.....	60
Материјал.....	60
Метод.....	66
Протокол за контрола на инфекцијата и стерилизација на екстрахираните заби.....	68
Конвенционална пародонтална терапија.....	69
Ласер асистирани пародонтална терапија.....	70
SEM анализа на испитуваниот примерок.....	72
AFM анализа на испитуваниот примерок.....	75
Хемиска анализа на испитуваниот примерок.....	78
Статистичка анализа.....	81

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

РЕЗУЛТАТИ	84
АНАЛИЗА НА ПОВРШИНСКАТА ТОПОГРАФИЈА.....	85
(a) СЕМ АНАЛИЗА	85
(б) АФМ Анализа.....	109
Хемиска анализа	133
Сооднос на органскиот и неорганскиот дел	146
Минералоски состав на цементот	157
Дебелина на цементот по спроведена пародонтална терапија.....	161
ДИСКУСИЈА.....	168
ЗАКЛУЧОЦИ	197
БИБЛИОГРАФИЈА.....	201



ВОВЕД

ВОВЕД

Денеска, сè уште пародонталната болест и нејзините последици се сметаат како главна причина за загуба на заби и алвеоларна коска ширум светот кај популационата група над 35 години. Генерално, пародонталната болест претставува бактериски предизвикано инфламаторно оштетување. Во етиологијата на ова широкораспространето заболување доминираат бактерии кои се прилепуваат на површината на забот и напредуваат во биофилмската средина. Овие бактерии, подоцна стануваат делумно минерализирани и при тоа формираат дентален калкулус и субгингивални конкременти. Дел од бактериите остануваат неприлепени и слободно пливаат во гингивалната цервикална ареа. Токму овие микроорганизми, најчесто се одговорни за инвазијата на ткивата на пародонтот, што понатаму резултира со различни бактериски интеракции на домаќинот, кои клинички се манифестираат како пародонтална болест. (Offenbacher et al, 2007)

За време на овие сложени патогенетски случувања на површината на коренот на забот настануваат низа промени во неговата физичка и хемиска природа, но исто така, таа станува и цитотоксична поради ослободувањето на бројни бактериски токсини кои се имбибираат во цементот на коренот на забот. Општо земено, промените на коренската површина вклучуваат:

- Губење на прицврстеноста (атачменот) на колагените влакна со површината на цементот, односно настануваат промени од физичка природа (Armitage et al, 1973).
- Зголемување на содржината на минералите во експонираниот цемент, со што се укажува на постоење на хемиски промени (Carranza & Camargo, 2012).
- Деминерализација на површината на коренот со формирање на кратери или кариес на коренот, односно настанува појава на структурни промени (Mariotti, 2003).

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

- Присуство на липополисахариди на површината на цементот, односно појава на цитотоксични промени (Aleo et al, 1974; Hughes & Smales, 1986).

Имајќи ги предвид сите овие промени јасно е дека тераписките методи потребно е да се насочени кон активности кои се стремат да резултираат во нивно отстранување. Еден од најпредизвикувачките аспекти на пародонталната терапија е изборот на предвидлив пристап за модификација на коренската површина пред сè поради фактот што биофилмот ги нарушува можностите за регенерација и потребно е тој да биде отстранет *in toto*.

Знаејќи дека факторите кои влијаат врз успешниот пародонтален тераписки исход, без разлика дали станува збор за репарација или регенерација ги вклучуваат: (1) идеалната коренска површина која треба да му обезбеди стабилност на крвниот коагулум, (2) овозможување миграција на клетките кон површината на коренот, (3) нивно прицврстување, (4) нивна пролиферација и диференцијација, потребно е нашето внимание да го насочиме кон карактеристиките на самата коренска површина. (Polimeni et al, 2006) Токму затоа, подготовката на истата, која ќе биде поволна за горенаведените настани, претставува основа за изнаоѓање на најподобната биомодификација. Ова беше и причината поради која целокупното наше истражување е насочено кон ефектите кои го предизвикуваат различните тераписки модалитети на самата коренска површина.

Polson и Caton уште во 1982, претпоставиле дека идеалната коренска површина треба да биде ослободена од површинскиот хиперминерализиран слој на цемент, како и од какви било наслаги. Улогата на коренската површина во исходот од заздравувањето се согледува и во фактот што ниту конвенционалните пародонтални регенеративни техники, како што се насочената ткивна регенерација и користењето на коскените графтови, не се во можност да постигнат комплетна и предвидлива пародонтална регенерација. (Aichelmann-Reidy & Reynolds, 2008)

И покрај тоа што им е овозможено на прогениторните клетки селективно да мигрираат и да се диференцираат како при насочената ткивна регенерација, формирувањето на цемент после спроведената терапија секогаш е од клеточен тип. (MacNeil & Somerman, 1999) Една од можните причини за ваквата појава им се

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

припишува на механичките, физичките и хемиските промени што се случуваат во цементот за време на прогресијата на пародонталната болест.

Во современата стоматолошка пракса, постојат голем број пародонтални техники кои го вклучуваат и креирањето на коренска површина која ќе ги задоволи факторите кои влијаат врз успешниот пародонтален тераписки исход. Сепак, од аспект на современата пародонтологија мора да се наспомене дека секоја од нив има свои недостатоци. На пример, кондиционирањето на коренот доведува до експонирање на молекулите како тип I колаген, кои имаат слаба клеточна специфичност и уште поважно, не го воспоставуваат уникатниот состав на локалната средина на цементот. (Coldiron et al, 1990) Искористувањето на бариерните мембрани исто така не е најподобна метода за повторно воспоставување на уникатниот состав на локалната средина на цементот, која помага во клеточната диференцијација, иако таа може да го олесни населувањето на третираното место со посакуваните клетки. (Ivanovski et al, 2000) Емајл матрикс протеинот, од друга страна, може да има способност да помогне во раната цементогенеза, но нема способност да ги регрутира прогениторните клетки на цементобластите кај возрасните лица и при тоа да настане нивна диференцијација. (Higooka, 1998)

Конвенционалната механичка обработка на површината на коренот од своја страна генерира создавање на размекнат слој и појава на различни типови на пукнатини кои ја менуваат топографијата на третираната коренска површина и со тоа се влијае на исходот од третманот. (Tewfik et al, 1994) Coldiron и соработниците (1990) забележуваат дека длабочината и количеството на отстранета содржина од коренската површина, неопходна за да се стигне до здраво односно ткиво без болест е непозната. Најновата препорака во однос на пародонталната конвенционална терапија е да се отстрани колку што е можно помала коренска цементна супстанца за постигнување на чиста, мазна површина. Numan и соработниците (1986) во една своја експериментална студија, сугерираат дека отстранувањето на заболениот цемент од коренската површина за елиминирање на ендотоксините не е неопходно за постигнување на пародонтално здравје. Во прилог на ова се и неколку студии кои го поддржуваат концептот дека ендотоксините се врзуваат само површно со цементот и не успеваат да навлезат во супстратот на ткивото.

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

(Nakib et al, 1982; Eide et al, 1983; Eide et al, 1984; Ito et al, 1985; Okte et al, 1999)
Значаен чекор кон успешна регенерација на пародонтот може да се постигне ако минимално се отстрани површинскиот слој на цемент, бидејќи крајна цел на сите постапки за третман на коренот е да се направи третираната коренска површина, биолошки компатибилна со пародонталните ткива на домаќинот. (Eschler & Rapley, 1991)

Современите истражувања во пародонталната наука доминантно се фокусираат на регенерација на ацелуларниот надворешен влакнест цемент преку функционалното ткивно инженерство и уште поважно, преку различните типови на биомиметички пристапи. (Gungormus et al, 2012) Според концептите на функционалното ткивно инженерство, клетките можат да ги почувствуваат и да одговорат на механичките фактори и разните други еколошки карактеристики на подлогата, односно на средината на која што треба да се населат. (Huang & Li, 2011) Освен тоа, регенерацијата на изгубеното ткиво, исто така, може да се постигне со биомимика на физичките и механичките својства на ткивото, кое служи како скеле. Секако дека ова укажува на потребата за добро познавање на локалната топографија на коренската површина.

Најчесто анализирани својства за опишување на површинската топографија на цементот се неговата цврстина, модул на еластичност и површинска грубост/рапавост. Особено значајно прашање во овој контекст е каква е рапавоста на цементната површина по нејзината обработка при различните терапевтски процедури. Површините, без оглед на нивниот метод на формирање, содржат неправилности или отстапувања од пропишаната геометриска форма. Ваквите неправилности можат да бидат од различен степен, почнувајќи од лесни девијации на обликот до неправилности од редот на меѓуатомски растојанија. (Whitehouse, 1994; Bhushan, 1996; Thomas, 1999) Бројни се научните истражувања и публикации кои ги компарираат и анализираат топографските карактеристики на коренските површини, но сепак, знаењето и податоците кои ги поседуваме во контекст на површинската рапавост се ограничени. (Lie & Leknes, 1985; Breining et al, 1987; Leon & Vogel, 1987; Jotikasthira et al, 1992; Cross-Poline et al, 1995; Laurell & Pettersson, 1988)

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

Рапавоста на резидуалната површина на коренот, како резултат на инструментацијата, било да е тоа механичка или пак со помош на ласерска светлина е важен фактор којшто не е доволно истражен. Испитувањата покажале дека рапавоста има ефект врз заздравување на пародонталната рана, и токму затоа, измазнета коренска површината треба да биде една од целите на успешното третирање на коренот. (Aleo & Vandersall, 1980; Khatiblou & Ghodssi, 1983; Bye et al, 1986)

Идните истражувања треба да се фокусираат на воспоставувањето на соодветна цементна микросредина, која ќе иницира и поттикнува формирање на нов цемент.

Најчести техники што се користат за анализа на површинската топографија се: SEM (scanning electron microscopy-скенирачката електронска микроскопија) и AFM (atomic force microscopy-микроскопија со атомска сила). SEM анализата е најчесто користената метода, иако мора да се напомене дека има свои ограничувања како метод за топографска евалуација на површините на забите. Имено, со помош SEM анализата се добива добар визуелен опис на морфологијата на површината, но тоа е чисто квалитативен метод и склон кон субјективно толкување. Покрај тоа, тридимензионални мерења не можат да се направат директно со помош на SEM. Затоа, со цел квантитативно да се опише топографијата на површината на забите за биомиметичко инженерство, оваа метода треба и мора да се комбинира со нови методи кои можат да обезбедат квантитативни и тридимензионални топографски податоци. AFM технологијата се смета за значаен напредок во снимањето на биолошки материјали со висока резолуција. Главната предност на AFM е неговата способност да обезбеди квантитативни податоци на нанодимензионално ниво во сите три димензии со нивни соодветни слики и не е потребна подготовка на примероците. (Kirkham et al, 2001; Lee et al, 2010; Xu & Wang, 2012) Па оттука, поради тоа што AFM технологијата се смета за значаен напредок во снимањето на биолошки материјали со висока резолуција, покрај анализата со SEM на испитуваниот примерок во оваа студија, и AFM анализата ќе биде користена во нашата студија.

Како што беше напоменато, најстар и најконвенционален метод во пародонталната терапија ја вклучува механичката инструментација на

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

коренската површина, но од неодамна ласерите се користат како ветувачка алатка кон успешна пародонтална регенерација.

Ефектот на ласерската светлина на било кое дадено ткиво зависи доминантно од оптичките својства на ткивото на кое е насочено. Коренската површина на забите е првенствено составена од цемент, а во помал број на случаи дентински тубули експонирани на ниво на емејлово-цементното споиште. Водата и хидроксилпатитот служат како хромофори (супстанција која може да го апсорбира зрачењето на одредена бранова должина). Како резултат на тоа, само ласерската енергија која се апсорбира во овие хромофори покажува соодветна терапевтска способност во модификацијата на коренот. Во оваа група на ласери се вклучуваат семејство на ербиум ласери (Er:YAG и Er:YSGG), CO₂ ласерите и Ho: YAG ласерот (холмиум: итриум алуминиум гранат).

Во современата пародонтолошка наука, групата Erbium на ласери се ласери од избор. Фамилијата на Erbium ласери ги вклучува Er:YAG ласерот (Ербиум: итриум алуминиум гранат) и Er: Cr YSGG (ербиум, хромиум: итриум скандиум галиум гранат) ласерот. Бранова должина на Er:YAG ласерот е 2940 nm, додека на Er,Cr:YSGG таа изнесува 2780 nm. Тие припаѓаат на блискиот инфрацрвен спектар и докажана е ефикасноста во аблацијата на забните тврди ткива и покажуваат значителна можност во однос на основната цел - модификација на коренската површина. (American Academy of Periodontology, 2011) Ербиумовите ласери имаат докажано антибактериско дејство, предвидливо отстранување на калкулусот, минимално отстранување на коренската супстанца и според научните податоци се смета дека има позитивно влијание на клеточната приврзаност (која е особено зголемена кога се користи во комбинација со кондиционирање со киселини или фактори за раст). (Lavu et al, 2015)

Сево ова укажува дека разбирањето на наноструктурата на коренската површина (цементот) може да помогне во дизајнирањето на биомиметичко скеле кое ќе се совпадне со механичките својства на површината на коренот. Од ова, пак понатаму се очекува да обезбеди поволно микромеханичко опкружување за прогениторните клетки и успешната регенерација на ацелуларниот надворешен влакнест цемент. Достапните научни податоци јасно

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

укажуваат дека механичкиот интегритет на ткивото претежно е функција на неговата наноструктура. (Angker & Swain, 2006)

Иако механичките својства на цементот досега се проценети на макро и микроскала, наноструктурата на цементот и хемиските промени кои настануваат во текот на изведувањето на различните тераписки процедури сè уште не се испитани во детали и оскудни се податоците кои се однесуваат на карактеристиките на површинската рапавост на ниво на нанодимензија и на хемиските карактеристики на цементната површина.

Земајќи ги предвид сите горенаведени сознанија кои укажуваат на суштинското значење на наноструктурата и хемиските карактеристики на коренската површина се смета дека примената на ласер асистираниот обработка на коренската површина, ќе даде своевиден придонес во дизајнирањето на соодветна биомиметичка коренска површина како предуслов за очекуваната репарација/регенерација по третманот на пародонтално афектираните заби.

***ЛИТЕРАТУРЕН
ПРЕГЛЕД***

ЛИТЕРАТУРЕН ПРЕГЛЕД

Во самиот литературен преглед ќе се насочиме кон петте најзначајни аспекти кои ги опфаќа ова истражување. На почетокот ќе се задржиме на коренската површина, односно на забниот цемент, неговите основни анатомо-хистолошки, морфолошки, ембрионални, хемиски и минералошки карактеристики, понатаму ќе се задржиме и на промените кои настануваат во текот на пародонталната болест, како и на ефектите кои ги имаат на коренската површина различните терапевски модалитети: ултразвучните апарати и инструменти, рачните инструменти и секако ласерот. Во делот што следува презентирани се двата метода што се користат за одредување на површинската топографија на цементот - скенирачката електронска микроскопија (SEMикроскопијата) и Atomic force микроскопија (AFM), дадени се нивните дефиниции, можностите за нивната употреба, односно анализите при кои истите може да се искористат. Во последниот дел опишани се основите ефекти кои ги дава ласерската светлина врз површината на коренот на забот.

Посебен аспект е насочен кон употребата на ласерите во третманот на коренските површини. Бројните предности при користењето на ласерската светлина тешко можат да се игнорираат, како што се прецизност, едноставна употреба и поголема успешност во терапијата во однос на конвенционалните терапевски постапки. Сепак, целосното познавање на оваа терапевска алатка е императив за да се избегнат несаканите ефекти и да се добијат во целост саканите придобивки. Ласерските интервенции овозможуваат бројни придобивки за пациентите како: редукција на постоперативните компликации, скратување на постоперативниот тек, помала траума во текот на изведувањето на интервенциите и во најголем број случаи нема потреба од користење на анестетични средства.

Со оглед на разновидноста на достапните бранови должини, внимателниот и високостручниот клиничар прво треба да ги утврди специфичните цели на клиничкото лекување, а дури потоа да ја избере

технологијата (дали ќе работи со помош на ласер или на некој друг начин). Само на тој начин ќе се овозможи најлесно, најдобро и најефикасно доаѓање до саканата крајна точка/и во текот на тераписката процедура.

Анатомо-хистолошки карактеристики на забниот цемент

Комплексот: алвеоларна коска - заб - периодонтален лигамент се состои од четири минерализирани ткива со различни вредности на тврдина и еластичност на ткивата. Емајлот (кој што претставува најцврстото ткиво во нашиот организам), дентинот и цементот на забот, како структурни делови на забот се поврзани со алвеоларната коска на вилицата преку присутниот периодонциум - сврзоткивен комплекс кој е високо отпорен на оптоварување.

Цементот по дефиниција претставува високоминерализирано сврзно ткиво кое го покрива коренот на забот, а понекогаш и дел од коронката на забот. Познато е дека цементот поседува бројни сличности со коскеното ткиво и истиот се протега од врвот на коренот до вратниот дел на забот. Дебелината на цементот на коренот на забот варира во зависност од локализацијата, па така слојот на цементот е најтенок во цервикалната третина, додека неговата дебелина се зголемува одејќи кон апикалната третина. Со стареењето дебелината на цементот, исто така, се зголемува. Како последица на сукцесивното таложење на цементот доаѓа до минерализација на дел од Sharpey-овите влакна сместени непосредно до коренот. (Petrovski & Terzieva-Petrovska, 2018)

За да се анализираат ефектите на промените во површинската морфологија на цементот врз самиот процес на заздравување на пародонталните ткива мора да се опише накратко и неговата хисто-ембриогенеза.

Во текот на формирањето на забот Hertwig-овата епителна мембрана, која го ограничува слојот на предентин, се фрагментира и фенестрира. Клетките на денталниот фоликул продираат низ фенестрираната обвивка и мигрираат во предентинот. На тоа место недиференцираните екто-мезенхимални клетки се трансформираат во цементобласти и започнуваат да екскретираат колагена супстанца под прав агол на површината. Фактор кој

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

доведува до диференцијација на недиференцираните ектомезенхимални клетки е нивниот контакт со протеините слични на емајлот. (Diekwisch, 2001)

После тоа настанува придвижување на цементобластите со што се зголемува дебелината на цементот. Цементот, т.е. органскиот матрикс на цементот во својот состав поседува бројни колагени влакна кои се преплетуваат со колагените влакна на парцијално минерализираниот надворешен слој на дентинот. Се смета дека врската на цементот и дентинот е претставена токму преку овие колагени влакна.

Во самиот матрикс подоцна настанува таложеење на хидросиапатитни кристали со што се дефинира структурата на цементот. Минерализацијата најпрво се одигрува меѓу колагените влакна, потоа на површината на влакната и дефинитивно завршува со минерално таложеење во интерфибриларниот простор. (Minovska & Atanasovska, 2013)

Целуларниот цемент е релативно густ, високоминерализиран и содржи и надворешни и внатрешни колагенски влакна и ја покрива апикалната половина на коренот. Ацелуларниот цемент генерално се смета дека содржи само Шарпееви влакна и ја покрива цервикалната половина на коренот. Неговата главна улога е да го зацврсти забот преку периодонциум за алвеоларната коска. Сепак, Yamamoto и соработниците (2016) покажале дека шемата за класична дистрибуција на целуларен и ацелуларен цемент може да биде различна (т.е. може да настане појава на клеточен цемент од цервикалниот до апикалниот дел), но главно во случај на постоење на хиперцементоза.

Под светлосна микроскопија, ацелуларниот надворешен влакнест цемент покажува наизменична појава на светли и темни зони. Отсуството на ремоделирање и претпоставката за континуиран и бавен раст, материјализиран со специфичната наизменична шема, привлече интерес за голем број научници чии што основни истражувања се насочени токму кон овој дел од пародонтот.

Ацелуларниот надворешен влакнест цемент е високо минерализиран и содржи поголема минерална компонента од целуларниот интритичен влакнест и од целуларниот мешан стратифициран цемент. (Alvarez-Pérez et al, 2005)

Регенерацијата и заздравувањето на цементот, односно неговото таложее настанува и после самата тераписка процедура. Ваквата посттерапевска регенерација го следи истиот образец како и на создавањето на цементот во текот на неговиот ембрионален развој.

Мора да се напомене дека, важноста на цервикалната третина од цементот е тоа што содржи ацелуларен надворешен влакнест цемент и неговата регенерација се смета за златен стандард за пародонтална регенерација. (Grzesik & Narayanan, 2002)

Цементот содржи различни протеини кои ја подобруваат регенерацијата на ткивата и го модулираат растот и се ослободуваат фактори кои се поврзани со минералите за време на пародонтална регенерација. (Gonçalves et al, 2006; Azerate et al, 2015) Така, максималното зачувување на цементот кое се препорачува одамна, уште во минатиот век, се препорачува и денес и се смета дека е критична за време на обработката на коренот.

Хемиски карактеристики на цементот

Микроелементите и елементите во трагови имаат значителни ефекти и врз здравјето на забите. Овие хемиски елементи се присутни во различни концентрации во структурата на забот. Промените во густината на некои од хемиските елементи значително влијаат на отпорноста на забите. Па така, промената на густина на некои од елементите може да биде причина забите да се поподложни на кариес. Други пак елементи, делуваат кариостатски. Меѓу поважните елементи во трагови присутни во цврстите забни ткива се цинкот (Zn), фосфорот (P) и магнезиумот (Mg) и тие имаат важни ефекти врз здравјето на забите. Мерење на вредностите на хемиските елементи преку земање мостри од ткивото за да се идентификуваат нивните ефекти имаат важно значење во процената на нивното влијание врз здравјето на забите.

Кај луѓето, познати се 23 елементи кои учествуваат во различни физиолошки активности, од кои 11 се класифицирани како елементи во трагови. Елементите во трагови можат да бидат преодни елементи (како што се ванадиум, хром, манган, железо, кобалт, бакар, цинк и молибден) и неметални елементи (како селен, флуор и јод). Елементите во трагови, за

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

разлика од натриумот, калциумот, магнезиумот, калиумот и хлорот, кои се сметаат за макронутриенти и се присутни во поголеми количини, спаѓаат во групата на микронутриенти, од кои се потребни занемарливи количини (обично пониски од 100 mg/ден). Главните и елементите во трагови играат суштинска улога во здравјето на луѓето. Недостатокот или изобилството на овие елементи може да доведе до критични клинички последици. (Pathak et al, 2016)

Како што наспоменавме, цементот претставува аваскуларно и неинервирано минерализирано ткиво кое ја препокрива коренската површина и континуирано и бавно се создава во текот на целиот живот. Дистрибуцијата на минералите во зрелиот цемент покажува голема варијабилност. Па така, во однос на калциумот во цементот може да се забележи дека целуларниот мешан стратифициран цемент има генерално помала содржина на минерали од ацелуларниот надворешен цемент. (Bosshardt & Selvig, 1997)

Неорганскиот состав на цементот е многу сличен со тој на алвеоларната коска, дентинот и емајлот. Основната минерална компонента на цементот е претставена преку хидроксилпатитот со хемиска формула $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. (Minovska & Petrovski, 2014)

Во кристалната решетка на цементот неорганската компонента е помалку застапена отколку во другите калцифицирани забни ткива. Како последица на тоа цементот може да се декалцифицира многу полесно, но истиот има зголемен афинитет за апсорпција на саливарните јони. Цементот на адултните заби поседува поголема концентрација на флуориди во однос на сите преостанати калцифицирани забни ткива. Концентрацијата на магнезиум во цементот на коренот на забот е околу половина од таа во дентинот. Исто така постои намалување во концентрацијата на магнезиумот во подлабоките слоеви на цементот. Елементите во трагови како што се бакарот и цинкот исто така покажуваат различна концентрација кај здрави заби или заболени од пародонтална болест. (Steinfort et al, 1990)

Флуоридните јони се есенцијален дел од органскиот матрикс на цврстите сврзни ткива како што се забите и коските. Флуоридите во овие ткива се забележуваат во форма на флуоропатит. Помеѓу минерализираните ткива, флуоридната концентрација во цементот е поголема и се намалува со годините

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

и е во врска со флуоридната концентрација која е достапна во организмот. (Стевановиќ, 2004)

Како и преостанатите цврсти сврзани ткива, хидроксилапатиот на денталниот цемент не е чист и истиот содржи други елементи односно јони коишто се инкорпорирани во металната фаза во текот на минерализацијата.

Според најчесто презентираниите литературни податоци, цементот содржи 0,5-0,9% **магнезиум**, (Neiders et al, 1972; Hals & Selvig, 1977, Ho et al, 2009) и 0,1-0,3% **сулфур** како составна компонента на органскиот матрикс. (Hals & Selvig, 1977) Сувата компонента на цементот е претставена со 45-65% од вкупната тежина. (Nakata et al, 1972).

Голем број елементи во трагови, исто така, може да бидат присутни во нормалниот цемент во концентрации забележливи со анализа на електронска микрогрупа, особено **бакарот** (Cu), **цинкот** (Zn) и **натриумот** (Na) (Barton & Van Swol, 1987), но сепак може да се забележи дека нивната дистрибуција и значење не се проучени во детали.

Биохемиските анализи покажале дека, слично на другите калцифицирани ткива, приближно 60–65% од ацелуларниот надворешен влакнест цемент е неоргански и се состои од минерални честички со нанометриска големина, доминантно претставени преку хидроксиапатитни кристали ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$), со мали количини на аморфен калциум фосфат. Останатиот дел од цементот е изграден од органски матрикс главно составен од колаген тип 1, кој обезбедува основна матрица или скеле за таложење на минерални кристали. (Saygin et al. 2000)

Како и да е, цементот останува релативно слабо проучено и сфатено ткиво, а повеќето претходни студии се однесуваат на целуларниот цемент. Понатаму, структурната градба на ацелуларниот надворешен влакнест цемент заслужува дополнително да се разбере и разработи затоа што е клучен фактор во многу различни области, како што е ткивното инженерство во денталниот цемент, при случувањата кои настануваат во текот на регенерацијата на цемент и сл.

Промени кои настануваат во текот на пародонталната деструкција

Она што е познато е фактот дека бројни се механичките, физичките и хемиските промени кои се случуваат во цементот на коренот на забот при прогресија на пародонталната болест. Промените кои настануваат на самиот цемент во текот на пародонталната болест, потребно е да бидат соодветно третирани. После самата терапија неминовно е да се добие односно постигне мазна површина која ќе оневозможи населување на нови микроорганизми, од една страна, а ќе овозможи населување и пролиферација на нова клеточна компонента која ќе овозможи регенерација или репарација, од друга страна.

Како последица на напредувањето на пародонталната болест, како што е познато доаѓа со продлабочувања на самиот пародонтален џеб. Со продлабочувањето пак на џебот, доаѓа до значителна деструкција на колагените влакна кои завршуваат во цементот. Ваквата деструкција доведува до експонирање на цементот и тој станува подложен на влијанијата на оралната средина.

Забниот цемент, како дел од цврстите забни ткива, а од друга страна како дел од ткивниот комплекс на пародонтот, е подложен на бројни физички, хемиски, структурни и цитотоксични промени за време на патогенезата на пародонталната болест. За време на раната фаза на развој на пародонталната болест, на ацелуларниот надворешен влакнест цемент настанува иреверзибилно оштетување, особено поради неговата локализација, преобладајќи во цервикалната третина од коренот. (Aleo, 1980)

Цементот на коренот на забот како последица на пародонталната болест станува изложен на содржината која се наоѓа во самиот пародонтален џеб или пак на оралната средина. Поради тоа на цементот може да настанат промени кои се карактеристични за изложеното тврдо забно ткиво на делувањето на микроорганизмите од денгалниот плак и нивните продукти.

Според Gupta и соработниците (2013) дебелината на цементот при постоење и напредување на пародонталната болест е помала во споредба со дебелината на цементот во здравите области. Тоа е очекувано поради

постењето на различните патогенетски деструктивни процеси кои настануваат на самиот цемент.

Сепак, во моментов нема соодветни методи за проценка на количеството на забен цемент во секојдневната стоматолошка пракса. Затоа, развој на еден неинвазивен и објективен систем за проценка на присуството на забен калкулус, субгингивални конкременти и набљудување на цементот е од екстремно големо значење. (Tsubokawa et al, 2018)

Она што е значајно да се наспомене е дека колагените остатоци од раскинатите Шарпеови влакна во цементот претрпуваат дегенерација, со што се создава фаворизиращка средина во која ќе се населат бактерии. Бактериите од своја страна можат да пенетрираат низ цементот во длабочина и да достигнат дури до дентинско-цементната граница, па дури и да навлезат во дентинските тубули. На тој начин тие може да доведат до интоксикација на забната пулпа и развивање на воспалителни процеси - пулпити.

Пенетрацијата и растот на бактериите доведува до фрагментација и распаѓање на цементната површина, доведувајќи до формирање на зони со некротичен цемент, одвоени од забот со маси на бактерии. Овие промени на тврдиот ѕид на пародонталниот џеб клинички се манифестираат со размекнување на цементната површина, што обично е асимптоматско, но болно кога со сонда или пак друг соодветен инструмент ќе се навлезе во самата регија. Тие, исто така, претставуваат и депо за реинфекција на регијата, по спроведениот третман, доколку не се соодветно истретирани. (Миновска, 2016)

Нехируршки методи за обработка на тврдиот ѕид на пародонталниот џеб

Главната цел на пародонталната терапија е да се елиминира инфекцијата и да се постигне здравје преку отстранување на бактерискиот дентален плак како и тврдите калцифицирани депозити – забниот камен и субгингивалните конкременти. Сите постапки во третманот на коренската површина на забот имаат за цел да се постигне, таа да биде биолошки

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

компатибилна со пародонталните ткивата на домаќинот. На тој начин ќе овозможи правилно заздравување на пародонт.

Кога пациентот ќе биде во можност да го контролира супрагингивалниот плак и маргиналниот гингивитис, се започнува со субгингивален третман на коренската површина кој се состои од отстранување на субгингивални конкременти, елиминација на некротичниот цемент и отстранување на ендотоксинот. Овие постапки се последователните чекори во обработката на пародонталните џебови.

Постигнувањето на мазна коренска површина е од суштинско значење за оптимална контрола на плакот и е еден од најверодостојните клинички знаци за дијагностицирање на отсуство на конкременти и некротичен цемент. Меѓутоа, постојат истражувања при кои е докажано дека субгингивалната инструментација доведува до зголемена грубост/рапавост на површината, којашто овозможува подоцнежната субгингивална колонизација со периопатогените микроорганизми. На измазнетиот цемент помалку е веројатно дека ќе се акумулира дентален плак, а сето тоа може да се постигне само со изведување постапката на мазнење на површините по извршената механичка обработка на коренот на забот. (Quirynen et al, 1990; Leknes et al, 1994)

Постои широк спектар на инструменти што се користат за оваа намена. Сепак, постојат спротивставени размислувања за нивната употреба, вклучувајќи ја и количината на отстранување на коренската забна супстанца, како и на грубоста на неговата површината.

Рачната обработка на корените резултира со губење на дел од здравиот цемент и формирање на „размачкан слој“. (Blomlöf et al, 1996) Голем дел од овие недостатоци на веќе користените методи биле анулирани со почетокот на користење на средства за кондиционирање на коренските површини. (Froum et al, 2001)

Термин кој сè повеќе и повеќе се користи во современата дентална медицина и пародонтологија е биомодификација на коренските површини во текот на пародонталната терапија.

Биомодификација на корените се однесува на сите постапки кои се вршат со цел да се постигне детоксификација, деконтаминација и деминерализација на површината на коренот, со што се отстранува

размачканиот слој и се создава соодветна колагенска матрица за создавање на дентин и цемент. (Hanes et al, 1985)

Оттука, може да се заклучи дека употребата на средства за кондиционирање на коренските површини се прави со цел отстранување на размачканиот слој добиен во текот на рачната обработка на пародонталните џебови со кој се овозможува создавање на матрица која го фаворизира инсерирањето на Шарепеовите влакна во цементот на коренот на забот. (Garrett et al. 1978)

Конвенционална пародонтална терапија

Темелниот механички дебридман на коренските површини овозможува прицврстување на фибробластите кон претходно патолошко афектираните или не-афектираните области на коренските површини. Оваа постапка од своја страна претставува значителен предуслов за правилна регенерација на изгубените пародонтални ткива.

Ултразвучните инструменти можат безбедно и ефикасно да се употребуваат за дебридман и измазнување на пародонтално заболените површини на корените, иако постои висок ризик за оштетување на ткивото ако не се употребуваат правилно.

Некои клиничари и научни авторитети сметаат дека ултразвучната обработка на пародонталните џебови е супериорна во однос на механичката обработка со рачните инструменти, како во однос на мазноста на коренските површини, така и во способноста за отстранување на субгингивалните конкременти и дентален плак. Сепак, темелноста и успешноста на ваквата обработка често се компромитира при постоењето на длабоки пародонтални џебови. Ултразвучната инструментација, исто така, имаат еден значителен недостаток, а тоа е создавање на контаминирана аеросолна формација која што може да делува негативно на самиот пациент и на тимот кој е одговорен за негово лекување. (Yukna et al, 1997)

Рачните инструменти имаат некои предности, како што се подобра контрола врз инструментот, чувство на допир со кое може лесно да се препознае грубоста на површината и добивањето на мазна површина. Исто

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

така постојат и неколку недостатоци како што се долготрајност на самата интервенција, потребата за висок степен на физичка сила за отстранување на калкулус, присуство на крвавење, кое ја ограничува визуализацијата и пристапот на местото на обработка, присуството на болка, недостатокот на пристапност до дисталните регии, како и тешкотии при обработката на фуркациите и последователната грубост на коренската површина. (Oda et al, 2004)

Во споредба со употреба на мануелните инструменти, ултразвучните инструменти оставаат повеќе контаминиран цемент на површината на забите после третманот, но сепак претставуваат идеално дополнение после обработката со рачни инструменти на забната коренска површина. Кога соодветно се користат ултразвучните апарати и инструменти, постоперативната непријатност кај самите пациенти се намалува. Сепак при употребата на ултразвучните инструменти постојат и бројни недостатоци, освен ослободување на контаминиранчи аеросоли, како што се можност за потенцијална повреда на структурите на забите или околузабните делови, формирање на микропукнатини во забниот емајл или на површините на порцеланските коронки и мостови, создавање на грубост на површината, ризик од пречки кај пациенти со кардиолошки пејсмејкери и оставање на размекнат слој после обработката на пародонталните џебови. (Wilson, 1958; Chen et al, 1994; Dibart et al, 2004)

Рачното (мануелното) отстранување на наслагите и измазнување на површините на корените се напорни процедури во текот на нехируршката пародонтална терапија. Затоа, на употребата на различни инструменти и апарати кои ќе ја зголемат ефикасноста на пародонталната терапија им се посветува сè поголемо внимание.

Оттука произлегува и потребата за користење на современи методи и техники, со чија што употреба ќе се минимизира или потполно ќе се исклучи појавата на размачканиот слој. Еден од тие современи методи и техники е токму користењето на ласерот како иновативна алатка и неговите ефект врз коренската површина коишто ќе биде предмет на ова истражување.

Употребата на ласерската технологија во стоматологија датира од средината на осумдесеттите години на минатиот век. Па така, уште во 1985

година од страна на Myers и Myers публикуван е труд во кој е опишано *in vivo* отстранувањето на забниот кариес со користење на модифициран офталмолошки Nd: YAG ласер. Четири години подоцна, било предложено дека истиот тој Nd: YAG ласер може да се користи за оралната мекоткивна хирургија, што во крајна линија ја претставува современата врска помеѓу употребата на ласерите и клиничката пародонтологија.

Ласерска обработка на коренската површина

За да се надминат бројните ограничувања на киретите како инструменти кои служат за обработка на пародонталните џебови и ултразвучните апарати во текот на пародонталната терапија, многу истражувачи ги испитале ефектите на ласерите како додаток или алтернатива на конвенционалната механичка пародонтална терапија. Ласерите се еден од најперспективните модалитети за нехируршки пародонтален третман, бидејќи тие можат да постигнат одлична ткивна аблација со силни антимикуробни ефекти и детоксикација на коренската површина.

Затоа се наметнува прашањето дали примената на ласерската светлина за обработка на пародонталните џебови би резултирало со помалку рапава површина и помали хемиски промени во споредба со преостанатите методи за обработка на пародонталните џебови. Исто така, рапавоста на добиената коренска површина, како и хемиските промени кои настануваат на истата после апликацијата на ласерската светлина може во голема мерка да варира и да зависи од типот на ласерот (односно неговата бранова должина и моќност) како и од енергијата која се применува на самите ткива.

Во однос на претходно споменатите недостатоци и на рачни инструменти и на ултразвучни апарати и инструменти за обработка на пародонталните џебови, нивното заменување со посоодветни и поефикасни методи отсекогаш се разгледувало во современата стоматолошка пракса. Оттука започнува и примената на ласерите со различни бранови должини за отстранување на депозитите од самите коренски површини. Мора да се наспомене дека во пародонтологијата може да се користат разни видови на ласери, меѓу кои јаглероден диоксидниот ласерот (CO₂-ласерот), неодимиум

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

итриум алуминиум гранат ласерот (Nd: YAG ласерот), ербиум итриум алуминиум гранат ласерот (Er: YAG) и ербиум хром: итриум скандиум галиум гранат ласерот (Er, Cr: YSGG). Најчесто ласерите кои ја содржат групата YAG се посоодветни во пародонтологијата, поради нивната висока апсорпција од страна на водата и хидроксиапатитот, што е највисока во споредба со другите бранови должини. Доказите покажуваат дека ласерот дава подобри клинички и микробиолошки резултати во однос со оние на употребата на рачните инструменти и звучните и ултразвучните инструменти и апарати. (Derdilopoulou et al, 2007; Lopes et al, 2008; Hakki et al, 2010; Yaghini et al, 2015)

Во областа на пародонтологијата, примената на Er: YAG ласерот за третман на пародонталното цврсто ткиво започнува со студии од јапонски и германски истражувачи. Во делот кои следува презентирани се податоци од бројни испитувања изведени во *in vitro* услови, како и клинички студии кои покажале ефикасна примена на Er: YAG ласерот за отстранување на супра и субгингивални конкременти и деконтаминација на заболената коренска површина при изведувањето на пародонтални нехируршки и хируршки тераписки процедури.

Er: YAG ласерот е ласер што содржи медиум во цврста агрегатна состојба, односно станува збор за кристален ласер кој работи во полето на инфрацрвена бранова должина (2.940 nm).

Стимулирана емисија од Er^{3+} јони во кристали на итриум, алуминиум и гранат била за прв пат претставена во далечната 1975 година, со што се подготвила патека до овој, за тој период, нов тип на ласер - Er: YAG ласер. (Zharikov et al, 1975) Неговата емитирана бранова должина од 2940 nm одговара точно на максималната апсорпција во вода, што е околу 15 пати повисока од апсорпција на CO_2 ласерот и 20 000 пати поголема од онаа на Nd: YAG ласерот. (Walsh & Cummings, 1994) Исто така, овој тип на ласерска светлина добро се апсорбира во хидроксиапатитот, со што може да се заклучи дека овој тип на ласер е произведен за ефикасно отстранување на дентин и емајл, со само мал број и лесни несакани ефекти, како што се термички оштетувања на забната пулпа. (Bader & Krejci, 2006).

Поради неговата добра апсорпција во вода и хидроксиапатит, неколку студии ја покажале ефикасноста на овој ласер при аблацијата на тврди и меки

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

тквива и неговите бактерицидни ефекти со помалку или без никакви болни сензации при клиничка примена ги потврдуваат бројните предности кои ги има овој ласер. Разновидноста на потенцијалните апликации за овој ласер се проучува до денешен ден и интересот за неговата употреба во стоматолошката пракса е зголемен кај лекарите стоматолози.

Најновите научни докази укажуваат на тоа дека употребата на Er: YAG ласерот во третманот на хроничната пародонтална болест е еквивалентно на механичката обработка на пародонталните џебови пред сè во однос на намалување на длабочината на пародонталните џебови одредена клинички преку постапката на сондирање и преку намалување бактериска популација на субгингивалниот дентален плак. (Radmanabhan, 2019) Меѓутоа, ако добивањето во нивото на клиничкиот атачмент се смета за златен стандард во нехируршка периодонтална терапија, тогаш доказите кои го поддржуваат ласерски посредуваниот пародонтален третман во однос на традиционалната терапија се минимални (во најдобар случај). Денес, во современата дентална медицина е се поголем бројот на публикации кои се повеќе го подржуваат ласер-асистираниот метод на третман како значителна дополнителна алатка во постигнувањето на бараниот ефект од терапијата. (Jassim, 2019; Jaryal et al, 2021)

Главните предности што ги поседува фамилијата на Ербиум ласерите според Schwarz и соработниците (2003) се следниве:

- Повисока апсорпција во вода во споредба со јаглерод диоксидните ласери, како и во однос на неодимиум иттриум алуминиумски гранат (Nd: YAG) ласерите.
- Добра апсорпција во хидроксиапатитот.
- Минимално термичко оштетување на околните мекоткивни и тврдоткивни структури со што се исклучуваат бројните несакани ефекти кои можат да настанат.

Она што мора да се наспомене е дека при употребата на ласерот, степенот на оштетување е директно поврзан со зголемување на густината на енергијата која се испорачува на единица површина и ваквите термички оштетувања се градуираат од едноставното површинско напукнување на

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

цементот до потполно пукање и топење со длабока аблација на цементот од површината на коренот на забот со изложување на дентинот.

Иако, брановата должина на светлината и останатите нејзини физички карактеристики го одредува степенот на апсорпција на енергија од страна на целното ткиво, исто така мора да се знаат и оптичките својства на ткивото. Оптичките својства на ткивото во голема мерка ја диктираат интеракцијата со специфични ласерски бранови должини. На тој начин ќе може да се одредат и саканите ефекти кои се потребни во текот на самата терапевска процедура, и секако да се предвидат и превенираат несаканите ефекти кои можат да настанат на самото целно ткиво или пак во неговата околина.

На пример, оптичките својства на ткивата кои го сочинуваат пародонтот вклучуваат бројни ткивни фактори како што се пигментацијата, содржината на вода, содржината на минерали, топлинскиот капацитет на кој делуваат топлинската спроводливост и густината на самите ткива и латентните промени на трансформацијата (во оваа група припаѓаат процесите на денатурација на протеини, испарување на вода и топење на минерали).

Секоја бранова должина на ласерска енергија се апсорбира во поголема или помала мера во вода, пигмент или хидроксиапатит, односно во хроматофорите присутни во секој дел од пародонталните ткива. Така, CO₂ ласерот чија бранова должина изнесува 10.600 nm има висок коефициент на апсорпција во вода и затоа е погоден за хирургија на меките ткива, но во моментов нема научно потврдена клиничка апликација за минерализирани ткива. За разлика од него, Nd: YAG ласерот со бранова должина од 1.064 nm и диодните или полупроводничките ласери чија бранова должина се движи во границите од 800 до 950 nm имаат пониски коефициенти на апсорпција во вода од CO₂ ласери, но затоа подобро се апсорбира во пигментирани ткива, додека пак Er, Cr: YSGG ласерите со бранова должина од 2780 nm и Er: YAG ласерите со бранова должина од 2.940 nm, се високо апсорбирани и во водата и во хидроксиапатитот.

Основните физички величини, освен брановата должина со кои се карактеризира ласерската светлина, а се во функција од ефектите кои таа ќе ги предизвика во ткивото се испорачаната енергија во ткивото, моќност и густина на енергија.

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

Енергијата како карактеристика на излезната ласерска светлина се користи, единствено кај пулсните ласери. Во тој случај енергијата се опишува како вкупна енергија која е содржана во еден импулс и се мери во џули (J). Нејзините вредности можат да се движат во опсегот од наноџули (10^{-9} J) кај микроласерите до мегаџули (10^6 J) карактеристични за макроласерските системи.

Ефектот кој ласерската светлина ќе го предизвика во ткивата не зависи само од количината на предадената енергија на самото ткиво туку и од времето за кое таа ќе се предаде во одреден волумен или дел од ткиво. Предадената енергија во единица време се изразува преку физичката карактеристика- моќност и се мери во вати (W).

Ако се земе предвид целокупниот можен интервал на генерирани енергии од 10^{-9} J до 10^6 J и можните времиња на траење на импулсите од 10^{-15} s до 10^{-3} s, лесно физички може да се каже дека ласерските уреди може да генерираат светлина со моќност во дијапазонот од минималните неколку микровати (10^{-6} W) па до максималните теравати (10^{12} W).

Покрај времето на траење на импулсот, значајна улога врз начинот на предавање на енергијата на ткивото игра и времетраењето меѓу импулсите. Затоа секој излезен сигнал се карактеризира и со фреквенција на повторување на импулсите. Фреквенцијата се изразува во херци, а се дефинира како број на емитирани импулси во една секунда. Во зависност од методите на создавање на импулсот, типот на активната средина, пумпањето на електроните и сл., фреквенцијата на повторување на импулсите може да биде во опсег од неколку Hz па се до 10^9 Hz. Имајќи го предвид ова, покрај моќноста на импулсот се дефинира и средна моќност. Кај ласерите во пулсен режим на работа средната моќност преставува енергија на импулсот помножена со фреквенцијата на повторување на импулсите.

За разлика од претходно наведеното, кај ласерите во континуиран режим на работа излезната светлинска енергија се карактеризира со моќност (излезена енергија во една секунда), додека пак кај ласерите во импулсен режим на работа, ласерската светлина се опишува преку две референтни вредности и тоа преку моќноста на импулсот и преку средната моќност.

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

Освен бројните позитивни ефекти кои ги поседуваат ласерите за самата нехируршка терапија на пародонталната болест, дополнително, кога ласерите се користат соодветно за време на самата пародонталната терапија може да имаат и други придобивки како редуцирано крвавење, оток и непријатност на пациентот за време на интервенцијата. Сепак, мора да се наспомене дека секој ласер има различни бранови должини и нивоа на моќност кои можат безбедно да се користат за време на различни пародонтални процедури. Оштетување на пародонталните ткива може да настане само доколку се користат несоодветна бранова должина или пак несоодветно ниво на моќност за време на тераписки процедури.

Фамилијата на Erbium ласерите која како што е наспоменато ги вклучува Ербиум:YAG (итриум алуминиум гранат) и Ербиум, хром: YSGG (итриум скандиум галиум гранат). Врз основа на брановата должина, може да се забележи дека Ербиум: YAG ласерот припаѓа на блискиот дел на инфрацрвениот спектар на светлината и докажано е освен на меките ткива овој ласер е ефикасен во аблацијата и на забните тврдокивни структури. (Paghdiwala, 1991; Lavu et al, 2015)

Површинската модификација на цементот на коренот на забот е проучувана со користење на различни ласерски бранови должини (CO₂, Nd: YAG, Er: YAG и диодниот ласер). Главното концепциско размислување кај биомодификацијата на површината на коренот е избор на соодветна бранова должина која ефикасно ќе го отстрани калкулусот, истовремено оневозможувајќи го и термичкото оштетување на забната пулпа и несакано отстранување на здравата ткивна супстанца од површината на самиот корен. За постигнување на овие цели потребна е бранова должина која се карактеризира со минимална длабочина на пенетрација во минерализираните ткива како што е забниот цемент.

Минералната фаза на цементот и дентинот кај хуманата популација е претставена со оксидираниот хидроксиapatит кој има интензивни апсорпциони ленти во средишниот инфрацрвен регион. Следствено, доколку се направи испитување на ласерски бранови должини, може да се заклучи дека Er: YAG ласерот претставува инструмент на избор за ефикасно отстранување на калкулусот, за создавање на соодветна коренска површина и за создавање на

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

биокомпатибилна површина за повторно прицврстување и размножување на клетки или ткива. Токму овие сознанија се во корелација со оние на Аоки и соработниците (1994).

Er:YAG и Er,Cr:YSGG ласерите вршат аблација на меките и цврсти ткива со минимални негативни ефекти во околината кои се причинети од топлината. Ербиум ласерите се ефикасни и во отстранувањето на калкулусот и субгингивалните конкременти и намалувањето на длабочината на пародонталните џебови, обработката на коренска површина, дебридманот на коската, како и при изведување на коскена ресективна и регенеративна хирургија и веројатно поради тоа се сметаат за најпогодните ласери за пародонтална терапија. Поради овие причини се смета дека оваа група на ласери ќе станат неминовен дел од современата нехируршка пародонтална терапија и тоа во блиска иднина.

Анализа на топографските карактеристики на коренските површини

Површинските својства се меѓу најпроучуваните активности на тековните научни истражувања во областа на денталната медицина. Присуството на површина со голема рапавост и брановидност тешко може да се исчисти на оптимален начин за време на оралната хигиена со чистењето на забите, без разлика дали е во домашни или во професионални услови. Таквите места претставуваат места на кои настанува ретенција на дентален плак. Ретенцијата на денталниот плак и неговото долго одржување на едно место може да даде бројни несакани ефекти, и да ги предизвика двете најчести орални заболувања кај хуманата популација, денталниот кариес и хроничната пародонтопатија.

Неопходноста за истражување и разбирање на наноструктурата на површината на цементот може во голема мера да ни помогне во разбирањето и формирањето на микромеханичката средина со соодветна механичка сила, присутни прогениторни клетки и соодветна за успешна регенерација на ацелуларниот надворешен влакнест цемент. Површинската морфологија на корените значително се поврзува со површинските феномени како што се

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

адхезија, лубрикација, фрикција, агол на контакт, фотонската абсорпција и светлосната рефлексција.

Механичко-топографските својства на цементот, кои најчесто се анализираат во современата наука претставуваат цврстината, модулот на еластичност и површинската грубост/рапавост.

Површинската рапавост на коренот е една од најчесто испитуваните површинско-топографски карактеристики на цементот. Неодамнешните студии покажуваат дека судбината на плурипотентните/ектомезенхималните клетки кои ги содржи периодонциумот е силно поврзана со биоматеријалната површинска топографија на коренот што е во голема мерка потврдена со анализите во самите техники на ткивниот инженеринг и регенеративната медицина. Топографските карактеристики на површината на различните ткива играат важна улога во адхезијата, пролиферацијата, диференцијацијата и матурацијата на матичните клетки.

Од структурна перспектива, едноставните методи за карактеризација на самите површини ги вклучуваат скенирачка електронска микроскопија (SEM) и конфокална ласерска скенирачка микроскопија (CLSM). Овие техники обезбедуваат претстава само за основна морфологија и квантитативни соодноси меѓу виталните и авиталните делови на испитуваната површина. (Kuehen et al, 1998) Во текот на последните 5 години, истражувачите се повеќе ја користат микроскопијата со атомска сила (АФМ) за да добијат механички информации од различни забни биоструктури и материјали. (Kundukad et al, 2016) Преку недеструктивното делување, ниската применлива сила и познатата геометрија на самата структура, механичките својства како модулот на еластичност, модулот на Јанг и адхезијата можат да се добијат при самото испитување на материјалот. (Butt et al, 2005)

Истражувањата за рапавоста на површината во денталната медицина вклучуваат два типа на методи: квалитативни и квантитативни. Во делот на квалитативни методи припаѓаат оптичката и скенирачката електронската микроскопија, додека најчесто користени квантитативни методи се контактна профилометрија и atomic force микроскопијата (AFM). Контактните дијамантски и бесконтактни ласерски методи, како и ласерските системи за мерење на рефлектираност, исто така, може да се применуваат за мерење на

површинскиот профил на различните дентални структури и материјали.
(Sachdeva , 2018)

Одредување на површинската топографија на цементот-скенирачка електронска микроскопија (SEMикроскопијата) и Atomic force микроскопија (AFM).

Постојат неколку истражувања кои опфатиле SEMикроскопска анализа на површината на корените за анализа на преостанатиот цемент без разлика дали се однесува на цемент кои преостанал после морбидниот процес на пародонталната болест или пак после преземените нехируршки тераписки процедури при постоење на пародонтопатијата. Мора да се наспомене дека SEMикроскопијата претставува површинско скенирање со помош на микроскоп и не открива оштетувања кои би настанале на подлабоките структури. Токму поради овој факт решено е анализите кои би биле извршени на самата коренска површина да се изведат освен со SEM и со помош на Atomic Force микроскопијата. Со оваа метода може да се добијат значително повеќе информации кои понатаму би служеле за докажување на корисноста на употребата на ласерот при пародонталната терапија во секојдневната стоматолошка пракса.

Топографијата на надворешната површина на здрави и заболени попречни пресеци од цервикалната третина од цементот може да се одреди со помош на SEMикроскопија со висока резолуција. Во едно истражување самото SEMикроскопирање укажало на бројни морфолошки промени на надворешната површина на заболениот цемент, како што е отсуството на минерализирани цементални колагени влакна кои се доминантна карактеристика во здравите делови на цементот. (Sundaram et al, 2014) Користејќи ја AFМикроскопијата можно е да се навлезе и во поситните структури и секако да се направат поголем број анализи.

Развивањето на ефективни методи за недеструктивна карактеризација и анализирање на различните орални структури претставува чекор напред во идентификувањето на односите меѓу различните артефициелни делови и

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

самиот организам. Од особено значење е откривањето на факторите кои влијаат на морфологијата и механичките својства на различните структури. Овој пристап на анализа може да се користи во иднината за да се разјасни влијанието од потенцијалните стратегии кои може да дадат подобри терапски ефекти. (Pattem et al, 2018)

Површинската грубост, текстура и напнатост, освен во процесот на заздравување на пародонталните ткива, се сметаат за најзначајни површински фактори кои влијаат врз микробната акумулација на самите забни орални и артефициелни ткива. Како најзначаен пример за делувањето на зголемената рапавост на површината е таа на имплантите. Имено зголемената рапавост на површината на имплантатите корелира со побрза и позначајна интеграција на самиот имплант во околната коска, сепак нерамнините на коренската површина претставуваат и идеална можност за акумулација на дентален плак и тешкотии за негово отстранување.

Добиената рапавост односно грубост после механичката или ултразвучната обработка на пародонталните џебови може да влијае на бактериската колонизација и фиксирањето на самите фибробласти. Неколку *in vivo* испитувања ги откриле доказите за позитивна коврска помеѓу површинската грубост и стапката на акумулација на субгингивалниот дентален плак. (Shafagh, 1986; Quirynen et al, 1996) Мазноста на површината на коренот е посебно важна во коронарната третина, со цел да се избегне било каква субгингивална микробна колонизација, додека пак грубата површина на корените може да биде дури и посакувана во средните и апикалните третини за да се овозможи регенеративна клеточна приврзаност. (de Mendonça et al, 2008)

Еволуцијата на нанотехнологијата и навлегувањето во микро- и субструктурниот свет во 21-от век во голема мера влијае на човечкиот живот и на науката во целост. Таков значаен момент за науката бил моментот на откривањето на atomic force микроскопијата од страна на Бининг (Binnig) во 1986 година, еден вид на напредна технологија за следење на силата на интеракцијата помеѓу врвот на една сонда и површината што се испитува со самата AFM. (Dufrière, 2001) Најголемата предност на AFM е нејзината способност да ја анализира површинската топографија на индивидуалните структури под физиолошки услови со нанометриска резолуција, а во исто

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

време обезбедува информации за физичките својства на примерокот кој се тестира и се набљудува во целост. (Dorobantu et al, 2012)

Со помош на скенирачката електронска микроскопија (SEMикроскопијата) се добиваат дводимензионални топографски слики на испитуваните примероци. Поради тоа мора да се наспомене дека е невозможно со оваа метода да се направи соодветно квантитативното испитување. За разлика од тоа, со помош на AFM се добиваат тродимензионални слики, што овозможува добивање и на квантитативни податоци. (Özyürek et al, 2018). Поради оваа причина, во оваа студија освен испитувањето на примерокот со помош на SEM, беше користена AFM за да се извршат и квалитативни и квантитативни анализи на површинските карактеристики на испитуваните примероци.

По дефиниција, атомски засилената микроскопија (atomic force microscopy-AFM) претставува тродимензионална топографска техника со висока атомска резолуција за мерење и испитување на рапавоста на површината, што е главната цел на нашето истражување. AFМикроскопирањето е еден вид на метод за микроскопско скенирање со помош на сонда и снимањето се базира на интеракцијата помеѓу врвовите на самите работни делови на апаратот и атомите локализирани на површината на примерокот. Постојат неколку методи и многу начини за употреба на AFМикроскопија и тоа за испитување на својства на површината на самиот материјал, вклучувајќи мерење на триењето, силите на адхезија и вискоеластичните својства на материјалите, како и одредување на Young-овиот модул, како и добивање на слики за одредување на магнетните или електростатските својства на испитуваниот примерок.(Vanabi et al, 2013)

Како едно од најзначајните откритија во современата наука, АФМ отворила нов спектар на можности за испитување на површината преку здобивање на тродимензионални податоци, откривање на механички својства на молекуларно ниво, можноста за разбирање и проучување на површинските карактеристики на структурите во различни средини без протокол за претходна обработка, како што се метални облоги, боене, фиксирање или микротечење. Ова се едни од најзначајните предности на AFM во однос на постоечките

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

микроскопски техники, како што е Scanning Electron Microscopy-SEM.(Dubrovin et al, 2008)

Микроскопија со атомска сила (AFM) денес се смета за златен стандард за евалуација на 3D морфолошките карактеристики на материјалните површини (без разлика дали се од органско или неорганско потекло) на ниво на микроскала, но и понатаму до резолуција со наноголемина.

Она што е можеби уште позначајно е тоа дека атомски засилената микроскопија (atomic force microscopy-AFM) и скенинг електронската микроскопија со дисперсивна спекторскопија (scanning electron microscopy with energy dispersive spectroscopy SEM-EDS) може да се користат паралелно (Barkay et al, 2005) и истовремено да се направат и морфолошка и за хемиска анализа на различни органски структури.

Atomic force микроскопирањето ни овозможува добивање на тридимензионална слика на површината во димензии на нанометри, преку мерење на силите кои се појавуваат помеѓу една остра сонда (со дијаметар помал од десет нанометри) и површината на многу кратко растојание (од 0,2 до 10 нанометри). Врвот на сондата за AFM сосема „нежно“ ја допира површината на испитуваниот материјал и ја евидентира и најмалата сила која се појавува помеѓу самата сонда и испитуваната површина.

Можностите што ги поседува оваа метода ни овозможува да набљудуваме детали на атомско и молекуларно ниво, со што се зголемува нашето разбирање за тоа како функционираат органските системи и секако ќе претставува основа за многу нови откритија во различни научни полиња и дисциплини. Во оваа група припаѓаат различните природни науки, како и науката за материјалите, електрохемијата, науката за полимерите, биофизиката, нанотехнологијата и биотехнологијата.

За разлика од SEMикроскопијата, AFМикроскопијата не бара дополнителна подготовка на примероци за испитување на површинската топографија, така што тридимензионалните (3D) површински слики на примероците можат да се добијат при различни услови со висока просторна резолуција. Принципот на работа на AFM е да се испита површината на примерокот со користење на соодветна сонда поврзана со флексибилна рачка. Утврдувањето на силите во интеракцијата помеѓу врвот и површината на

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

примерокот обезбедува квалитативни и квантитативни информации за топографијата на испитуваниот примерок.(Valoeis et al, 2005)

Според Grattarola и соработниците (2018) Atomic Force микроскопијата е доста корисен метод, која дава ветувачки аспект во однос на карактеристиките кои се однесуваат на:

- Износот и карактерот на обезбедените информации.
- Добивање на веродостојни информации.
- Голема брзина во стекнување на одредена просторна резолуција (т.е. станува збор за техника на скенирање во реално време).

AFМикроскопијата за тридимензионална проценка во нашата студија ќе послужи за проценка на површинската топографија на испитуваните забни структури (забниот цемент). AFМ, бил развиен за да се добијат и прикажат фини детали за површината на молекуларна скала и поради тоа е претставена како најсоодветен инструмент за мерење на грубоста, односно на рапавоста на површината. Освен тоа, суштинското влијание на површината за подложноста на бактериска адхезија е широко прифатено, но сè уште постојат конфликтни докази дали супстратите со хидрофобни својства ја намалуваат или ја зголемуваат количината на атхезивните микроорганизми.

Иако повеќето студии ја опишуваат рапавоста на површината како доминантен фактор за бактериска адхезија, податоците за ова прашање се донекаде двосмислени. (Wassmann et al, 2017) Досега, во ниту една студија не е забележана различна површинска грубост и хидрофобност во добро дефинирани обрасци за да се дефинира клучниот фактор на површината за населувањето и перзистирањето на различни бактериски видови. Сепак бројни автори заклучиле дека грубоста на површината, како и хидрофобноста влијаат врз атхезивните својства на бактериите на површините на денталните, оралните и артефициелните (денталните импланти) орални структури. (Rimondini et al, 1997; Burgers et al; 2009, Burgers et al, 2010; Al-Ahmad et al, 2010)

Во изминатите 25 години, AFМикроскопија се користи за проучување доминантно на механичките својства на материјалите. Овој концепт, исто така, се користел во почетокот на 90-тите години од минатиот век за собирање на

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

податоци кои се однесуваат на поместувањето под дејство на силите на самите биолошки материјали, вклучувајќи ги и тетивите, лигаментите, мускулните ткива и менискусите. (Bonilla et al, 2015; Tsaira et al, 2016)

Способноста на AFM да учествува во квантитативни и квалитативни анализи на дентинот, забниот цемент и колагенот се користат од страна на истражувачите за да се докаже дека одредена тераписка постапка е од суштинско значење и ефикасна во превенцијата и менаџментот со пародонталните заболувања, како и развојот на колагенски зависни материјали, како што се коските, 'рскивицата, кожата, материјали базирани на колаген - ткивно инженерство. (Salavathi et al, 2017) Ваквата предност на оваа метода во голема мерка може да се искористи во пародонтологија, следејќи ги ефектите кои настануваат после изведената тераписка процедура.

Врвот на сондата за AFM микроскопирањето е доволно мала, така што поединечните фибрили на самите колагени влакна може да се раздвојат и да се анализираат одделно. Преку нано оптичките AFM слики, можно е да се набљудуваат ефектите на вкрстено поврзување во точка близу до местото каде што настанале промените, на пример во самите делови внатре во колагенските фибрили. (Strange et al, 2017)

Извршените мерењата со помош на AFM микроскопијата може да обезбедат индикации за атхезивните сили меѓу колагенските фибрили без потреба од понатамошни чекори за обработка, како што се екстракција на колаген, негова подготовка и фракционирање. Откривањето на една молекула со помош на AFM микроскопирањето и карактеризација на специфичните интеракциски сили со други молекули укажува дека е единствена алатка за проучување на динамиката на биолошките процеси. Затоа оваа техника од неодамна се користи за да се карактеризираат интеракциите на колагенот на ниво на една молекула во колагенските мембрани кои учествуваат во процесите на заздравување и формирање на лузна. (Vidal et al, 2016)

Како нова и современа техника AFM денес многу ретко се користи во стоматологијата. Затоа неминовно се наметнува и потребата да се наспомнат можностите кои таа ги дава и нејзината апликативност.

Некои можни апликации на AFM во стоматологијата може да се однесуваат на:

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

- Анализа на грубост и рапавоста на различните површини и подлоги. Токму оваа можност на AFM се користи при изработката на оваа дисертација.
- Анализа на големината на гранулите и полнилата во дефинитивните полнења.
- Овој метод е доста чувствителен на варијации во својствата на материјалот, вклучувајќи површинска напнатост, еластичност и адхезија. Оттука овој метод може да се користи при испитување на овие својства кај материјалите.
- Споредувањето на примероците и нивните криви на материјали за проучување на односот на Модул на Young (графит како референца за мерење).
- Co in situ AFM анализа на промените во температурата можеме да ги проучуваме промените во структурата кои настануваат како последица на самата промена на температурата.

Во ова истражување AFM ќе се користи за откривање на површинските карактеристики на цементот на коренот на забот, пред сè на неговата рапавост и нејзините карактеристики.

Испитувања на коренската површина после употребата на конвенционалната и ласерски потпомогната обработката на пародонталните џебови.

Промените на коренските површини биле испитувани во in vitro услови и истовремено опишани се микроструктурни промени кои се јавуваат при употреба на Er: YAG ласерот. Може да се забележи директна врска помеѓу длабочината на аблација и употребената енергија на самото зрачење. Се смета дека механизмот на оштетување на ткивата предизвикан од Er: YAG ласерот не е поврзан со термички несакани ефекти, ниту пак со појавата на микроеплозиите поврзани со испарување на вода во рамките на кристалната решетка на цементот. (Theodoro et al, 2003)

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

Мора да се наспомене дека сепак во една студија забележани се подлабоки промени во дентинот по аблацијата на цементот од страна на Er: YAG ласер со користење на штелувањата на моќноста на 60, 100 и 180 mJ. Термичките промени се прошириле се до дентинот во длабочина од 255 до 611 mm, мерено од целната површина и се појавиле независно од енергијата на самиот ласерски зрак. (Folwaczny et al, 2003)

Според податоците презентирани од Ting и соработниците (2007) соодветно е да се користи моќност од 1,0 W аплицирана со ласер на Er, Cr: YSGG за соодветна механичка обработка на површината на корените. Според авторите со помош на оваа моќност може да се направи обработка без никакви видливи морфолошки промени на површината на коренот и со прифатливо ефикасно отстранување на калкулусот.

Меѓу ласерите со висока моќност, како што е наспоменато Er: YAG ласерите (2.94 μm) се најпогодни за ласерско зрачење и терапија на коренските површини. Бранова должина на овие ласери многу добро се апсорбира од страна на молекулите на водата. Поради тоа ирадијацијата со овие ласери го промовира загревањето на водата во кристалите на хидроксиапатитот, предизвикувајќи ненадејно испарување на вода и микропрскања или микроексплозии во интерпризматската супстанција, отстранувајќи ги кристалите на хидроксиапатитот на температура под точката на топење (која изнесува некаде околу 1200 ° C). Ваквиот ефект на овие ласери предизвикува дефрагментирање на ткивото без да предизвика паралелни термички оштетувања. Некои понови истражувања укажуваат на фактот дека зрачењето на површината на корените на забите со користење на Er: YAG ласерите не го промовира создавањето на размачкан слој. Покрај тоа, Er: YAG ласерите и ErCr: YSGG ласерите промовираат селективно отстранување на субгингивалните конкременти со минимално оштетување на самите коренските површини, и истите може да бидат клинички ефикасни во стабилизирањето на клиничките параметри на пародонталната болест. Оттука може да се согледа и нивниот позитивен ефект во терапијата на пародонталната болест. (Eberhard et al, 2003; Theodoro et al, 2003; Ting et al, 2007; Ekworapoj et al, 2007; Hakki et al, 2010)

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

Crespi и соработниците во едно свое истражување докажале дека користејќи Er: YAG ласерско зрачење со две различни штелувања на моќноста на површините на коренот во *in vivo* услови при SEM набљудување, целосно отсуство на остатоци од размекнат слој или распаднат цемент и добиеле мазни коренски површини. (Crespi et al, 2005)

Примероците на кои е употребен Er, Cr: YSGG ласерот според едно истражување на De Oliveira и соработниците публикувано во 2015 година биле погруби од примероците третирани со механичка обработка на пародонталните џебови, додека пак зголемувањето на ласерските параметри на моќност предизвикало поголема загуба на коренската површина и зголемена грубост на површината на коренот. Истите автори заклучиле дека Er, Cr: YSGG ласерот е безбеден за употреба во текот на пародонталниот третман, но не е соодветно, ниту препорачливо да се користи зрачење поголемо од 1.0 W за оваа намена. (de Oliveira, et al, 2015)

Во едно нивно истражување Scharz и соработниците (2001), четириесет еднокорени заби или вкупно 160 забни површини, со напредната пародонтална деструкција, кои биле закажани за нивна екстракција, биле третирани користејќи еден од следниве енергетски вредности: 120, 140, 160 и 180 mJ при 10 Hz (71, 83, 94 и 106 J / cm² / пулс). Морфолошките промени на третираниите површини на коренот според истите автори биле евалуирани со користење на скенинг електронска микроскопија (SEM) пред сè за да се проценат ултраструктурните промени предизвикани од ласерот. Резултатите од оваа студија покажале дека клиничката употреба на Er: YAG ласер, резултира со мазна морфологија на површината на коренот, дури и при употреба на поголеми енергетски нивоа. Резултатите, исто така покажуваат дека отстранувањето на калкулусот може да се изведе и во *in vivo* услови.

Според едно истражување од 2001 година, во пародонтологијата употребата на Nd: YAG ласерот е ограничен за употреба кај меките ткива, при што е забележано дека не е можна аблација на забен калкулус или сунгингивални конгременти. Користењето пак на конвенционалните CO₂ ласери го зголемува ризикот од термички оштетувања на пулпата. Покрај тоа, поради апсорпционите карактеристики се јавува неконтролирано уништување на гингивалното ткиво, како и на цементот и емајлот. Er: YAG ласерите според

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

истите автори може да се користат за отстранување на забниот калкулус, но при нивната употреба се случува неконтролирана аблација на здрава структура на забите. Alexandrite ласерот според истите автори, овозможува селективна аблација на калкулус врз основа на природните разлики во апсорпцијата. Калкулусот и денталниот плак со помош на овој ласер се отстрануваат брзо и лесно, додека цементните и другите здрави цврсти структури на забите остануваат непроменети. (Rechmann & Henning, 1995)

Според едно истражување на Tomasi и соработниците (2005), добиените резултати во фазата на одржување на постигнатите резултати во пародонтологијата не успеале да демонстрираат каква било очигледна предност при користење на Er: YAG ласер за изведување на субгингивален дебридман. Според истите автори единствена предност на користењето на овој ласер во текот на фазата на одржување е појавата на помала непријатност во текот на третманот кај пациентите.

Карактеристичната микроструктура на површината на коренот по употребата на Er: YAG ласерот има тенденција да делува на раното населување на клетките од периодонциумот. Сепак, комбинацијата на механичкиот третман на коренските површини со класичната рачна и ултразвучна обработка може да ја подобри и да ја зголеми биокомпатибилноста на Er: YAG ласерски третираниот коренски цемент со отстранување на промените на микроструктурите на површината и понатамошно создавање на колагени влакна. (Matsuyama et al, 2008)

Освен ефектите што ги создава на коренската површина, Er:YAG ласерот делува и бактерицидно. Според едно истражување изведено на крајот на минатиот век, стапките на преживување на силно-отпорните бактерии во колонии на *P. gingivalis* се намалиле значително со ниво на енергијата од 7.1 на 10.6 J / cm². Овие наоди сугерираат дека Er: YAG ласерот има висок бактерициден потенцијал дури и на ниско ниво на енергија. (Ando et al, 1996)

Користејќи ниски енергии на радијација, отстранувањето на калкулусот може да се направи со одредена селективност, споредлива со онаа на конвенционални инструменти на површината на корените. Можно е со зголеменото искуство на стоматологот да се зголеми и селективноста при неговото отстранување за повеќе од 4,5 пати со текот на времето. (Folwaczny et

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

al, 2000) Во споредба со третманот со диоден ласер, кој не е соодветен за отстранување на субгингивалните конкременти и ја менува површината на коренот на непосакуван начин, Er: YAG ласерот во комбинација со современите системи за детекција на субгингивални конкременти може да го отстрани калкулусот на ниво еквивалентно со механичката обработка на пародонталните џебови. (Schwarz et al, 2003)

После третман на пародонталните џебови во *in situ* услови со помош на Er:YAG ласерот, можна е појава на нарушувања на самата површина на коренот, термални промени кои се манифестираат на ултраструктурно ниво. Особено нерамнини се присутни на апикалните површини на местото до каде делува Er:YAG ласерот, и тоа доколку енергијата на ласерот е во дијапазонот од 60-180 mJ. (Folwaczny et al, 2003) Постојаниот воден спреј ги минимизира несаканите термални ефекти и доведува до значително подобрена видливост и чистина на работното поле и до помалку порозна површина.

Ангулацијата на работниот дел, исто така, има влијание на количината на отстранетото цврсто забно ткиво, кое се движи од лесна аблација при ангулација на продолжетокот од 15 степени, до напредната енормна аблација од повеќе од 400 % кога ангулација е деведесет степени, што е клинички невозможно. (Sasaki et al, 2002; Folwaczny et al, 2001)

Се смета дека како резултат на елиминацијата на бактериите и ендотоксините кои се нивни продукти, хуманите фибробластни клетки се атхерираат и растат на коренската површина, и тоа сигнификатно многу повеќе кога површината на коренот е третирана со помош на енергија од 60 mJ произведена од Er:YAG ласер отколку после изведена механичка обработка на пародонталните џебови. (Feist et al, 2003) После инкубацијата со хумани фибробласти, бројот на клетките кои се населуваат и растат после апликацијата на ласерската светлина произведена од Er:YAG ласерот е за 1,5 пати поголема одколку во случаите кога станува збор за ултразвучен третман и 2,7 пати поголем во однос на случаите третирани со мануелна механичка обработка на коренската површина. (Schwarz et al, 2003)

Клиничките параметри како што се плак индексите, гингивалните индекси, измерената длабочина на пародонтален џеб, крвање при сондирање и појавата на клиничко губење на атачмент се подобруваат повеќе

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

после третманот со Er:YAG ласерот во однос на механичката обработка на пародонталните џебови. Исто така е од интерес да се наспомене дека употребата на ласерската светлина од Er:YAG ласерот во третманот на пародонталната болест самостојно дава подобри резултати отколку комбинацијата на рачната и ултразвучната терапија на површината на коренот на забот. (Schwarz et al, 2003a)

Една студија на следење која опфатила следење на пародонталните состојби во период од две години покажала значително подобра долготрајна прогноза на третманот на коренската површина со Er:YAG ласерот самостојно во однос на рачната механичка обработка на пародонталните џебови. (Schwarz et al, 2003a)

Резултатите кои се однесуваат на подобрувањето на клиничкото губење на атачмент во однос на почетокот изнесувале 28,5 % после една година од третманот со Er:YAG ласер во однос на механичката обработка на пародонталните џебови каде подобрувањето настанало кај 13,8 % од испитаниците после првата година. После две година, сè уште имало подобрување кај 22,2 % од испитаниците кои биле третирани со ласер, за разлика од само 10,7 % кои биле третирани со класичните методи на поародонтална терапија. Клиничкото подобрување на самото губење на атачмент после употребата на Er:YAG ласерот во терапијата на пародонталната болест е два пати поголемо во однос на употребата на механичката обработка и мазнење на коренските површини. (Schwarz et al, 2003b)

Според резултатите презентирани од Frentzen и соработките (2002) клинички и хистолошки, механичката обработка на пародонталните џебови резултирала со целосен дебридман на сите површини, создавајќи мазна површина на коренот. На испитаните места каде што е употребен ласерот, ласерската обработка според авторите довела до поголемо отстранување на ткиво и создавање на груба површина. Оттука тие заклучиле дека ласерското обработување на пародонталните џебови со помош на Er:YAG ласерот резултира со зголемена загуба на цемент и дентин, што треба да се земе предвид во различните клинички ситуации.

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

Fujii и соработниците, уште во 1998 година си поставиле за цел да ги проценат ефектите на Er: YAG ласерското зрачење врз коренот на цементот со помош на скенинг електронската микроскопија (SEM). Примероците се добиени од екстрахирани хумани пародонтално заболени заби. Er: YAG ласерскиот зрак потоа се применувал со различни сили кои се движат од 25 до 100 mJ / пулс / сек. По монтирање на примероците на плочи за мерење и по распрскување со злато, површината на цементот била испитувана. Набљудувањата на површината на коренот покажаа релативно рамна површина кај примероците кои се заби без пародонтална афекција. Во примероците изложени на зрачење со Er: YAG ласерот, ласерскиот зрак создавал кружен кратерен дефект на површината на корените на забите. Дното на лезијата покажа неправилна и остра контактна површина. Потоа, примероците биле пресечени со остар скалпел перпендикуларно на површината. Набљудувањата на SEM на овие примероци покажале слој од оштетено ткиво особено кај испитуваните површини на цементот кои бил третиран со ласерска светлина.

Gašpirc и Skalerič (2001) направиле компарација на морфологијата, хемиската структура и дифузијата низ цврстите забни ткива после употребата на Er: YAG и Nd: YAG ласерите. Оваа студија покажала дека Er: YAG ласерот влијае само на морфологијата и процесите на дифузија на површините на коренот, додека Nd: YAG ласерот исто така ја менува хемиската структура на коренските површини.

Една компаративна студија врши споредување на површината на корените на забите по апликација на Er: YAG ласерско зрачење, споредено со CO₂ ласерското зрачење и нетретираните површини, користејќи Fourier Transformed Infrared (FTIR) спектроскопија. Површините биле мазни по зрачење од страна на Er: YAG ласерот со вода за ладење, биле изгорени и неправилни по зрачење од Er: YAG ласер без вода за ладење, и целосно карбонизирани по CO₂ ласерско зрачење. Профилите на FTIR од примероци на површините третирани со Er: YAG ласерот со воден спреј за ладење биле слични на оние од нетретираните примероци, со исклучок на мало намалување на хидроксилните и амидните групи, главно поврзани со органски компоненти. Ова намалување беше забележано дека е екстремно после CO₂ ласерското

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

зрачење и умерено по Er: YAG ласерско зрачење без средство за ладење. Формирањето на нови количини на токсични супстанции било забележано во голема мера по зрачење на CO₂ ласерот и во помала мера по Er: YAG ласерско зрачење без вода за ладење. Спротивно на тоа, не се откриени такви супстанции по Er: YAG ласерско зрачење со вода за ладење. Овие автори покажуваат дека при овие ласерски третмани селективно абладираат повеќе органски компоненти од неорганските компоненти и дека Er: YAG ласерското зрачење со вода-течноста за ладење не предизвикува големи промени во составот или хемиски штетни промени во било кој дел на коренот без разлика дали станува збор за цемент или дентин. (Sasaki et al, 2002)

Според Yamaguchi и соработниците (1997) употребата на Er: YAG ласерот може да отстрани 83,1% од липополисахаридите присутни на коренската површина. Оваа студија сугерира дека Er: YAG ласерското зрачење може да биде корисно за модифицирање на коренската површина при пародонталната терапија.

Според Zhao и соработниците (2014) клиничката ефикасност на Er: YAG ласерот била слична со истата која се постигнува после механичката обработка на пародонталните џебови во периодот од три месеци постоперативно.

Сепак, клиничките придобивки на Er: YAG ласерот како дополнителна метода при механичката обработка на пародонталните џебови при пародонталната терапија сè уште недостасуваат. Бидејќи Er: YAG ласерот има одредени предности, може да се очекува да биде алтернативен избор во третманот на хроничната пародонтопатија.

Конвенционално, застапуван е ставот за енергичен пристап при обработка на коренските површини со адекватни кирети за да се отстранат цврстите наслаги и ендотоксините од површината на коренот. Спротивно на тоа, современите истражувања покажуваат дека ендотоксините релативно слабо се поврзуваат за коренските површини и со тоа и нежен дебридман на површината на коренот евентуално може да доведе до детоксикација на коренот без значително отстранување на цемент. Сепак, современите докази во врска со можните последователни негативни ефекти, вклучително и губење на коренска количина односно на дентален цемент и грубоста по обработка со

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

рачни инструменти, како и со ултразвучни инструменти, сè уште остануваат неопределени и непознати. (Dadwal et al, 2018)

Присуството на размекнат слој на површината на третираната коренска површина сугерира на фактот дека механичката пародонтална терапија не успева во целост да постигне бактериски дебридман. Региите со загуба на забна супстанција се регии каде што цементот на коренот на забот е отстранет и поради тоа настанува експозиција на дентинот на самиот корен. Рапавоста која настанува поради загуба на цврста забна супстанција е евидентна во одредени локализираните зони на цементот или пак во регии каде што цементот е отстранет во целост. (Aspriello et al, 2011)

Досегашните научни резултати од проследената литература укажуваат дека заздравувањето после ласерскиот пародонтален третман има позначителни придобивки. Токму поради тоа, се претпоставува дека иницијалниот момент на ваквото позитивно разбирање при заздравувањето може да се поврзе и со најпрвичните моменти на контакт на елементите одговорни за регенеративно-репараторните процеси на површината на коренскиот цемент. Во прилог на тоа се наведени и најновите испитувања кои ја поврзуваат нано димензионалната површинска топографија како еден од најважните фактори во иницирањето на најраните молекуларни репараторно-регенеративни збиднувања.

Врз основа на тоа, нултата хипотеза се однесува на тоа дали употребата на Er: YAG ласерот резултира во различна површинска грубост и промени во хемискиот состав во однос на класичната (конвенционална терапија) споредено со нетретираните здрави коренски површини за кои претпоставуваме дека ги нудат најдобрите својства и најповолното микромеханичко опкружување.



ЦЕЛИ

ЦЕЛИ

Земајќи ги предвид претходно наведените факти кои се однесуваат на сложените патогенетски промени, како и сложеноста на репараторно регенеративните процеси условена од површинскиот интерфејс на цврстиот сид на пародонталниот џеб, ја формиравме основната цел на овој труд - **Да се проследат површинските и хемиските карактеристики на забниот цемент после спроведување на различни пародонтални терапевтски модалитети.**

За реализација на основната цел поставени се следните специфични цели кои ќе ја проследат новонастанатата состојба на забниот цемент по примената на различните терапевтски модалитети:

1. Да се направи проценка на површинската топографија кај третираните заби преку:
 - Проценка на рапавоста и површинската морфологија на цементот кај контролна група (здрава и нетретирана цементна површина).
 - Проценка на рапавоста и површинската морфологија на цементот, кај заби со пародонтална афекција каде што е применет конвенционален третман (комбинација на ултразвучна и мануелна обработка).
 - Проценка на рапавоста и површинската морфологија на цементот, кај заби со пародонтална афекција каде што е применет ласерски потпомогната пародонтална терапија.
2. Да се утврдат разликите во хемискиот состав на третираниот цемент со различните терапевтски модалитети преку:
 - Одредување на хемискиот состав на цементот кај контролната група (здрава и нетретирана цементна површина).

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**


- Одредување на хемискиот состав на преостанатиот цемент после спроведена конвенционална терапија (комбинација на ултразвучна и мануелна обработка).
 - Одредување на хемискиот состав на преостанатиот цемент после спроведена ласерски потпомогната пародонтална терапија
3. Да се одредат разликите во дебелината на преостанатиот цемент после спроведените различни терапевски модалитети преку:
- Одредување на дебелината на преостанатиот цемент кај контролната група (здрава и нетретирана цементна површина).
 - Одредување на дебелината на присутниот дентален цемент кај коренските површини кои се пародонтално афектирани.
 - Одредување на дебелината на преостанатиот цемент после спроведена конвенционална терапија (комбинација на ултразвучна и мануелна обработка).
 - Одредување на дебелината на преостанатиот цемент после спроведена ласерски потпомогната пародонтална терапија

Преку исполнување на целите сакаме да утврдиме дали после примената на различните терапевски методи се појавува разлика во наведените параметри (рапавоста и површинската морфологија, хемискиот состав како и дебелината на цементот на коренот) со оние кај здрав необработен коренски интерфејс. Исто така, сакаме да испитаме кој тип на пародонтален третман, конвенционалниот или ласерски потпомогнатиот пародонтален третман даваат површински карактеристики кои се слични или аналогни на оние на самите природни заби. Значењето на ова истражување е од важност и поради фактот што досега нема извршено испитување на површинската топографија/рапавоста на природните заби.

Преку одредувањето на дебелината на преостанатиот цемент на третираните заби имаме за цел да го одредиме степенот на инвазивноста кај конвенционалната во однос на ласерски потпомогнатата пародонтална терапија.

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

И на крај, сакаме да утврдиме дали ласерски потпомогнатиот пародонтален третман има предности во однос на конвенционалната терапија. Со тоа ќе го дадеме и својот научен придонес кој ќе има значење во секојдневната стоматолошка пракса.



***МАТЕРИЈАЛ И
МЕТОДИ***

МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДИ

За реализација на поставената цел беше спроведено истражување во рамките на лабораторијата за стоматолошка научно-истражувачка работа при Факултетот за медицински науки, во УНИЛАБ-лабораторија во состав на Земјоделскиот факултет, во лабораторијата за минерална технологија и одделот за електронска микроскопија од лабораторијата АМБИКОН сите при Универзитетот „Гоце Делчев“-Штип, во лабораторијата за наноматеријали на институтот за хемија на Природно-математичкиот факултет при Универзитетот „Св. Кирил и Методиј“- Скопје и во Центарот за дентално здравје - Етерна ЛХЦ-Скопје. Истражувањето опфати едногодишен период и тоа од март 2020 до март 2021 година.

Материјал

Испитуваниот примерок опфати вкупно 120 заби кај кои постоеше индикација за екстракција. Пациентите, од кои потекнува испитуваниот примерок-екстрахираните заби, беа на возраст поголема од 35 години. Кај сите екстрахирани заби кои се дел од примерокот потврдена е дијагнозата - стадиум III и IV на пародонтална болест според новата класификациска рамка на пародонтопатии од 2018 година. (Caton et al, 2018)

Станува збор за рандомизирана контролирана ин витро студија. Во оваа студија кај сите екстрахирани заби, според класификацијата од 2018 проследени беа интензитетот, комплексноста и дистрибуцијата на пародонталната деструкција. При тоа беа нотирани следниве клинички параметри: клиничко губење на атачментот и длабочина на пародонталните џебови (после изведен клинички преглед), загуба на алвеоларна коска и тип на коскена деструкција (после изведени радиографски анализи).

Сите заби се поделени во две големи испитувани групи. Првата група ја сочинуваат заби кај кои е изведена конвенционална терапија - комбинација од ултразвучна и рачна обработка на коренските површини, која кореспондира со

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

терапевските постапки кои се преземаат во ин виво услови, додека кај втората група направена е ласерски потпомогната пародонтална терапија. Третата, е контролна група и ја сочинуваат импактирани заби со индикација за екстракција или заби кои се со индикација за екстракција од непародонтална причина (оклузален трауматизам, во текот на ортодонтска терапија или пак од протетска причина).

Дополнително 20 екстрахирани заби кај кои постои присуството на пародонтална деструкција од III и IV стадиум на кои не е преземена никаква терапија беа испитани се со цел да се проследат промените во хемискиот состав на површината на коренот и на дебелината на цементот.

Кај сите испитаници земена е целосна анамнеза пред изведувањето на екстракцијата. Потребата од спроведувањето на анамнестичката постапка е согледана во фактот дека одредени системски заболувања може да дадат импликации на самите цврсти забни ткива на коренот.

На секој од пациентите му е соопштена целта на истражувањето и изведена е екстракција на забот кој е дел од испитуваниот примерок. Екстракцијата на забите е вршена според сите принципи на атрауматско вадење на забите. После аплицираната спроводна или инфилтративна анестезија, во зависност за кој заб станува збор, и каде е тој локализиран во горната или во долната вилица, извршено е екстрахирање на забите.

Во однос на тоа од кои пациентите може да потекнуваат екстрахираните заби во истражувањето поставени се критериуми за вклучување и исклучување на пациентите. Па така, критериуми за вклучување на лицата во ова истражување претставуваат следниве:

- Пациенти со добро општо здравје, на возраст помеѓу 35 и 65 години кај кои е дијагностицирана пародонтопатија од III и IV стадиум. Под поимот добро општо здравје подразбираме отсуство на системски заболувања.
- Заби со индикација за екстракција со клиничко губење на атачмент поголем од 5 mm одреден при самиот интраорален преглед
- Заби без присутен кариес во регијата на емајлово-цементното споиште или пак на самиот корен на забите

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

- Заби на кои не постои присуство на дефекти кои се предизвикани од дентална абразија или ерозија или пак заби со присутни цервикални реставрации. Причина за исклучување на забите кои имаат дефекти или реставрации на ниво на емајлово-цементното споиште е поради фактот што оваа зона е зоната на истражување од коренската површина. Па присутноста на ваквите дефекти ќе го оневозможи правилното толкување на добиените податоци од самото истражување.

Како критериуми за исклучување на лицата од испитуваната група се следниве:

- Пациенти алергични на локална анестезија, односно во случаите каде што не може да се постигне потполна безболност за изведување на забната екстракција, доминантно од етички причини, за да не биде предизвикана болка.
- Заби кои се ендодонтски лекувани или пак се во фаза на ендодонтска терапија.
- Кај гравидни жени.

Пред да се екстактираат забите, површината на забите е обележана со помош на кружен прстен, при што се прави еден линеарен жлеб на локацијата на гингивалната маргина за да се означи супра-гингивалното подрачје, односно да се означи делот од забот кој се наоѓа субгингивално и секако да се одреди растојанието помеѓу емајлово-цементното место на спојување и обележаниот жлеб- што од своја страна укажува на присутната гингивална рецесија. Вториот линеарен жлеб се бележи до онаму каде што е нивото на припојниот епител и оваа постапка се изведува после самата екстракција на забите. Растојанието меѓу двата жлеба го претставува клиничкото губење на атачмент.

Забите после екстракција се мијат со дестилирана вода и се третираат со 2% раствор на натриум хипохлорит, а потоа се складираат во нормален физиолошки раствор до понатамошно испитување. Во делот од текстот кој што следува опишана е и целосната постапка на стерилизација на испитуваниот примерок.

По дезинфекцијата, на секој од забите им беше отстранета коронката со помош на карбиден борер со голема брзина и водено ладење. Понатаму, секој

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

од екстрахираните заби на кои е извршена анализа со помош на AFM и SEM е соодветно обработен. Па така, сите заби кои се претходно третирани според тераписките групи, приготвени се примероци со димензии 5 mm × 5 mm × 2mm од цементот на коренот на забот во субгингивалното подрачје. Овие примероци беа отсечени и одвоени од преостанатиот дел од забот со помош на карбиден диск со голема брзина и водено ладење.

Оваа фаза во подготовката на испитуваниот примерок беше спроведена во Лабораторијата за стоматолошка научна работа на Факултетот за медицински науки при Универзитетот „Гоце Делчев“ - Штип.

Во текот на истражувањето, прво беа направени соодветни фотографии и анализи со помош на AFM и веднаш потоа, истиот примерок беше користен за SEM анализи. Ова се должи на фактот дека примерокот кој се користи за AFM анализа не се деструира и подоцна може повторно да се користи, како испитуван примерок за SEM анализа.

Во собирањето на испитуваниот примерок учествуваа повеќе приватни стоматолошки ординации:

- Етерна LHC - Скопје
- Ендомак - Гевгелија
- Дент естет - Штип
- ПЗУ „д-р Денковски“ - Куманово
- ПЗУ специјалистичка ординација по орална хирургија Орал А&М-Струмица.

Вкупниот број на заби кои ги исполнија критериумите за учество во ова истражување беа поделени во три групи од вкупно 40 заби, според тоа која од изведените тераписки процедури е применета. Основната поделба ги опфати следниве групи:

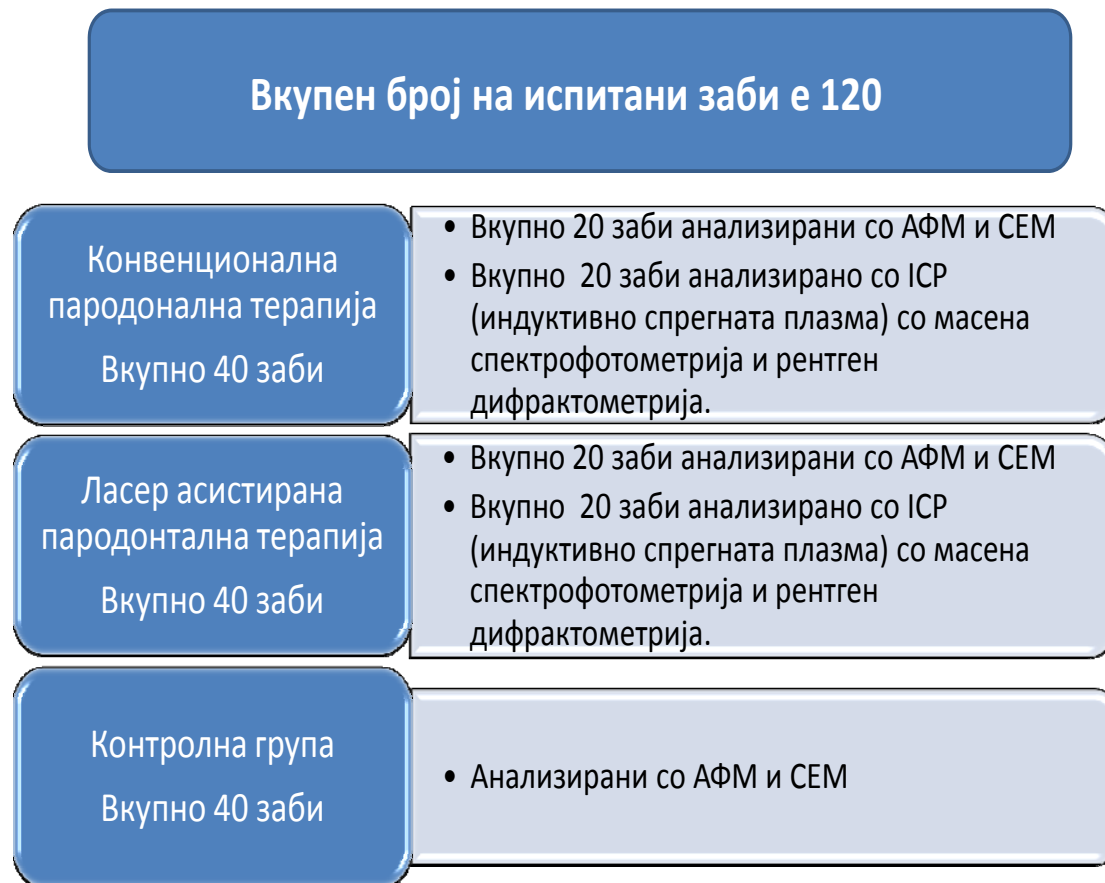
- Група I: Заби на кои е извршена тераписка процедура која опфаќа користење на ултразвучни инструменти и рачни инструменти Грасеу-еви кирети. На вкупно дваесет од забите каде е изведена оваа т.н. „конвенционална пародонтална терапија“ е направена анализа со помош на АФМ и СЕМ, а на преостанатите дваесет заби хемиска анализа со помош на ICP (индуктивно спрегната

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

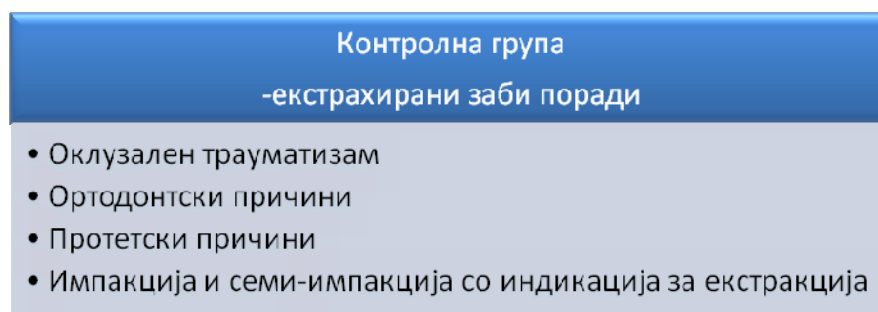
плазма) со масена спектрофотометрија и рендген дифрактометрија.

- Група II: Ја сочинуваа заби кај кои после ултразвучната инструментација следуваше ласерски потпомогнат третман со користење на Ег: YAG ласерска светлина со извор од ласерски уред - LiteTouch Ег:YAG (Ербиум-итриум-алуминиум-гарнат) ласер (производител Синерон, Јокнем-нелит, Израел) со бранова должина од 2,94 микрометри и импулси со енергија до 0,7 џули по пулс и моќност до 8,4 вати на ткиво. И кај оваа група на дваесет од испитани заби е изведена анализа со помош на АФМ и СЕМ, а на преостанатите дваесет заби е изведена хемиска анализа со помош на ICP (индуктивно спрегната плазма) со масена спектрофотометрија и рендген дифрактометрија.
- Контролна група: Импактирани заби кај кои постои индикација за екстракција или пак заби кои се за екстракција од непародонтална причина (оклузален трауматизам, при ортодонтска терапија или пак протетска причина). И кај оваа група на дваесет од испитани заби е изведена анализа со помош на АФМ и СЕМ, а на преостанатите дваесет заби е изведена хемиска анализа со помош на ICP (индуктивно спрегната плазма) со масена спектрофотометрија и рендген дифрактометрија.

Како што е наспоменато, дваесет екстрахирувани заби кај кои е докажано присуството на пародонтална деструкција од III и IV стадиум на кои не е преземена никаква терапија беа дополнително испитани. На десет од нив изведена е соодветна СЕМ анализа за да се проследат промените на дебелината на цементот. На преостанатите десет изведена е хемиска анализа со помош на ICP (индуктивно спрегната плазма) со масена спектрофотометрија и рендген дифрактометрија за да се утврдат хемиските и минералошките промени кој настануваат во текот на пародонталната деструкција.



Сл. бр. 1: Класификација на испитуваните заби
Fig. No. 1. Classification of the researched teeth



Сл. бр. 2: Селекција на забите од контролната група
Fig, No. 2. Selection of teeth from the control group

Метод

Истражувањето опфати екстрахирани еднокорени заби (односно екстрахирани инцизиви и канини) кај кои е утврдена застапеност на пародонтопатија од III и IV стадиум. За реализација на поставената цел во истражувањето се вклучени вкупно 120 испитувани површини од исто толку екстрахирани заби.

Забите од кои се добива испитуваниот примерок, како што е претходно напоменато, потребно е да биде дијагностицирана пародонтопатија од III и IV стадиум. Тоа значи дека за да еден заб биде дел од испитуваниот примерок потребно е да се детектира клиничкото губење на атачментот од најмалку 5 милиметри, каде загубата на коска одредена на рендгенграм се екстендира апикално од средната третина на коренот на забот, кај пациенти кај кои веќе има изгубено минимум 4 заби како последица на пародонтална болест, каде постои вертикално губење на коска од најмалку 3 mm. Освен, врз претходно напоменатите критериуми за интензитетот и комплексноста на пародонтопатијата, кај пациентите беше одреден обемот и дистрибуцијата на пародонталната болест. За да биде вклучен еден заб како дел од испитуваниот примерок кај пациентите беше потребно беше екстензијата на болеста да опфати повеќе од 30 % од преостанатите заби.

На табелата која следува претставени се основните дијагностички критериуми за овие два стадиума на пародонтопатија според Fine и соработниците од 2018. (Fine et al, 2018)

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

Таб. бр. 1: Критериуми за вклучување на испитуваниот примерок
Tab.No. 1. Criteria for inclusion of the examined sample

	ПАРОДОНТОПАТИЈА	СТАДИУМ 3	СТАДИУМ 4
ИНТЕНЗИТЕТ	Клиничко губење на атачмент	≥5 мм	≥5 мм
	Загуба на алвеоларна коска на рендгенграфија	Се екстендира до и под средната третина	Се екстендира до и под средната третина
	Загуба на заби поради пародонтопатија	≤4 заби	≤4 заби
КОМПЛЕКСНОСТ	Локално	<ul style="list-style-type: none"> - Длабочина на џеб од ≤6 mm со хоризонтална ресорпција - Вертикално коскено губење од ≥3 mm; - Умерено губење на гребен 	Потреба за комплексна рехабилитација поради: <ul style="list-style-type: none"> - Мاستикаторна дисфункција; - Секундарна оклузална траума (луксација на забите од 2 степен; - Назначително губење на алвеоларен гребен - Колапс на загризот, миграција на забите - Помалку од 20 останати заба (10 антагонистички парови)
ОБЕМ И ДИСТРИБУЦИЈА на забите со забележливо пародонтално заболување	<ul style="list-style-type: none"> • ЛОКАЛИЗИРАНО <30% ОД ВКЛУЧЕНИТЕ ЗАБИ • ГЕНЕРАЛИЗИРАНО >30% ИЛИ • ШЕМА НА МОЛАРНИ / ИНЦИЗИВИ 		

Протокол за контрола на инфекцијата и стерилизација на екстрахираните заби

Бидејќи станува збор за ин витро студија како примерок во нашето истражување, како што е напоменато користени се претходно екстрахирани заби. На самиот протокол за контрола на инфекцијата и на процесот на стерилизација на екстрахираните заби е насочено поголемо внимание во текот на целокупната постапка. Ова е од особено значење, бидејќи во последниве десетина години, посебно внимание се обрнува кон протоколите за спречување на можноста за ширењето на инфекциите, особено поради големата можност за контаминација која што може да потекнува од екстрахирани заби.

Бројни инфективни агенти како што се вирусот на хепатитис Б, ХИВ или пак некои пиогени микроорганизми може да се присутни во радикуларните и перирадикуларните ткива на екстрахираните заби. Користејќи несоодветно приготвени заби се јавува зголемена можност за ширење на инфекции и секако се јавува можност за контаминирање на околината, било преку создавање на аеросоли во воздухот кој го дишаме или преку постоење на микропукнатини на кожата, како и при повреда со инструментите во текот на работата.

Веднаш после екстракцијата на забите, остатоците од меките ткива на коренските површината беа внимателно отстранети со помош на стерилна газа натопена во физиолошки раствор и при тоа се внимаваше да не се оштети истата. Во текот на целата оваа постапка беа користени латекс ракавици за еднократна употреба, маска за лицето и заштитни очила. По завршувањето на оваа постапка сите материјали за еднократна употреба беа отстранети во соодветни контејнери за складирање на медицински отпад.

Бројни хемиски агенси биле користени за дезинфекција и стерилизација на екстрахираните хумани заби и истите имале различна успешност во спречувањето на појавата на инфекции. Како најсоодветни методи што се користат за контрола на инфекцијата се споменуваат употребата на 10% формалдехид и автоклавирањето, кои овозможуваат целосна дезинфекција/стерилизација на забните површини. (Kumar et al, 2005) И двете методи се доста едноставни, евтини и лесно можат да се изведат.

Со цел да се постигне максимален ефект на стерилизација, екстрахираните заби кои се вклучени во ова истражување се двофазно третирани, прво се дезинфицирани, па следува нивно автоклавирање.

При дезинфекцијата на испитуваните примероци користен е 10 % раствор на формалин, во период од 10 дена, на собна температура (која во просек изнесува 24 °C). После оваа, следува автоклавирање на температура од 121 °C во период од 30 минути. За процесот на атоклавирање искористен е Melatronic®23EN (производител Melag, Германија, ЕУ) во сопственост на Центарот за орално здравје Етерна ЛХЦ.

Конвенционална пародонтална терапија

Методологијата на конвенционална пародонтална терапија, опфати комбинација од ултразвучна инструментација и рачна обработка на коренската површина.

Ултразвучната инструментација беше изведена со користење на Cavitron-ска единица со соодветно водено ладење и средно умерена јачина, користејќи го продолжеток број 03. Ултразвучниот продолжеток користи работна фреквенција од 25 Hz со просечно времетраење на 30 секунди. (Kishida et al, 2004)

Во текот на обработката применуван е умерен притисок со лизгачки движења на врвот и латералната страна на ултразвучниот продолжеток.

Рачната инструментација беше изведена со користење на ареа-специфични Gracey-еви кирети, парни инструменти бр. 1/2, 3/4 и 5/6, (производител - Hu Friedy Co., Чикаго, САД), со вкупно 30 влечни движења во правец од апикално кон цервикално. При обработката на коренските површини со помош на рачните инструменти формиран е работен агол од 60-70° и е применувано соодветно притисок за време на работните движења.

Вака определената методологија за обработка на коренските површини, е идентична со онаа која се изведува во ин виво услови.

Критериум за соодветна обработка на коренската површина освен соодветниот број на работни удари е добивање на мазна и цврста коренска површина детектирана со дентална сонда.

Времетраењето на рачната и ултразвучната инструментација на секоја испитувана површина се одредува со помош на мерач на време-стоперица за секоја површина засебно.

Ласер асистирана пародонтална терапија

Во нашето истражување беше користен LiteTouch Er:YAG (Ербиум-итриум-алуминиум-гарнат) ласер (производител Синерон, Јокнем-нелит, Израел) со бранова должина од 2,94 микрометри и импулси со енергија до 0,7 Џули по пулс и моќност до 8,4 вати на ткиво. Ласерскиот апарат има директен систем за испорака на ласерскиот зрак, активниот медиум е вграден во базата на рачниот ласерски продолжеток. Во студијата користевме класичен рачен продолжеток и водено ладење. Овој ласерски апарат кој ќе се користи во текот на студијата е сопственост на Центарот за дентално здравје Етерна ЛХЦ. (сл. бр. 1.)



Сл. бр. 3: LiteTouch Er:YAG ласер (производител Синерон, Јокнем-нелит, Израел)
Fig. No.3. LiteTouch Er: YAG laser (manufacturer Sineron, Joknem-Nelit, Israel)



Сл. бр. 4: Изглед на дисплејот на LiteTouch Er:YAG ласер (производител Синерон, Јокнем-нелит, Израел)

Fig. No. 4. LiteTouch Er: YAG Laser Display Appearance (Manufacturer Sineron, Joknem-Nellit, Israel)

Пред изведувањето на ласерскиот третман извршена е ултразвучна инструментација по претходно утврдениот протокол.

Инклинацијата на продолжетокот на ласерот изнесува од 10-15° во однос на вертикалната оска на забот, со што се сака да се симулира самата позиционираност на ласерскиот продолжеток при изведувањето на тераписката постапка во *in vivo* услови. Инструментацијата се изведуваше со движења од коронарна во апикална насока по паралелни патеки. Подесувањата за ласерот беа следниве: работа во тврдо ткиво, продолжеток во вид на длето- chisel (0,5 x 1,4) x 17 mm, ниво на водена иригација-6, јачина-100mJ, 15 Hz, густина на енергија околу 256 mJ / mm², густина на моќност околу 3,85 w / mm², пулсна широчина околу 170 ms.

Секој од претходно наведените параметри е софтверски адаптиран на инструменталната табла. И во овој случај, критериум за соодветна обработка на коренската површина е добивање на мазна, цврста цементна супстанција, без присуство на субгингивални конкременти.

SEM анализа на испитуваниот примерок

Вкупно 70 испитувани површини добиени од екстрахираните заби (испитуваниот примерок) беа анализирани преку соодветно скенирање со електронска микроскопија (SEM) во рамките на одделот за електронска микроскопија од лабораторијата АМБИКОН при Универзитетот „Гоце Делчев“ во Штип. Со помош на SEM анализата на секој од испитаните површини одредени се:

- Морфолошко-топографски и физички промени на надворешната површина на заболениот цемент.
- Дебелината на цементот.

Изразеноста и напреднатоста на физичките промени беа евалуирани според класификациониот систем на Schwartz и соработниците од 2001 година (Schwartz et al, 2001) која содржи седум степени на класификација претставени на следната табела.

Таб. бр. 2: Класификација на изразеноста и напреднатоста на физичките промени на коренската површина е дадена преку следнава арбитарна скала
Tab. No. 2. Classification of the expression and progression of physical changes at the root surface

Вредност	Класификација	Знаци	Локализација
1	Без видлива алтерација	Не постојат знаци	Забен цемент
2	Лесна површинска алтерација	Гребаници	Забен цемент
3	Лесна површинска алтерација	Ирегуларна рапавост	Забен цемент
4	Умерена површинска алтерација	Рамни засеци	Забен цемент
5	Напредна алтерација	Ирегуларни остро зашилени кратери	Забен цемент
6	Напредна алтерација	Длабоки кратери	Забен цемент
7	Сериозна алтерација	Длабоки кратери со видливи отворени дентински тубули	Дентин

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

Посебно внимание при ова истражување е насочено кон соодветна подготовка на примероците за испитување со помош на СЕМ. При анализа на примероците со помош на СЕМ потребна е ефикасна постапка за дехидрација и сушење за да се избегне формирање на артефакти кои може да го нарушат квалитетот на добиените микрофотографии. Подготовката на материјалот за скенирање под СЕМикроскоп опфати:

1. Фиксирање на ткивото во 0.1М фосфатен пуфер (рН 7,2-7,4) за 24-48 часа на собна температура.
2. Плакнење на примероците со дестилирана вода.
3. Потопување на примероците во раствор на NaOH во период од 3-5 дена на собна температура за да се отстранат адхерентните ткива.
4. Плакнење со дестилирана вода 12 часа на температура од 4°C.
5. Пост-фиксација на примероците со 1% осмиум-тетроксид за 2 часа на 4° C.
6. Дехидратација на ткивото со постепено зголемување на јачината на етанол (70%, 80%, 90%, 95%, 100% етанол):
 - 70% алкохол (10 минути);
 - 80% алкохол (10 минути);
 - 90% алкохол (10 мин.);
 - 100% алкохол (10 мин.).
7. Сушење на примероците на собна температура.
8. Монтирање на метални држачи.
9. Прекривање на примероците со злато со помош на јонски распрскувач.

Фиксацијата на примероци е најважниот чекор во протоколите за подготовка на примерокот за соодветна анализи, што од своја страна го одредува или во најлош случај го намалува квалитетот на добиените слики. Оттука, процесот на фиксација, кој што е изведен при ова истражување има за цел да ги сочува и стабилизира структурите на клетките и ткивата, држејќи ги структурно верни што е можно повеќе до нивната природна состојба.

Во нашето истражување користен е фосфатниот пуфер. Причина за тоа е поради тоа што фосфатните пуфери се побезбедни за употреба и се сметаат

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

дека се поблиски до цитоплазматската средини на повеќето биолошки примероци, иако може да предизвикаат електронски густы преципитати во присуство на јони на калциум.

Формирањето на соодветна слика при електронската микроскопија бара висока вакуумска средина. Оттука, сушењето на примероците претставува главен предуслов за гледање и добивање на адекватни слики во нормални системи со висока вакуумска SEM.

По сушењето, секој примерок беше монтиран на метални држачи и обложен со 25 nm злато. Скенирачкиот електронски микроскоп VEGA3 LMU работеше на 15 kV. Од секој скениран примерок се направени по 16 стандардизирани микрофотографии со 200x, 1,5 kx, 3.0kx, 10.kx и 28kx кратно зголемување.

SEMикорскопијата обезбедува многу поголеми зголемувања и подобра длабочина на испитуваното поле отколку оптичките микроскопи. Затоа SEM игра важна улога во испитувањето на морфологијата на тврдите забни ткива, меѓу коишто е и забниот цемент, кои е испитуваниот примерок на ова истражување.

SEM анализата е изведена на скенирачкиот електронски микроскоп VEGA3 LMU во рамките на одделот за електронска микроскопија од лабораторијата АМБИКОН при Универзитетот „Гоце Делчев“ - Штип.



Сл. бр. 5: Скенирачки електронски микроскоп
Fig. No. 5. Scanning electron microscope

АФМ анализа на испитуваниот примерок

За ова истражување беше користен динамичниот модул на AFM скенирање може да продуцира повисок квалитет на слики со помалку артефакти. Особено значајно е дека токму при овој интермитентен, динамичен модул на AFM скенирање ја има предноста да избегне какво било влијание на површинското лизгање на врвот на сондата на самата испитувана површина. При овој модул на работа постои наизменично поставување на врвот во контакт со површината за да обезбеди висока резолуција на добиените слики и потоа подигнување на врвот на сондата од испитуваната површината за да избегне нејзино оштетување. Ова е особено важно при постоење на деликатни површински структурни карактеристики кои се генерираат при изведувањето на стоматолошките процедури како што се пародонталните терапевтски процедури.

Површинската морфологија на примероците беше испитувана со користење на микроскоп со скенирачка сонда – SPM 9600, произведен од Schimadzu, кој овозможува да ги изучуваме површините со помош токму на микроскопијата темелена на атомски сили (AFM). Дигитални фотографии со формат 40 мм X 40 мм се направени за секој испитуван примерок и истите се добиени при скенирање со бавна брзина (односно со фреквенција од 1 Hz). Од секој примерок набљудуван под АФМ ќе бидат направени по 16 микрофотографии од случајно избрани делови на самиот примерок.

По AFM анализите, испитуваните примероци соодветно се подготвуваат за SEM анализа.

Овој дел од истражувањето е изведен во лабораторијата за наноматеријали на Институтот за хемија на Природно-математичкиот факултет при Универзитетот „Св. Кирил и Методиј“ - Скопје.

Со помош на AFM добивани се следниве три типа на податоци кои се прикажуваат симултано и истовремено: висина, дефлекција и фриксија. Податоците за висината се однесуваат на промената на висината на пиезоенергијата потребни за да се задржи константата на деформација постојана. Податоците за дефлексија потекнуваат од диференцијалниот сигнал за вклучување и исклучување ослободен од фотодиодните сегменти на врвот и

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

на дното. Параметрите за скенирање потребни за добивање на добри податоци за висината се различни од оптималните параметри кои се однесуваат на дефлексијата. За да се соберат податоци за висината, податоците од повратни информации мора да бидат значајни, така што врвот ќе ја следи површината на примерокот со минимална деформација. Позицијата на скенерот за време на скенирањето ја рефлектира висината на примерокот. Излезните флукуации во напонот на дефлексија на конзолата од сегменти од двата фотодиодни сегменти на дното и на површината се евидентираат како мерка за варијација во површината на самиот примерокот.

Постојат многу различни параметри за анализа на грубоста на различните површини. Софтверот кој беше користен за анализа на рапавоста со AFM исто така може да се користи за добивање на различни параметри на рапавост на тераписки променетата коренска површина на забите. Овие параметри, кои вклучуваат средна грубост на површината (R_a), просечно квадратно отстапување (RMS) и максимална длабочина на грубост (R_{max}), како и квантифиција на количината преостанатиот цемент после изведените тераписки процедури.

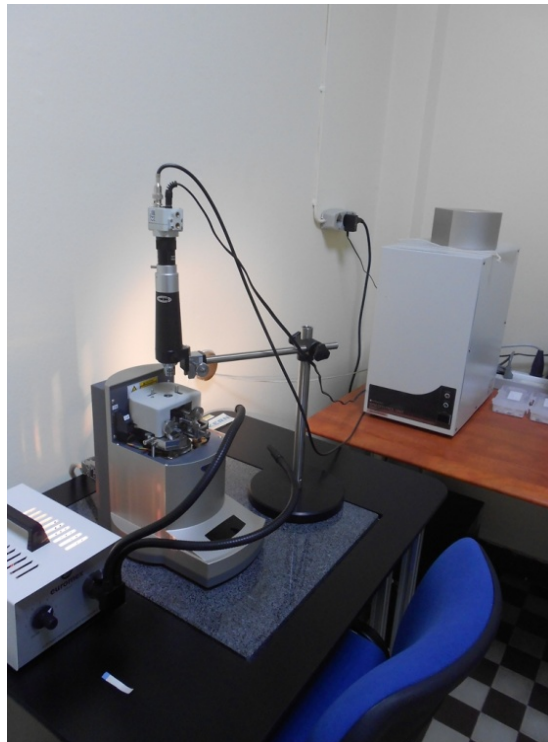
АФМ микроскопијата во текот на ова истражување е применета и поради тоа што претходно наспоменатите артефакти кои се предизвикани од дехидрација на примероците при SEM анализата се елиминираат при користењето на АФМ. Процесот на создавање на слики со помош на АФМ е недеструктивен и примероците може да се визуализираат неколку пати. Изведувањето на физичка или хемиска фиксација, како и обложување на површини со распрскување со златна прашина не е потребно и поради тоа што оваа метода има подобра контрастност и спроводливост.

Вредноста на R_a ја опишува просечната вредност на грубост за површина што е проследена со помош на АФМ. Пониската вредност на R_a покажува помала површинска рапавост.

Просечната грубост наједноставно може да се дефинира како аритметички средина на висината (или длабочина) на точките на профилот на грубост. RMS рапавоста претставува квадратен корен од средниот просек на координатите на профилот на грубост. RMS рапавоста или R_z , е вториот најчесто користен параметар, кој понекогаш се дефинира различно со различни

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

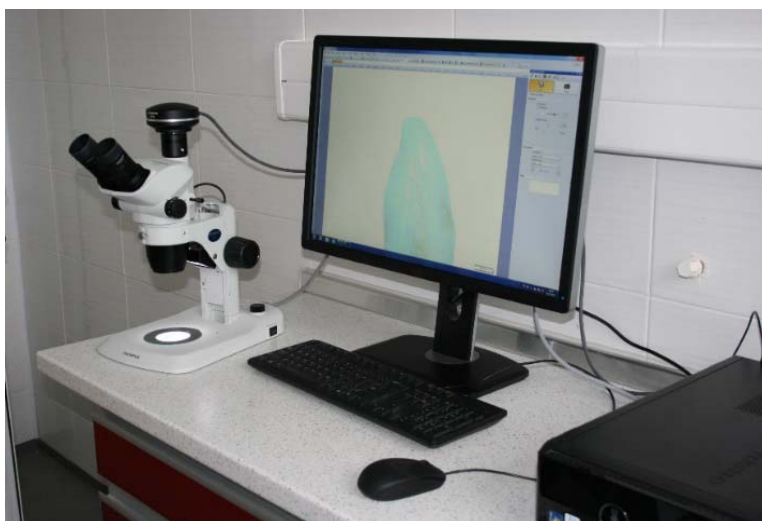
стандарди, но вообичаено се нарекува грубост од 10 точки. Просечната височина се однесува на пресметаната средна вредност на одредените висини. Rz е еднаква на збирот на аритметичката средина на апсолутните вредности на висината на петте највисоки врвови и аритметичката средина на апсолутните вредности на петте најголеми длабочини на долините на должината на мерењето. Surface skewness е мерка за симетријата на кривата што ја опишува распределбата на висината и со нејзина помош може да се прави разлика помеѓу широки долини со тесни остри врвови и високи рамни делови со остри длабоки долини. Во суштина skewness е мерка за симетрија на присутните височини и длабини. Овој параметар во суштина укажува на квантитетот и насоката на искривување во однос на хоризонталната симетрија. Surface kurtosis сугерира колку е висок и остар централниот врв. Вредностите на овој параметар се мерка на острината на профилот на грубост. Ra, пак укажува на просечното аритметичко отстапување од профилот.



Сл. бр. 6: Микроскоп со скенирачка сонда – SPM 9600
Fig. No. 6. Scanning Probe Microscope - SPM 9600

Хемиска анализа на испитуваниот примерок

Дел од припремените примероци (вкупно 70) беа искористени за хемиска анализа. За таа цел од претходно обработениот примерок беше отстранет целокупниот тубуларен и мантил дентин со помош на дијамантски борер и турбинска единица. Изолирањето на цементната супстанција беше контролирано со помош на светлосен микроскоп. Овој светлосен микроскоп е во сопственост на лабораторијата за стоматолошка научно-истражувачка работа при Факултетот за медицински науки.



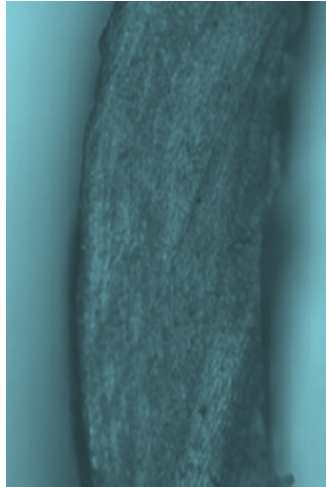
Сл. бр. 7: Светлосен микроскоп при лабораторијата за стоматолошка научно истражувачка дејност

Fig. No. 7. Light microscope in the laboratory for dental scientific research



Сл. бр. 8: Подготвен примерок од цемент за хемиска анализа

Fig. No. 8. Prepared sample of cement for chemical analysis



Сл. бр. 9: Микроскопска потврда за отсуство на дентин
Fig. No. 9. Microscopic confirmation of absence of dentin

А) **ICP (индуктивно спрегната плазма) со масена спектрофотометрија** претставува еден вид на масена спектрометрија која е способна да открие метали и неколку неметали во концентрации толку ниско колку што е дел во 10^{15} (дел на квадрилион, ppq) на различни изотопи. Со помош на оваа метода во ова истражување ќе се направи:

- Квалитативна и квантитативна хемиска анализа (за секој присутен елемент).
- Однос - органски неоргански дел.

Индуктивно спрегната плазма со масена спектрофотометрија како техника и метода во себе комбинира извор на висока температура со масен спектрометар. Изворот на ICP ги претвора атомите на елементите во примерокот во наелектризирани честички односно јони. Овие јони потоа се одделуваат и се анализирани од страна на масениот спектрометар.

Анализата на испитуваниот примерок беше внесуван во ICP плазмата на еден од следниве начини како аеросол, или со аспирација на течен или растворен цврст примерок во распрскувач или пак аеросол може да се добие со користење на ласер за директно да ги конвертира цврстите примероци во аеросол. Изборот на методот за внесување на примерокот во ICP беше по случаен избор.

Откако аеросолот на примерокот се воведува во централниот работен дел на ICP, тој целосно се раствора и елементите во аеросолот прво се

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

претвораат во гасовити атоми и потоа се јонизираат движејќи се кон крајот на плазмата. Откако елементите во примерокот ќе се претвораат во јони, тие потоа се доведуваат во масениот спектрометар преку интерфејсните конуси односно деловите кои овие две компоненти ги поврзуваат. Површинскиот регион во ICP-MS ги пренесува јони кои патуваат во струја на примерокот со аргон при атмосферски притисок (1-2 бари) во регионот на низок притисок на самиот масен спектрометар.

На дисплејот на самиот спектофотометар се отчитуваат вредностите на поедините елементи на испитуваниот примерок. Овој дел од истражувањето беше извршен во УНИЛАБ - лабораторија во состав на Земјоделскиот факултет, во одделот за аналитичка хемија.

Б) Во текот на испитувањето се користи и **рендген - дифрактометрија** што од своја страна претставува метода која ни служи за анализа на структурата на материјалот преку расејување на рендген зраци при минување низ самиот материјал. Атомите се раздвојуваат со помош на иницијалниот зрак од изворот на рендгенските зраци и истите се движат во разни правци. На тој начин се здобиваме со значителни податоци кои се однесуваат на кристалографската структура на испитуваниот примерок, во овој случај забниот цемент. Причината поради која се ќе се користи оваа метода во истражувањево е тоа што податоците кои може да се добијат се однесуваат на: кристалниот систем, атомските локации во самите кристали, типот на врските во кристалите, нивната локализација и агол, како хемискиот состав на главната составна единица.

Кога рендгенскиот зрак ќе падне на испитуваната површина тој стапува во интеракција со електроните на самите атоми. Поради тоа некој од фотоните на овој зрак се дефлектираат во некој друг правец во однос на примарниот. Овие фотони и нивното отстапување од соодветниот правец се регистрира со соодветен алгоритам.

Рендген - дифрактометријата во ова истражување е искористена за добивање на податоци кои се однесуваат на:

- Минералошки состав.
- Кристална формација.
- Хемиски состав на третираниот забобен дентален цемент.

Овој дел од истражувањето е изведена на X-ray Diffractometer XRD 6100 во рамките на Лабораторијата за минерална технологија при Универзитетот „Гоце Делчев“ - Штип.

В) Во текот на хемиската анализа беше искористен и **Енергетски дисперзивен флуоресцентен спектрометар (EDX)**. Станува збор за инструмент кој се користеше за изведување квалитативна и квантитативна анализа на елементите во опсег од 6C/11Na до 92U. Овој инструмент е идеална алатка за неструктивни апликации. Истовремено се вршеше анализирање на 16 примероци. Системот за анализирање има потреба од течен азот (N₂), За мерење на мали примероци, како нашите, рендгенската снимка лесно се зголемува се со цел да се добијат бројни податоци.

Овој дел од истражувањето е изведена на Energy-dispersive X-ray Fluorescence Spectrometers EDX-720 во рамките на Лабораторијата за минерална технологија при Универзитетот „Гоце Делчев“ - Штип.

Статистичка анализа

Во текот на статистичката обработка на податоците изведувани се следниве анализи:

- дистрибуцијата на квантитативните податоци добиени од истражувањето беа тестирани со тестовите за нормалност: Kolmogorov-Smirnov-иот тест and Shapiro-Wilks -овиотw тест;
- описот на квантитативните податоци се прави преку мерките на централна тенденција (средна вредност) и мерките на дисперзија (стандардна девијација);
- одредување на сигнификантната разлика помеѓу две аритметички средини меѓу различните независни примероци е направено со помош на непараметарскиот Mann-Whitney u test;
- за детерминирање на сигнификантната разлика помеѓу трите артиметички просечни вредности кај независните примероци се користи Kruskal-Wallis апова тестот.

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

За сигнификантни се сметаат оние резултати каде што вредносните за $p < 0,05$ со $CI = 95\%$.

Статистичката анализа на податоците добиени од истражувањето, беше направена во статистичкиот програм SPSS 23,0.

Добиените податоци се прикажани табеларно, со помош на микрофотографии и со помош на графикони.



РЕЗУЛТАТИ

РЕЗУЛТАТИ

Резултатите од планираните и спроведени истражувања, како и од статистичката обработка се презентирани во делот од текстот кој следува.

Детерминирани резултати од спроведените истражувања на зацртаните параметри и нивната статистичката анализа се прикажани со бројни табели, графикони и фотографии во боја. Тие се презентирани методолошки и аналитички и ги опфаќаат следниве анализи:

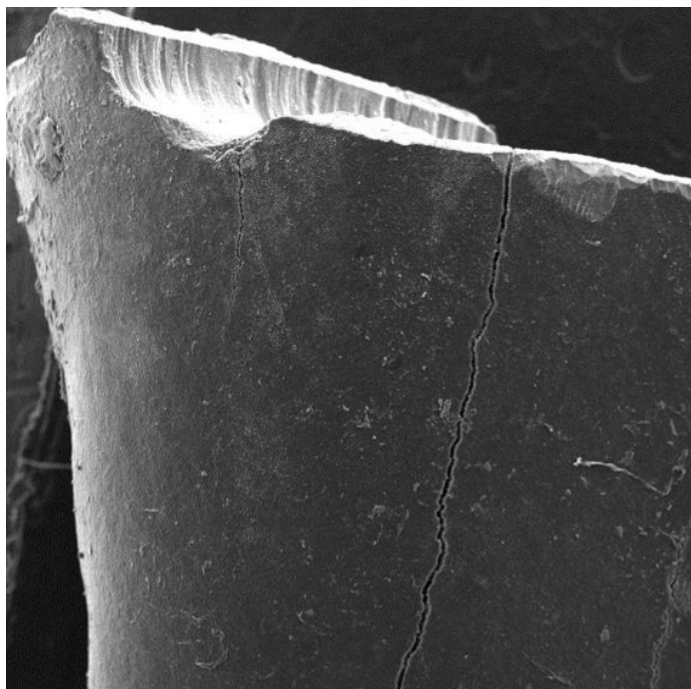
- 1. Анализа на површинската топографија преку соодветно добиените (а) резултати од спроведените СЕМ анализи и (б) резултати од спроведената анализа со АФМ.**
- 2. Хемиската анализа преку (а) резултати од спроведената минералозна анализа и (б) резултати од спроведената анализа за присутните хемиски елементи.**
- 3. Анализа на дебелина на цементот.**

АНАЛИЗА НА ПОВРШИНСКАТА ТОПОГРАФИЈА

(a) СЕМ АНАЛИЗА

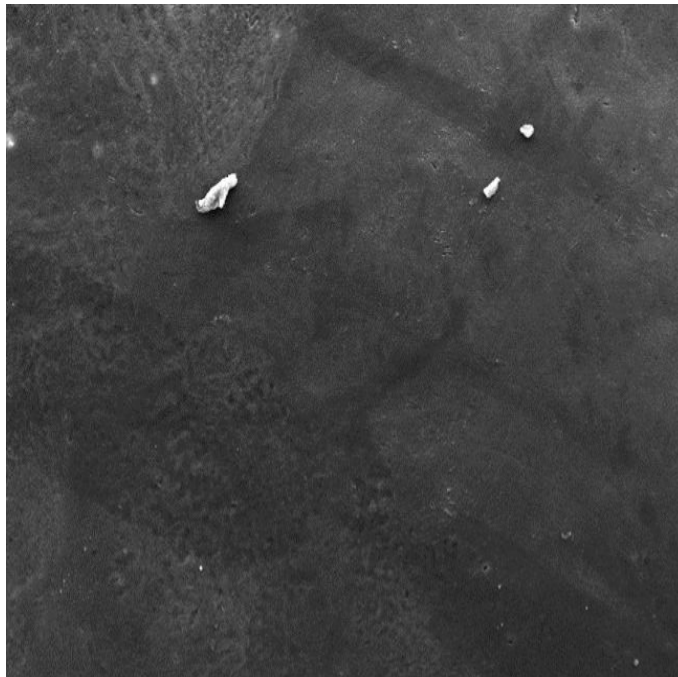
Во делот кој следува презентирани се најспецифичните микрофотографии кои се однесуваат на површинската микротопографија добиени со помош на скенирачка електронска микроскопија (SEM). На почетокот се презентирани микрофотографиите кои се однесуваат на СЕМ анализата на површините кои се здрави и нетретирани. Од оваа група на испитуван примерок направени се повеќе фотографии на различни зголемувања. Причината за тоа лежи во фактот дека добиените промени се во директна корелација со самото зголемување.

1. СЕМ анализа на микротопографијата кај контролната група



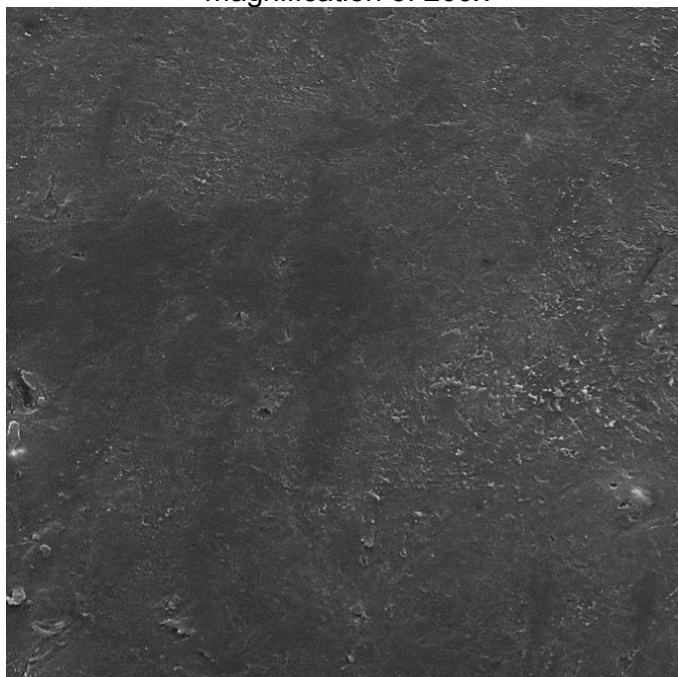
Сл. бр. 10: Микрофотографија на коренска површина на заб од контролната група со зголемување 66x

Fig. No. 10. Micrography of the root surface of a tooth from a control group with a magnification of 66x



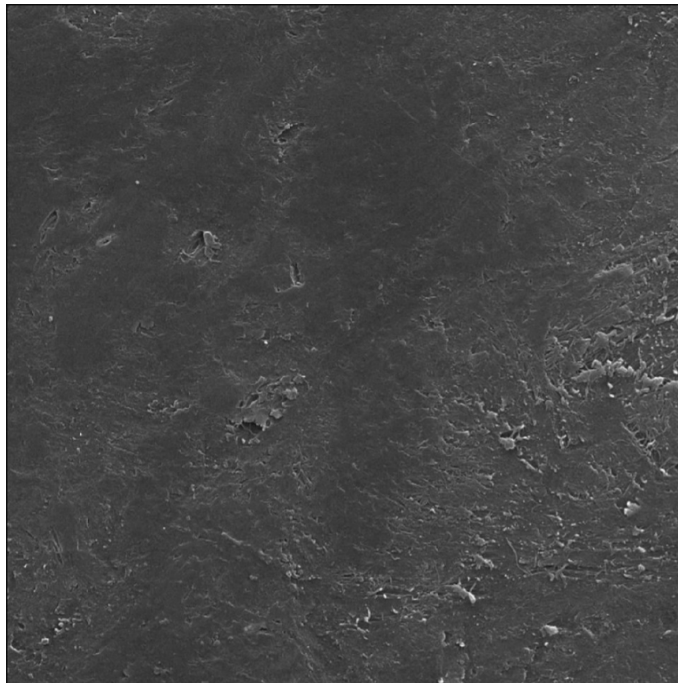
Сл. бр. 11: Микрофотографија на коренска површина на заб од контролната група со зголемување 209x

Fig. No. 11. Micrography of the root surface of a tooth from a control group with a magnification of 209x

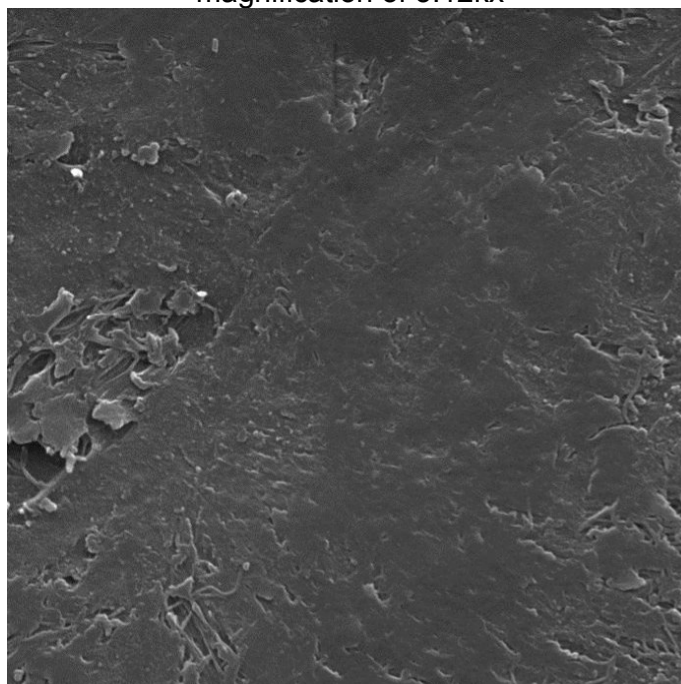


Сл. бр. 12: Микрофотографија на коренска површина на заб од контролната група со зголемување 1590 x

Fig. No. 12. Micrography of the root surface of a tooth from a control group with a magnification of 1,590x

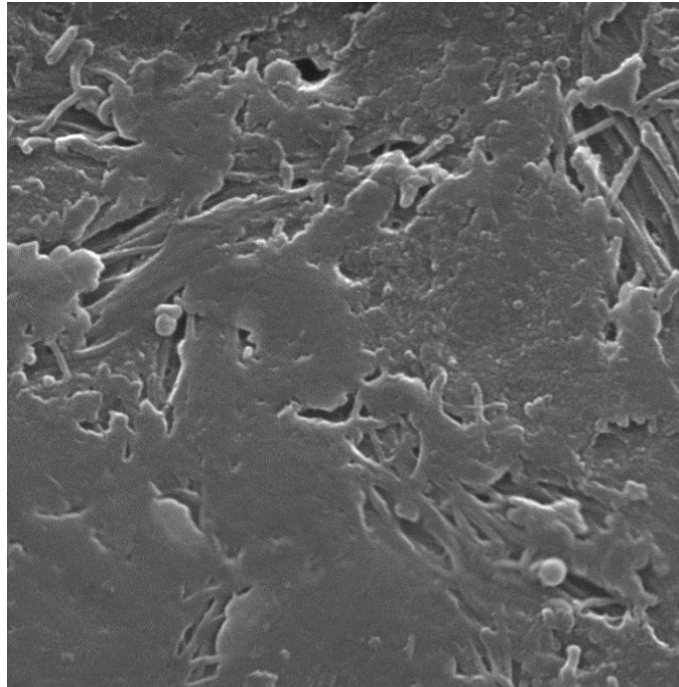


Сл. бр. 13: Микрофотографија на коренска површина на заб од контролната група со зголемување 3120x
Fig. No. 13. Micrography of the root surface of a tooth from a control group with a magnification of 3.12kx

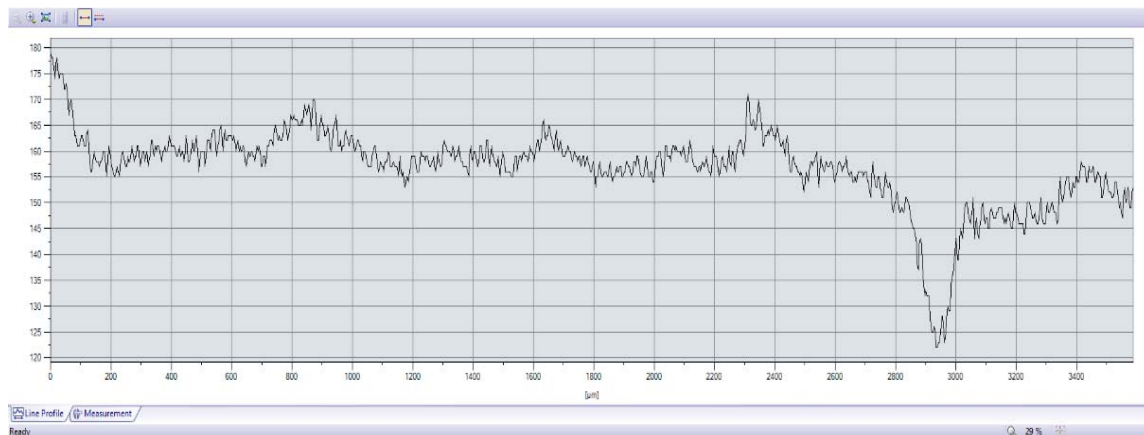


Сл. бр. 14: Микрофотографија на коренска површина на заб од контролна група со зголемување 10200 x
Fig. No. 14. Micrography of the root surface of a tooth from a control group with a magnification of 10,2kx

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**



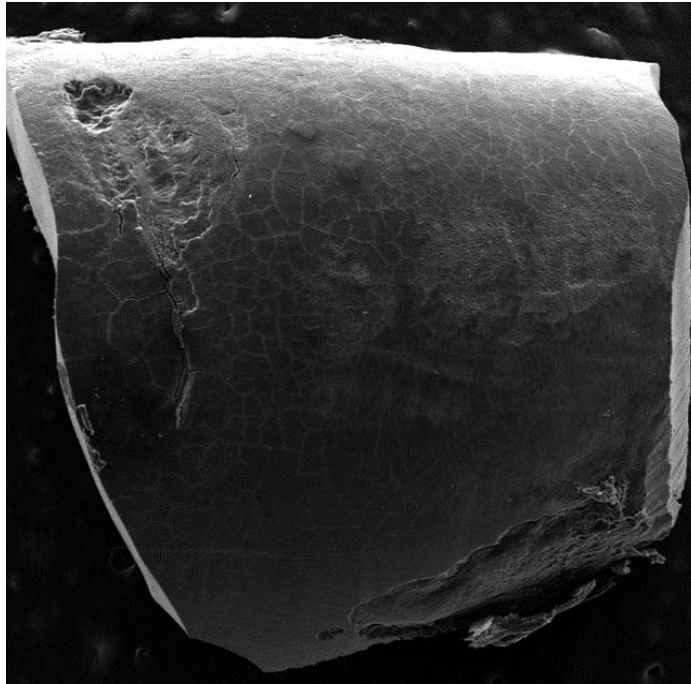
Сл. бр. 15: Микрофотографија на коренска површина на заб од контролната група со зголемување 28200 x
Fig. No. 15. Micrography of the root surface of a tooth from a control group with a magnification of 28.2kx



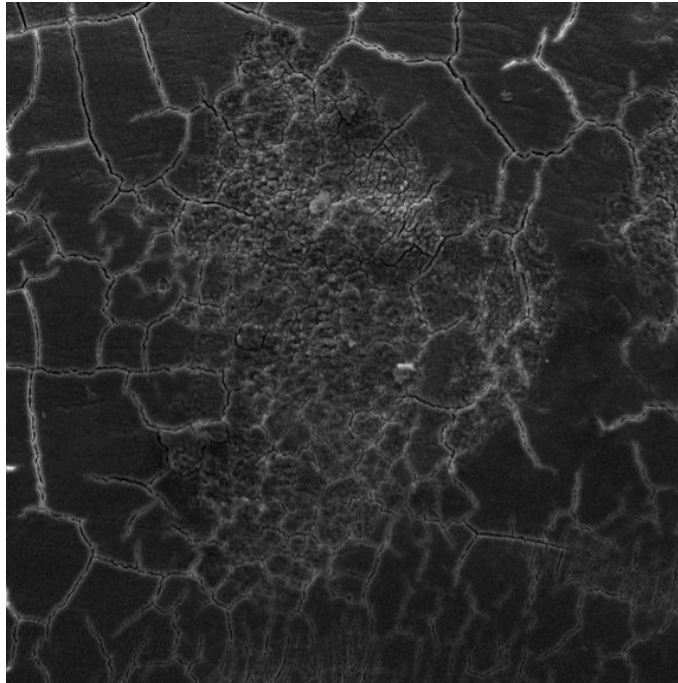
Сл. бр. 16: Дводимензионален приказ на рапавоста на коренската површина кај контролната група
Fig. No. 16. Two-dimensional display of the roughness of the root surface among the control group

2. SEM анализа на микротопографијата кај површините третирани со конвенционална пародонтална терапија

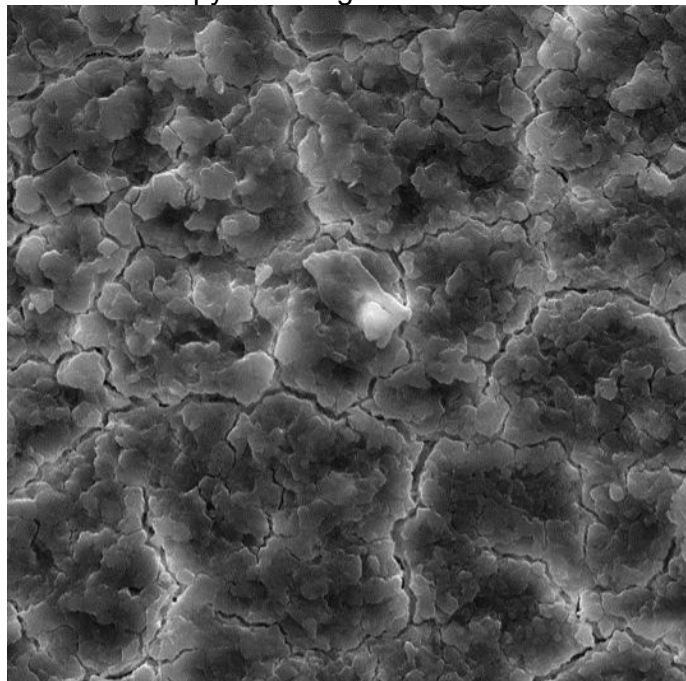
Во делот кој следува презентирани се микрофотографии од испитуваните површини на кои беше изведена конвенционална терапија добиени по соодветна SEM анализа. Прикажани се најрепрезентативните примероци. И кај оваа испитувана група направени се повеќе фотографии на различни зголемувања, бидејќи промените зависат од самото зголемување.



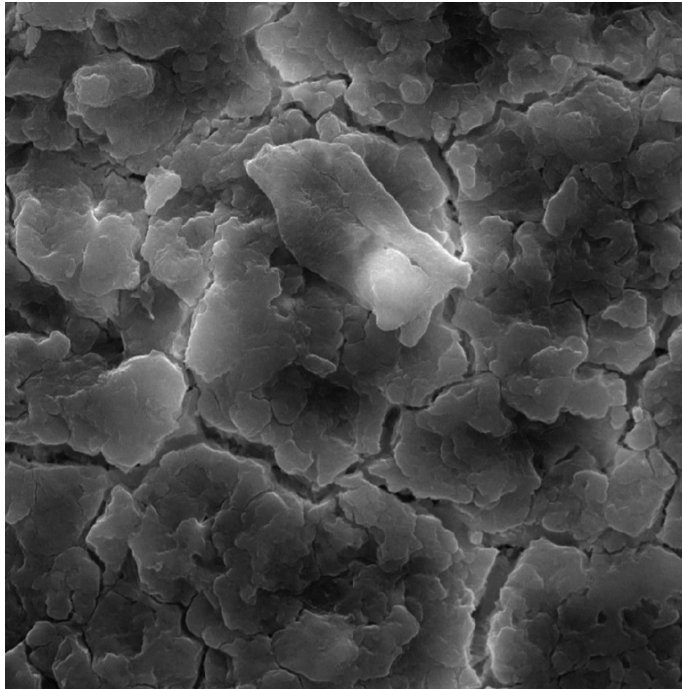
Сл. бр. 17: Микрофотографија на коренска површина на заб третиран со конвенционална терапија со зголемување 88x
Fig. No. 17. Micrography of the root surface of a tooth treated with conventional therapy with magnification of 88x



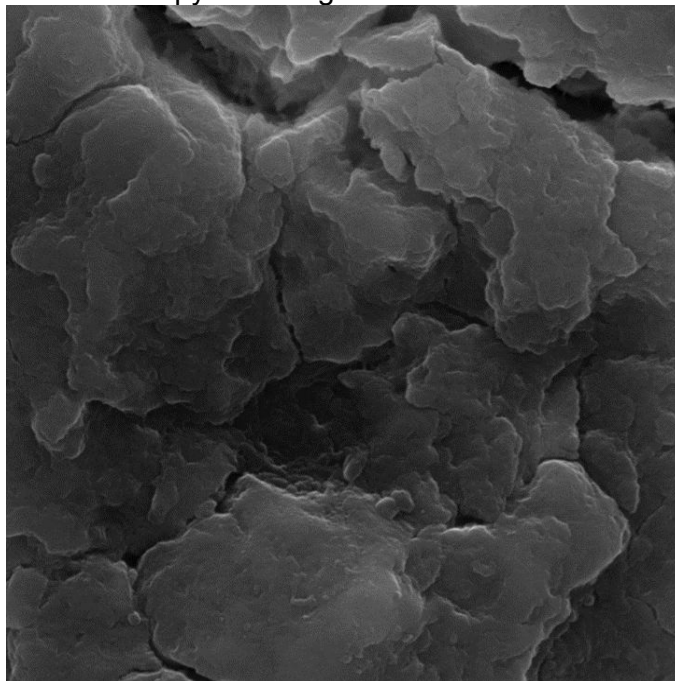
Сл. бр. 18: Микрофотографија на коренска површина на заб третиран со
конвенционална терапија со зголемување 208x
Fig. No. 18. Micrography of the root surface of a tooth treated with conventional
therapy with magnification of 208x



Сл. бр. 19: Микрофотографија на коренска површина на заб третиран со
конвенционална терапија со зголемување 1440x
Fig. No. 19. Micrography of the root surface of a tooth treated with conventional
therapy with magnification of 1,44kx

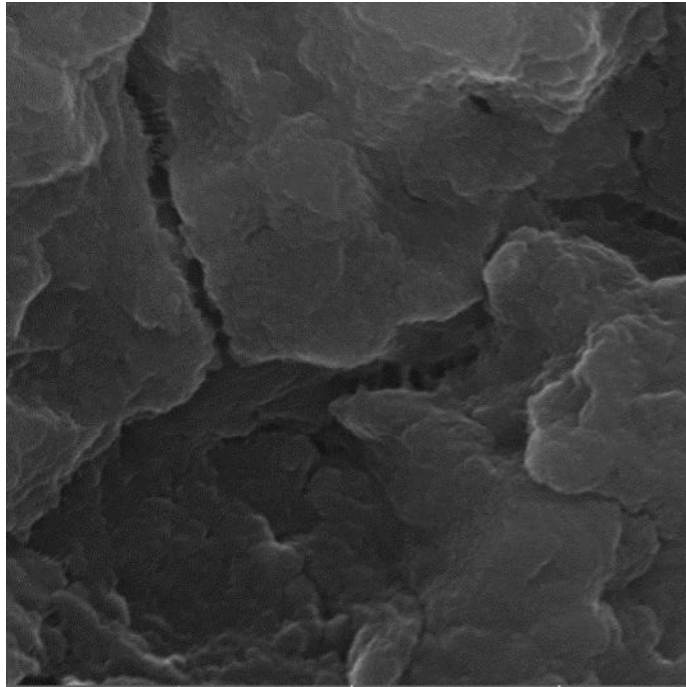


Сл. бр. 20: Микрофотографија на коренска површина на заб третиран со
конвенционална терапија со зголемување 3010x
Fig. No. 20. Micrography of the root surface of a tooth treated with conventional
therapy with magnification of 3.01kx

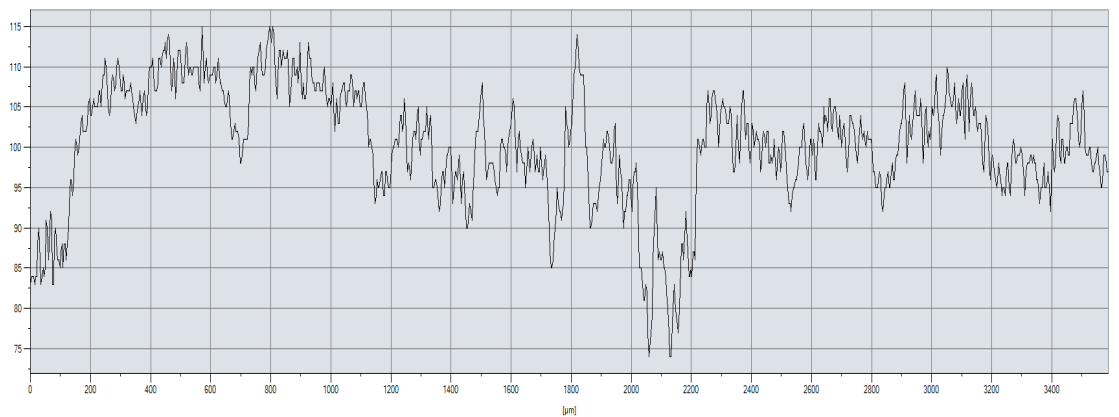


Сл. бр. 21: Микрофотографија на коренска површина на заб третиран со
конвенционална терапија со зголемување 10100x
Fig. No. 21. Micrography of the root surface of a tooth treated with conventional
therapy with magnification of 10.1kx

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**



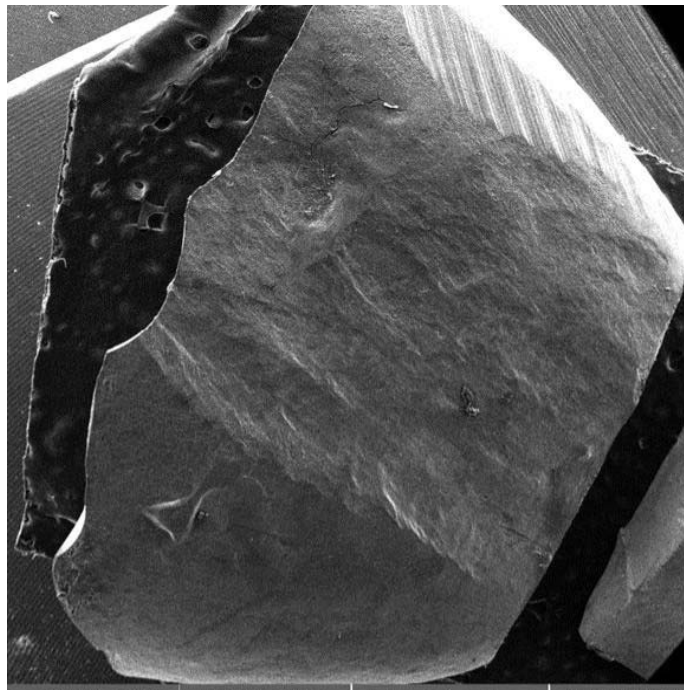
Сл. бр. 22: Микрофотографија на коренска површина на заб третиран со конвенционална терапија со зголемување 28500x
Fig. No. 22. Micrography of the root surface of a tooth treated with conventional therapy with magnification of 28,5kx



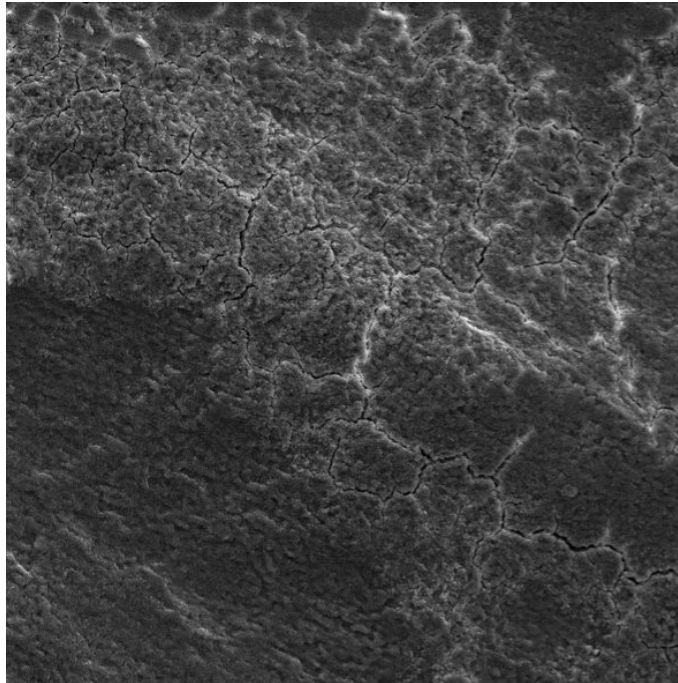
Сл. бр. 23. Дводимензионален приказ на рапавоста на коренската површина кај коренските површини третирани со конвенционална терапија
Fig. No. 23. Two-dimensional display of root surface roughness in root surfaces treated with conventional therapy

3. СЕМ анализа на микротопографијата кај површините третирани со ласерски потпомогната пародонтална терапија

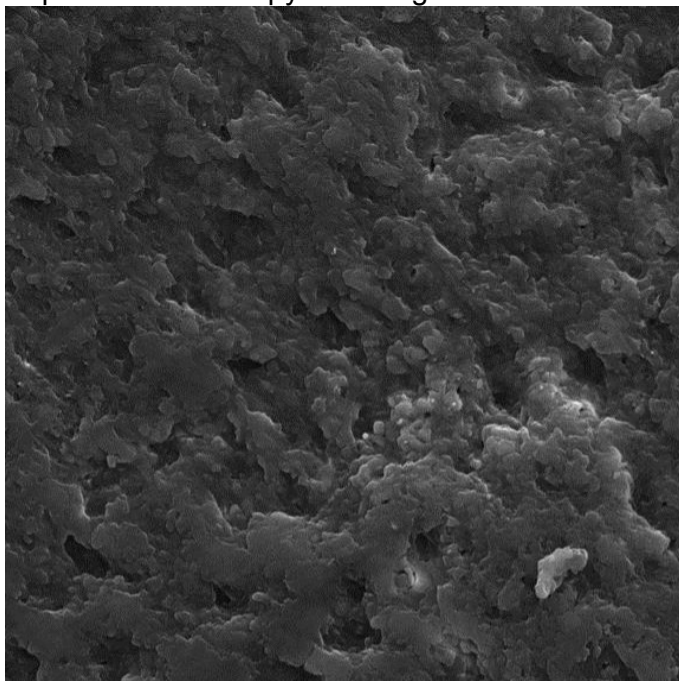
Во делот што следува презентирани се најрепрезентативните микрофотографии во различни зголемувања од коренските површини кои се третирани со ласерски потпомогната пародонтална терапија. Фотографиите се подредени последователно во зависност од зголемувањето.



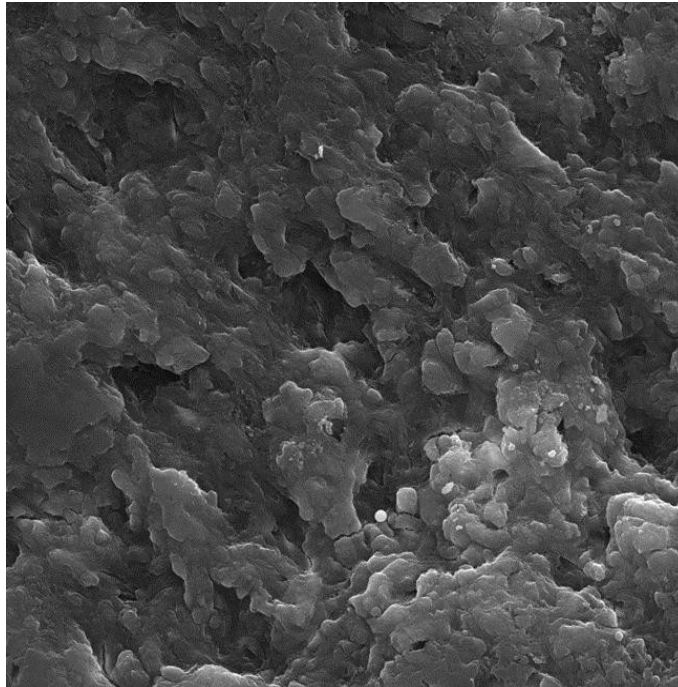
Сл. бр. 24: Микрофотографија на коренска површина на заб третиран со ласерски потпомогната пародонтална терапија со зголемување 27x
Fig. No. 24. Micrography of the root surface of a tooth treated with laser-assisted periodontal therapy with magnification of 27x



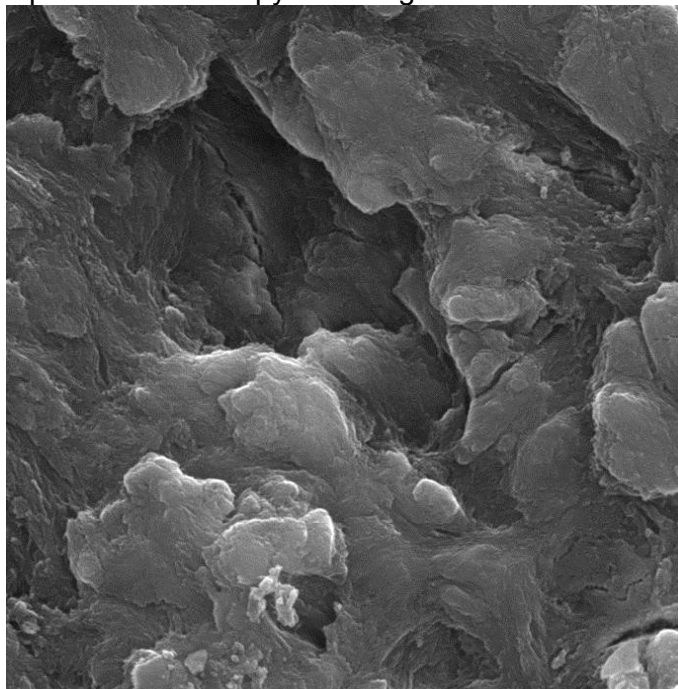
Сл. бр. 25: Микрофотографија на коренска површина на заб третиран со ласерски потпомогната пародонтална терапија со зголемување 219x
Fig. No. 25. Micrography of the root surface of a tooth treated with laser-assisted periodontal therapy with magnification of 219x



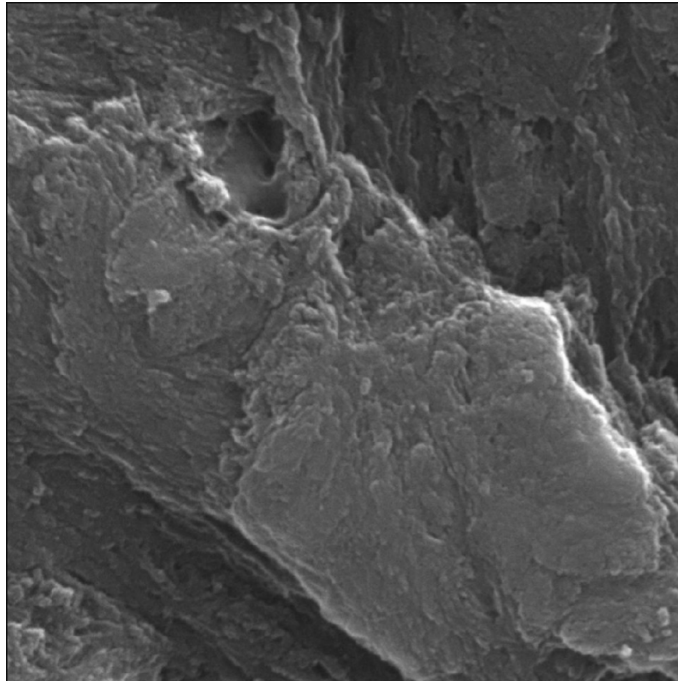
Сл. бр. 26: Микрофотографија на коренска површина на заб третиран со ласерски потпомогната пародонтална терапија со зголемување 1570x
Fig. No. 26. Micrography of the root surface of a tooth treated with laser-assisted periodontal therapy with magnification of 1.57kx



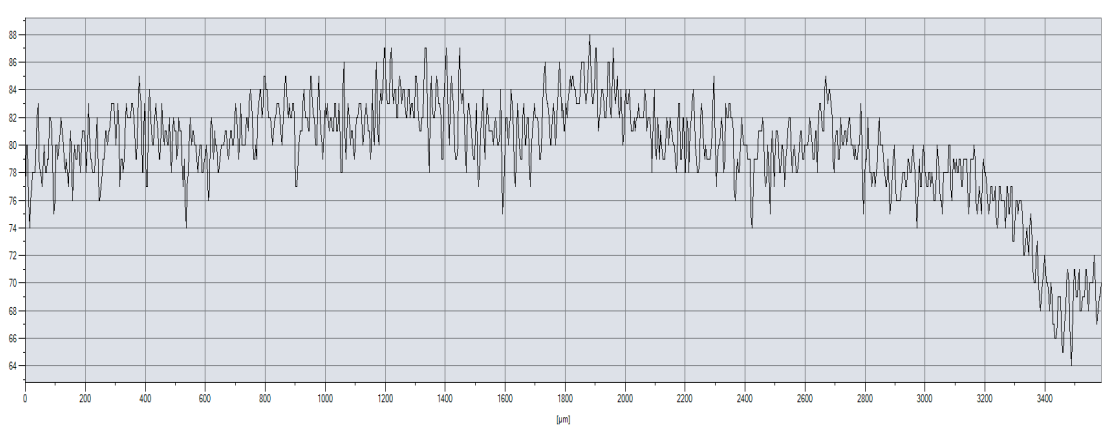
Сл. бр. 27: Микрофотографија на коренска површина на заб третиран со ласерски потпомогната пародонтална терапија со зголемување 3060x
Fig. No. 27. Micrography of the root surface of a tooth treated with laser-assisted periodontal therapy with magnification of 3.06kx



Сл. бр. 28: Микрофотографија на коренска површина на заб третиран со ласерски потпомогната пародонтална терапија со зголемување 10000x
Fig. No. 28. Micrography of the root surface of a tooth treated with laser-assisted periodontal therapy with magnification of 10.0kx



Сл. бр. 29: Микрофотографија на коренска површина на заб третиран со ласерски потпомогната пародонтална терапија со зголемување 27800x
Fig. No. 29. Micrography of the root surface of a tooth treated with laser-assisted periodontal therapy with magnification of 27.8kx



Сл. бр. 30. Двостранен приказ на рапавоста на коренската површина од заби третирани со ласерски потпомогната терапија
Fig. No. 30. Two-dimensional display of root surface roughness in root surfaces treated with laser assisted therapy

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

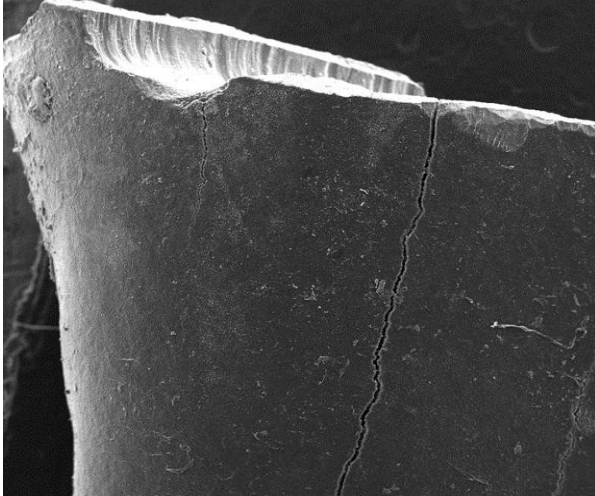
Врз основа на добиените резултати од анализата со помош на арбитражната скала и графичките прикази кај третираните коренски површини се забележува:

- (1) Кај помалите зголемувања присутни се бројни гребаници и пукнатини и одреден степен на ирегуларна рапавост во различни правци што укажува на лесна површинска алтерација.
- (2) Кај поголемите зголемувања присутни се невообичаени саќести формации, присуство на рамни засеци, како и ирегуларни остри зашилени кратери.

Она што мора да се наспомене на ова место е фактот дека нотираниите промени се зависни од големината на анализираното видно поле. Во суштина, добиените податоци кои се однесуваат на површинската рапавост зависат од различните мерни скали и од различните нивоа на зголемување на микрофотографиите.

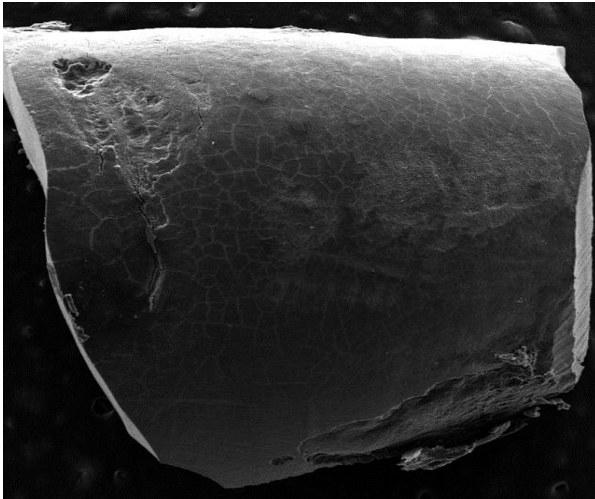
За да може да се направи компаративна анализа на контролната и испитуваните групи презентирани микрофотографии на истите микрографски зголемувања меѓу 55 и 28 500 пати, од секоја од групите.

1. Зголемувања меѓу 55 и 88 пати



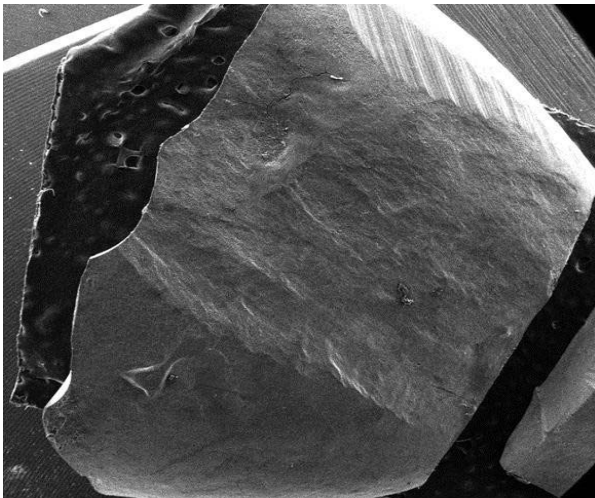
Сл. бр. 31: Микрофотографија на коренска површина на заб од контролната група со зголемување 66x

Fig. No. 31. Micrography of the root surface of a tooth from a control group with a magnification of 66x



Сл. бр. 32: Микрофотографија на коренска површина на заб третиран со конвенционална терапија со зголемување 88x

Fig. No. 32. Micrography of the root surface of a tooth treated with conventional therapy with magnification of 88x



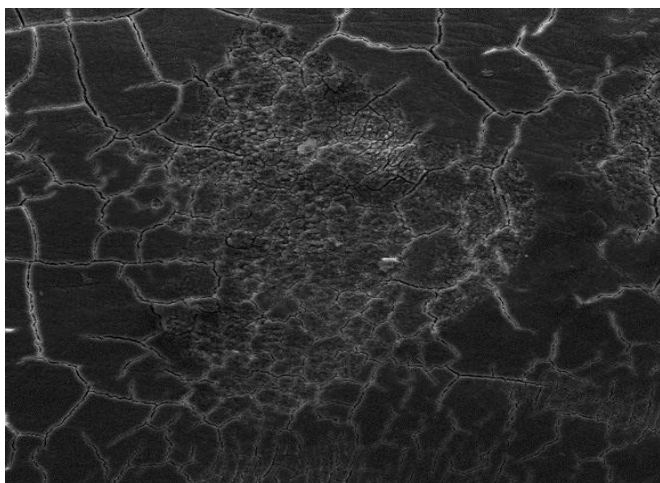
Сл. бр. 33: Микрофотографија на коренска површина на заб третиран со ласерски потпомогната пародонтална терапија со зголемување 27x

Fig. No. 33. Micrography of the root surface of a tooth treated with laser-assisted periodontal therapy with magnification of 27x

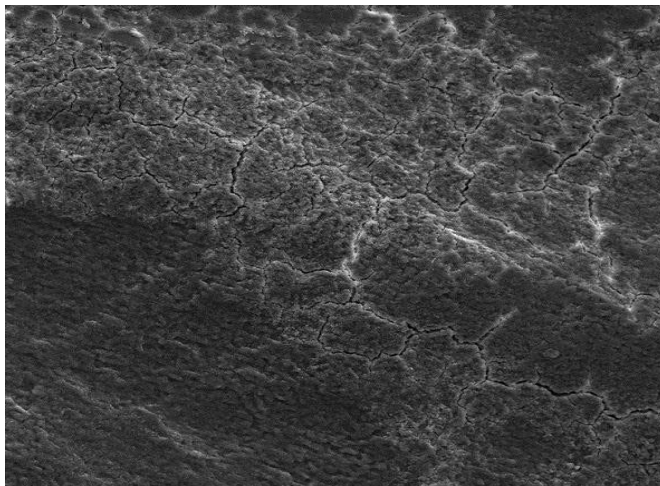
2. Зголемувања меѓу 208 и 219 пати



Сл. бр: 34. Микрофотографија на коренска површина на заб од контролната група со зголемување 209x
Fig. No. 34. Micrography of the root surface of a tooth from a control group with a magnification of 209x

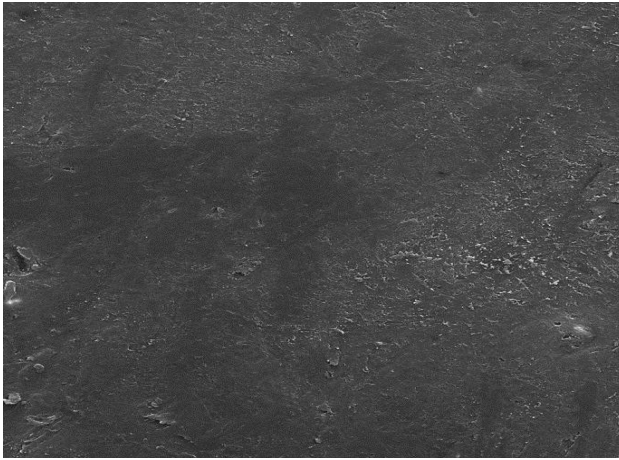


Сл. бр. 35: Микрофотографија на коренска површина на заб третиран со конвенционална терапија со зголемување 208x
Fig. No. 35. Micrography of the root surface of a tooth treated with conventional therapy with magnification of 208x

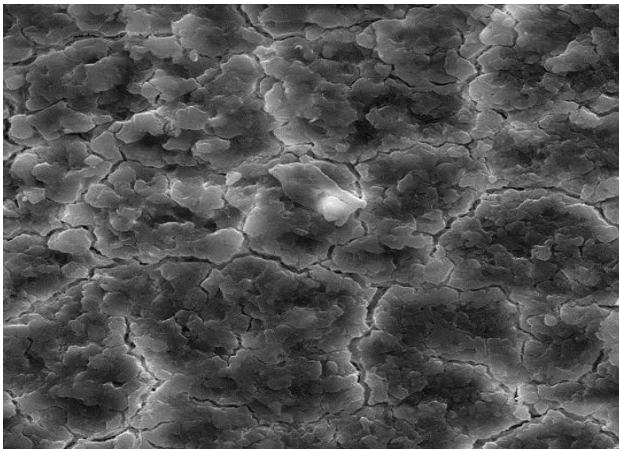


Сл. бр. 36: Микрофотографија на коренска површина на заб третиран со ласерски потпомогната пародонтална терапија со зголемување 219x
Fig. No. 36. Micrography of the root surface of a tooth treated with laser-assisted periodontal therapy with magnification of 219x

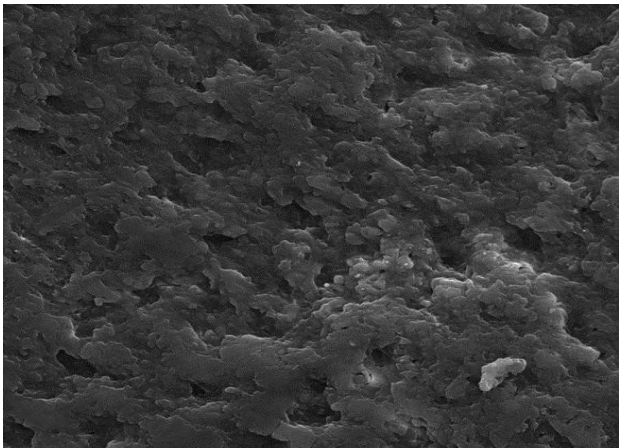
3. Зголемувања меѓу 1440 и 1590 пати



Сл. бр. 37: Микрофотографија на коренска површина на заб од контролната група со зголемување 1590 x
Fig. No. 37. Micrography of the root surface of a tooth from a control group with a magnification of 1,59kx

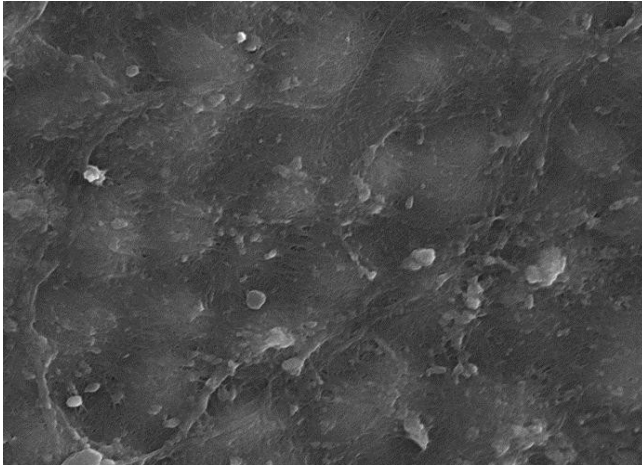


Сл. бр. 38: Микрофотографија на коренска површина на заб третиран со конвенционална терапија со зголемување 1440x
Fig. No. 38. Micrography of the root surface of a tooth treated with conventional therapy with magnification of 1,44kx

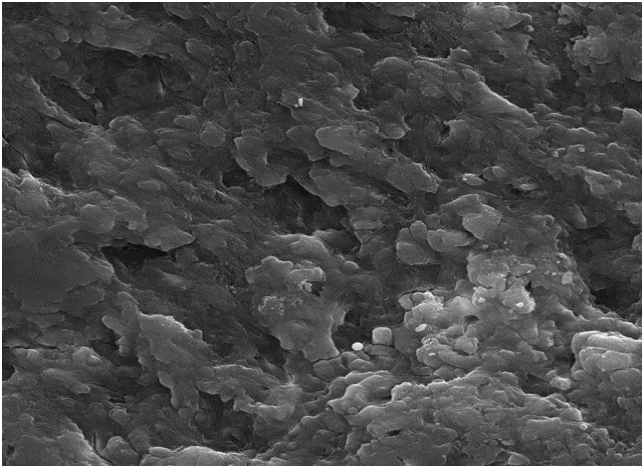


Сл. бр. 39: Микрофотографија на коренска површина на заб третиран со ласерски потпомогната пародонтална терапија со зголемување 1570x
Fig. No. 39. Micrography of the root surface of a tooth treated with laser-assisted periodontal therapy with magnification of 1.57kx

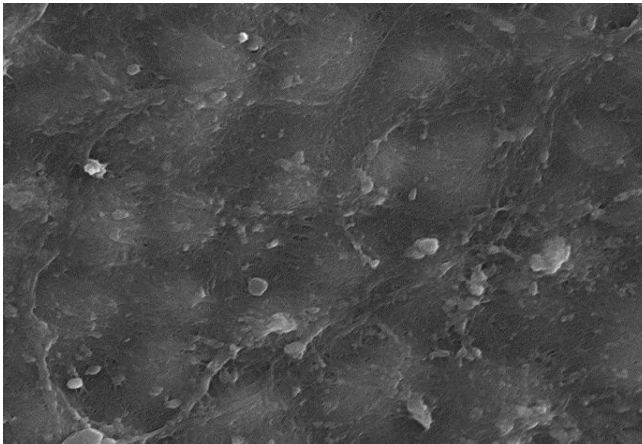
4. Зголемувања меѓу 3010 и 3120 пати



Сл. бр. 40: Микрофотографија на коренска површина на заб од контролната група со зголемување 3120x
Fig. No. 40. Micrography of the root surface of a tooth from a control group with a magnification of 3.12kx

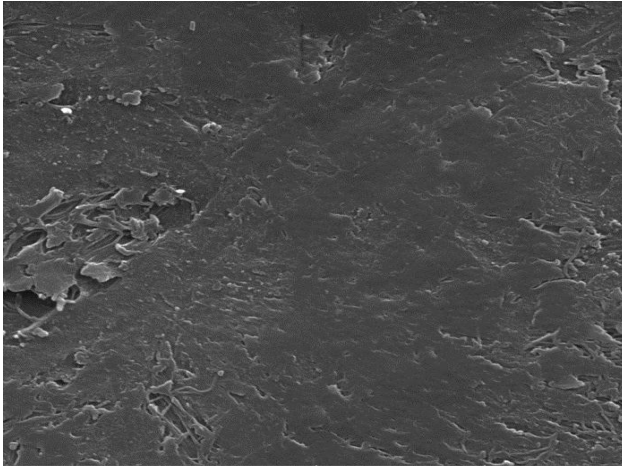


Сл. бр. 41: Микрофотографија на коренска површина на заб третиран со конвенционална терапија со зголемување 3010x
Fig. No. 41. Micrography of the root surface of a tooth treated with conventional therapy with magnification of 3.01kx

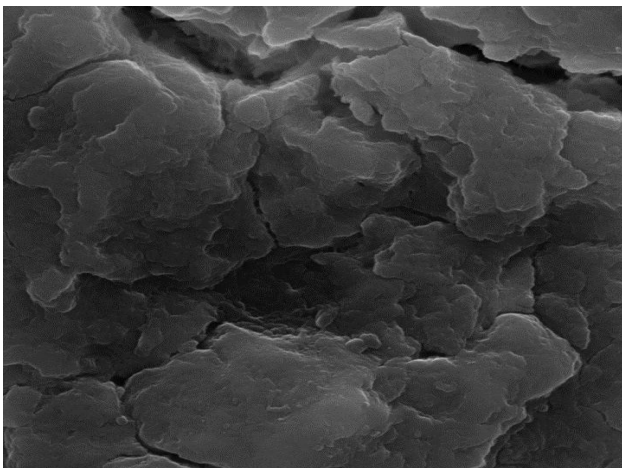


Сл. бр. 42: Микрофотографија на коренска површина на заб третиран со ласерски потпомогната пародонтална терапија со зголемување 3060x
Fig. No. 42. Micrography of the root surface of a tooth treated with laser-assisted periodontal therapy with magnification of 3.06kx

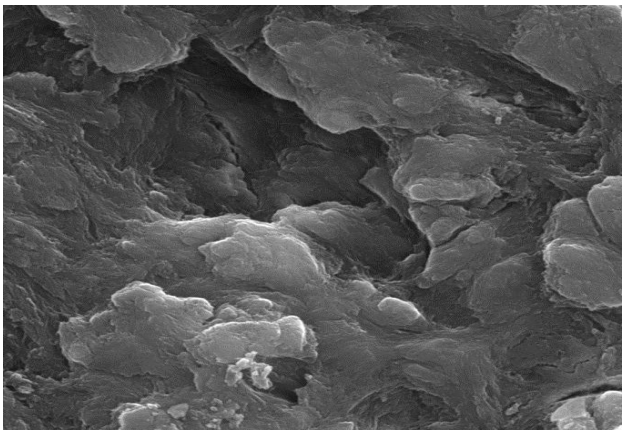
5. Зголемувања меѓу 10 000 и 10 200 пати



Сл. бр. 43: Микрофотографија на коренска површина на заб од контролната група со зголемување 10200 x
Fig. No. 14. Micrography of the root surface of a tooth from a control group with a magnification of 10,2kx

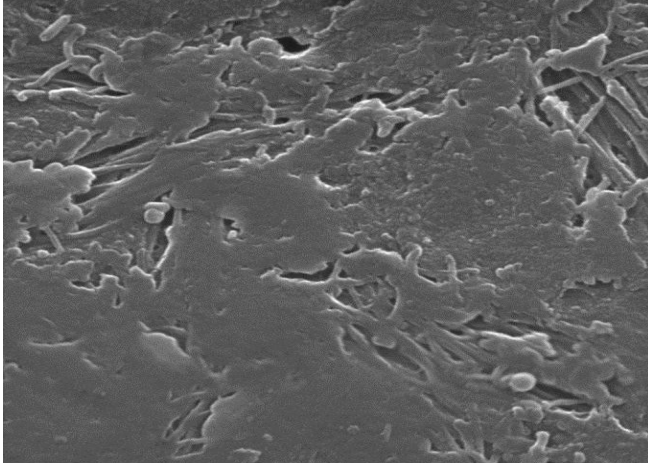


Сл. бр. 44: Микрофотографија на коренска површина на заб третиран со конвенционална терапија со зголемување 10100x
Fig. No. 21. Micrography of the root surface of a tooth treated with conventional therapy with magnification of 10.1kx

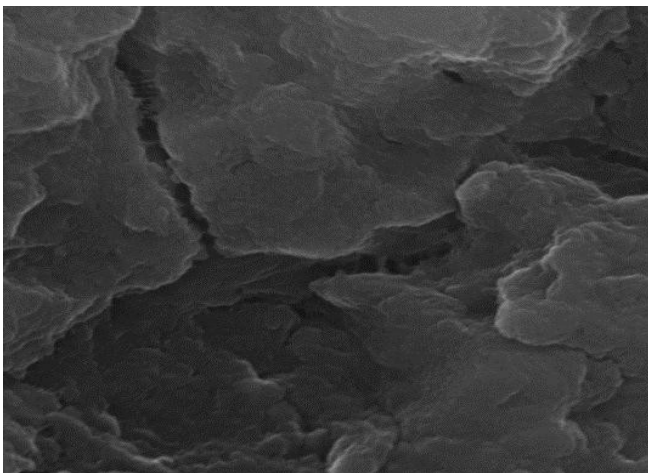


Сл. бр. 45: Микрофотографија на коренска површина на заб третиран со ласерски потпомогната пародонтална терапија со зголемување 10000x
Fig. No. 45. Micrography of the root surface of a tooth treated with laser-assisted periodontal therapy with magnification of 10.0kx

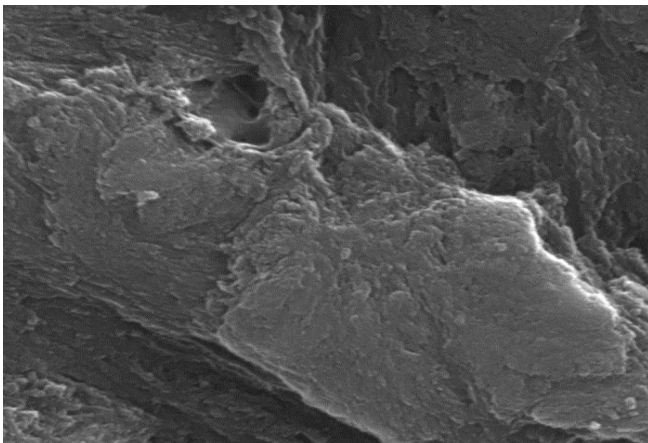
6. Зголемувања меѓу 27 800 и 28 500 пати



Сл. бр. 46: Микрофотографија на коренска површина на заб од контролната група со зголемување од 28 200x
Fig. No. 46. Micrography of the root surface of a tooth treated with conventional therapy with magnification of 28,5kx



Сл. бр. 47: Микрофотографија на коренска површина на заб третиран со конвенционална терапија со зголемување 28 500x
Fig. No. 47. Micrography of the root surface of a tooth treated with conventional therapy with magnification of 28,5kx



Сл. бр. 48: Микрофотографија на коренска површина на заб третиран со ласерски потпомогната пародонтална терапија со зголемување 27 800x
Fig. No. 48. Micrography of the root surface of a tooth treated with laser-assisted periodontal therapy with magnification of 27.8kx

**КЛАСИФИКАЦИЈА НА ЕКСПРЕСИЈАТА И ПРОГРЕСИЈАТА НА
ФИЗИЧКИТЕ ПРОМЕНИ НА ПОВРШИНАТА НА КОРЕНОТ**

На табелите кои следуваат прикажани се податоците кои се однесуваат на експресијата и прогресијата на физичките промени кои се присутни кај нетретираниите - здрави коренски површини (контролна група) и добиените промени кај забите третирани со конвенционална терапија и третирани со ласер потпомогната пародонтална терапија. Степенувањето на напреднатоста на промените беше евалуирана според арбитрарната скала за проценка од седум степени презентирани од Schwarz и соработниците од 2001 година.

Таб. бр. 3: Проценка на експресијата и прогресијата на физичките промени на коренските површини кај контролната група

Tab. No. 3. Assessment of the physical changes of the root surfaces in the control group

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	2	1	2	2	1	2	1	2	2	2	1	2	2	1	2	2	1	1	2

Врз основа на забележаните податоци утврдено е дека просечната вредност за физичките промени кои се присутни на нетретираниите - здрави коренски површини изнесува $1,6 \pm 0,50$. Според тоа станува збор за лесна површинска алтерција.

Таб. бр. 4: Проценка на физичките промени на коренските површини третирани со конвенционална терапија

Tab. No. 4. Assessment of the physical changes of the root surfaces treated with conventional therapy

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
6	7	6	6	5	5	6	6	7	6	7	6	5	5	6	6	7	6	5	5

На табела бр. 4. презентирани се вредностите кои се однесуваат на физичките промени кај забите третирани со конвенционална терапија. Врз основа на податоците може да се забележи дека вредностите варираат во

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

интервалот $5,9 \pm 0,72$. Според просечната вредност може да се забележи дека станува збор напредната површинска алтерација.

Таб. бр. 5: Проценка на физичките промени на коренските површини кај коренските површини третирани со ласер асистирани терапија
Tab. No. 5. Assessment of the physical changes of the root surfaces treated with laser assisted therapy

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
4	3	4	3	5	3	3	4	3	5	3	3	4	3	4	3	3	4	2	5

Според обработените податоци кои се однесуваат на физичките промени кај коренските површини кои се третирани со ласерски асистирани пародонтална терапија може да се забележи дека истите се во границите од $3,55 \pm 0,71$, односно станува збор за умерена површинска алтерација.

После спроведената корелативна анализа во однос на физичките промени кој настануваат кај здравите коренски површини (контролната група) и кај забите третирани со конвенционална терапија забележано е дека постои значителна разлика на вредности за $p < .00001$. Овој резултат укажува на тоа дека кај забите кај кои е спроведена конвенционална пародонтална терапија постојат статистички значително поголеми промени во изразеноста и напреднатост на промените во однос на нетретирани здрави коренски површини. (Таб. бр. 6.)

Таб. бр. 6: Сооднос на физичките промени на коренските површини од контролната група и кај тие третирани со конвенционална пародонтална терапија
Tab. No. 6. Correlation of the physical changes of the root surfaces from control group and those from teeth treated with conventional periodontal therapy

Difference	4.300
Standard error	0.196
95% CI	3.9032 to 4.6968
t-statistic	21.938
DF	38
Significance level	$P < 0.0001$

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

Таб. бр. 7: Сооднос на физичките промени на коренските површини од контролната група и кај тие третирани со ласерски потпомогната пародонтална терапија

Tab. No. 7. Correlation of the physical changes of the root surfaces from control group and those from teeth treated with laser assisted periodontal therapy

Difference	1.950
Standard error	0.194
95% CI	1.5569 to 2.3431
t-statistic	10.042
DF	38
Significance level	P < 0.0001

Врз основа на Mann-Whitney U Test за одредување на корелацијата помеѓу експресијата и прогресијата на физичките промени кои настануваат кај контролната група и на коренските површини третирани со ласерски потпомогната пародонтална терапија презентирани во табела бр. 7, може да се забележи значителна разлика помеѓу вредностите за $p < .00001$. Врз основа на резултатите може да се забележи дека кај коренските површини кои се третирани со ласерски асистирани пародонтална терапија постојат статистички значително поголеми промени на површината во однос на нетретирани и здрави коренски површини.

Таб. бр. 8: Сооднос на физичките промени на коренските површини од заби третирани со конвенционална и ласерски потпомогната пародонтална терапија

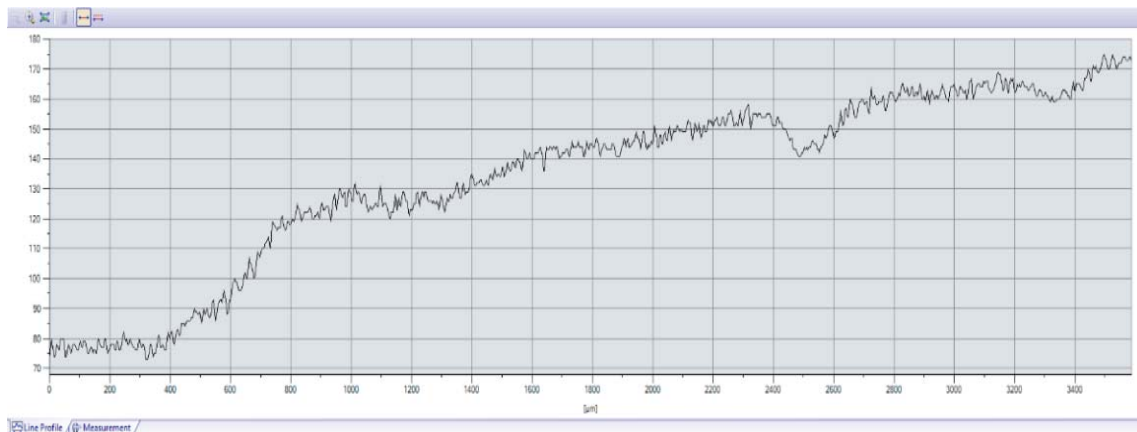
Tab. No. 8. Correlation of the physical changes of the root surfaces from teeth treated with conventional and laser assisted periodontal therapy

Difference	2.350
Standard error	0.226
95% CI	1.8923 to 2.8077
t-statistic	10.393
DF	38
Significance level	P < 0.0001

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

И за крај, по спроведената компарација на добиените резултати врз основа на спроведениот Mann-Whitney U Test за одредување на корелацијата помеѓу експресијата и прогресијата на физичките промени кои настануваат кај коренските површини третирани со конвенционална терапија и на коренските површини третирани со ласерски потпомогната пародонтална терапија презентирани во табела бр. 8, може да се забележи значителна разлика помеѓу вредностите за $p < .00001$. Врз основа на анализата може да се заклучи дека кај забите кои се третирани со конвенционална пародонтална терапија постои статистички сигнификантно поголема експресија и прогресија на физичките промени на коренските површини во однос на истите добиени од заби третирани со ласерски потпомогната пародонтална терапија.

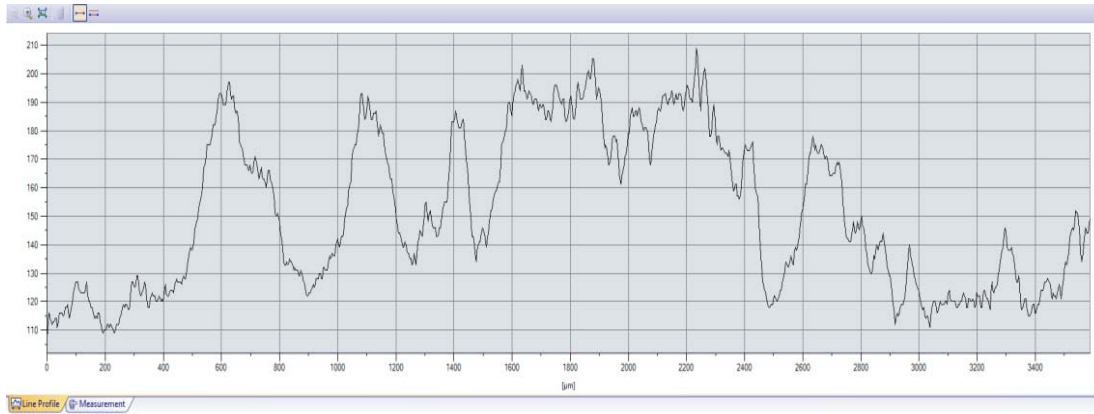
Следуваат дводимензионални прикази на рапавоста на испитуваниот примерок добиени со помош на SEM анализа од контролната група, од заби на кои е изведена конвенционална терапија и од заби на кои е спроведена ласерски потпомогната пародонтална терапија. (сл. бр. 49-51)



Сл. бр. 49: Дводимензионален приказ на рапавоста на коренската површина кај контролната група

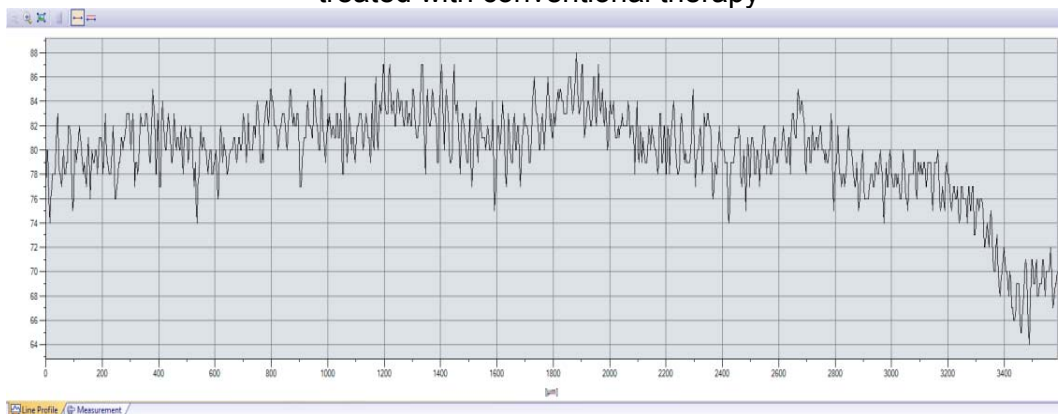
Fig. No.49. Two-dimensional display of the roughness of the root surface among the control group

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**



Сл. бр. 50: Дводимензионален приказ на рапавоста на коренската површина третирана со конвенционална терапија

Fig. No. 50. Two-dimensional display of root surface roughness in root surfaces treated with conventional therapy



Сл. бр. 51: Дводимензионален приказ на рапавоста на коренската површина третирана со ласерски потпомогната терапија

Fig. No. 51. Two-dimensional display of root surface roughness in root surfaces treated with laser assisted therapy

Истите резултати укажуваат дека напредната алтерација на третираните коренските површини се појавува после конвенционално спроведен третман. За разлика од конвенционалната, кај СЕМ спроведената анализа на ласерски третираните површини добиена е умерена површинска алтерација.

Од горе добиените податоци после спроведената анализа со помош на користење на арбитраната скала и графичката анализа, јасно произлегува дека степенот на експресија и прогресија на физичките промени кај третираните заби се зголемува.

(б) АФМ Анализа

Со помош на AFM извршена е анализа на испитуваните површини на контролната група и на површините добиени од забите на кои се изведени или конвенционална или ласерски потпомогната пародонтална терапија.

На почетокот се претставени микрофотографии во боја, а подоцна се дадени нумеричките вредности и соодветната статистичка анализа. Врз основа на добиените микрофотографии може да се забележи дека кај испитуваните примероци се среќаваат бројни морфолошки разлики. Висинските варијации во примерокот на микрофотографиите се претставени со разлики во нијанси на боја, каде што белата боја ги претставува највисоките карактеристики, а темните одговараат на најниски карактеристики на скалата. Нивото на нијанси во секоја позиција на површината претставува различна длабочина на површината на примерокот.

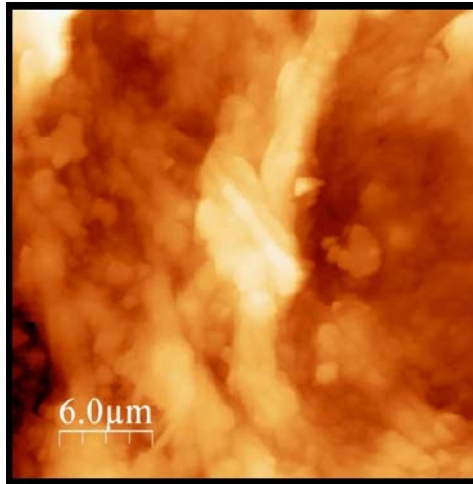
Во однос на параметрите што се користат за опишување на рапавоста, користени се нумеричките вредности кои се однесуваат на:

- RMS рапавост (Rz)
- Просечна рапавост (Ra)
- Просечна висина
- Surface Skewness
- Surface Kurtosis.

За соодветна анализа беше користен софтвер на кои директно се отчитуваат бараните параметри.

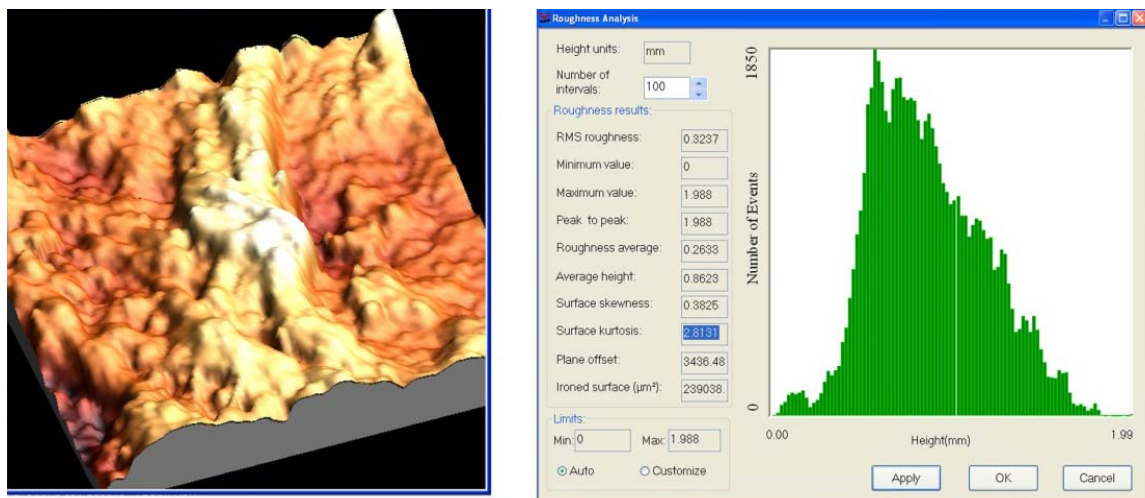
1. AFM анализа кај контролната група

Во делот кој следува презентирани се микрофотографии од изведената АФМ анализа на испитуваните површини кај контролната група.



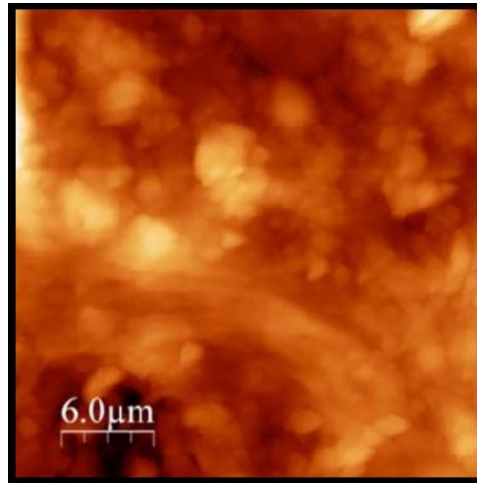
Сл. бр. 52: Дводимензионален приказ на рапавоста на коренската површина кај контролната група - 1

Fig. No. 52. Two-dimensional display of root surface roughness among control group-1

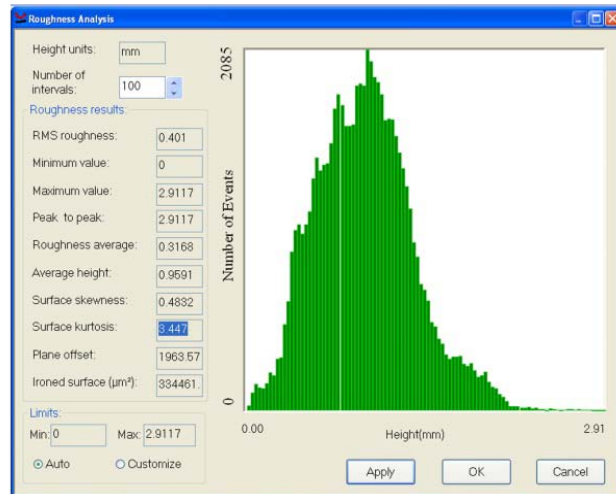
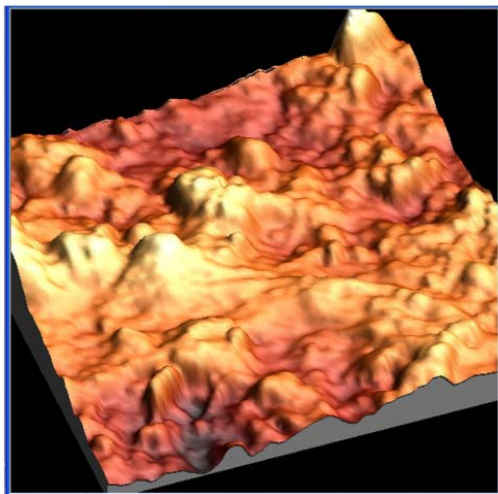


Сл. бр. 53: Хистограм и тридимензионален приказ на рапавоста на коренската површина кај контролната група - 1

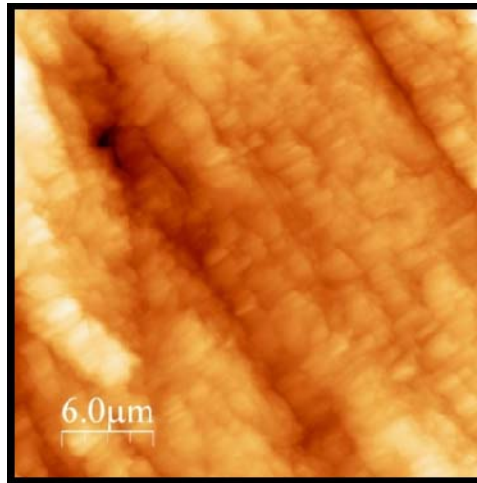
Fig. No. 53. Histogram and three-dimensional display of root surface roughness among control group-1



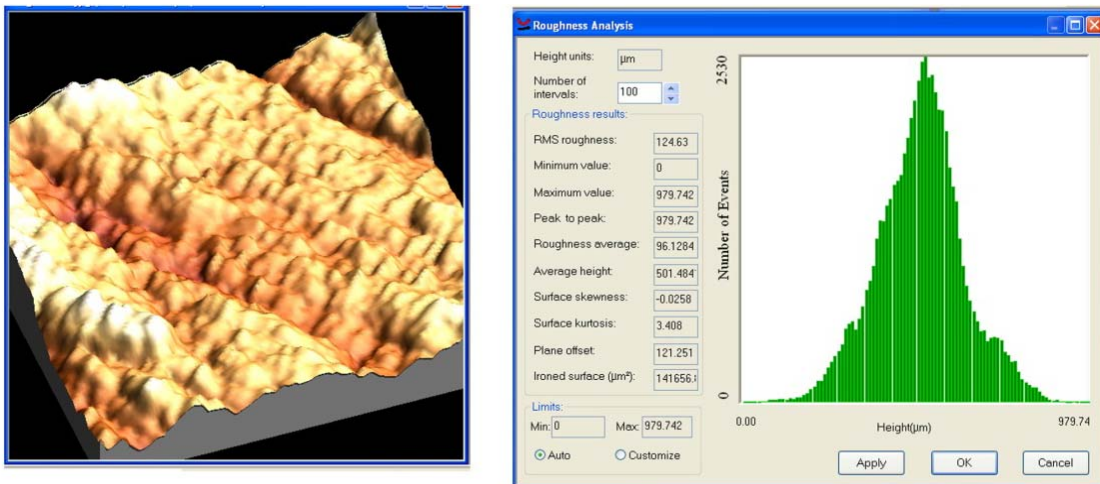
Сл. бр. 54: Дводимензионален приказ на рапавоста на коренската површина кај контролната група - 2
Fig. No. 54. Two-dimensional display of root surface roughness among control group-2



Сл. бр. 55: Хистограм и тридимензионален приказ на рапавоста на коренската површина кај контролната група - 2
Fig. No. 55. Histogram and three-dimensional display of root surface roughness among control group-2



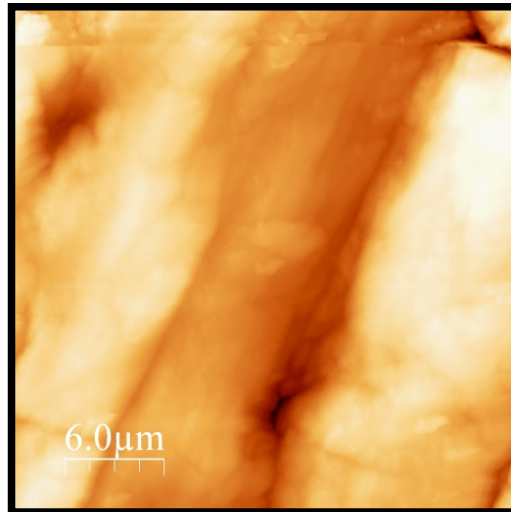
Сл. бр. 56: Дводимензионален приказ на рапавоста на коренската површина кај контролната група - 3
Fig. No. 56. Two-dimensional display of root surface roughness among control group-3



Сл. бр. 57: Хистограм и тридимензионален приказ рапавоста на коренската површина кај контролната група - 3
Fig. No. 57. Histogram and three-dimensional display of root surface roughness among control group-3

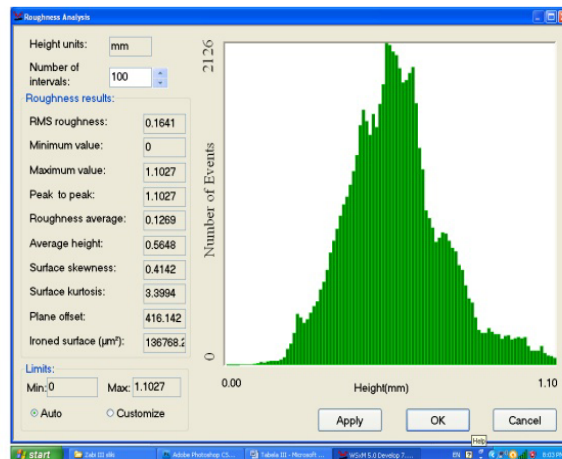
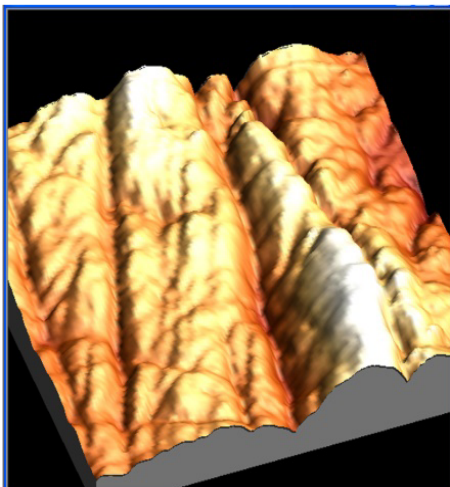
Б) AFM анализа на коренски површини третирани со конвенционална терапија

Во делот кој следува презентирани се микрофотографии од спроведената анализа на коренските површини третирани со конвенционална пародонтална терапија.



Сл. бр. 58: Дводимензионален приказ на рапавоста на коренската површина
кај заби третирани со конвенционална терапија - 1

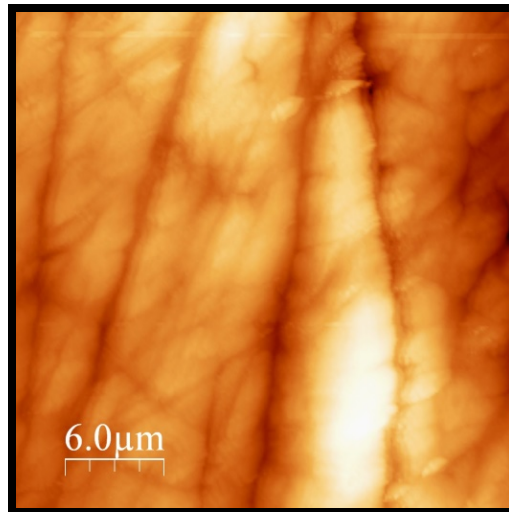
Fig. No. 58. Two-dimensional display of root surface roughness on root surfaces
treated with conventional therapy-1



Сл. бр. 59: Хистограм и тридимензионален приказ на рапавоста на коренската
површина кај заби третирани со конвенционална терапија - 1

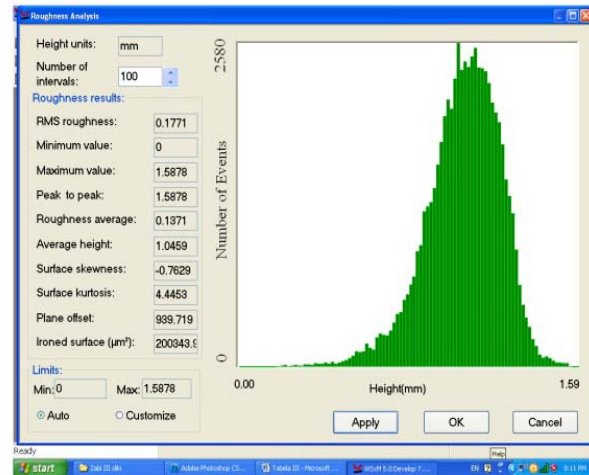
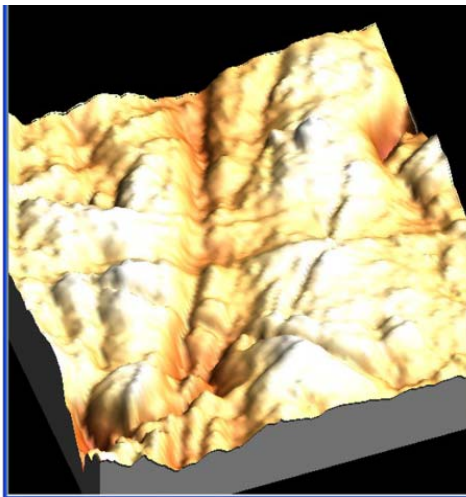
Fig. No. 59. Histogram and three-dimensional display of root surface roughness on
root surfaces treated with conventional therapy-1

АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-



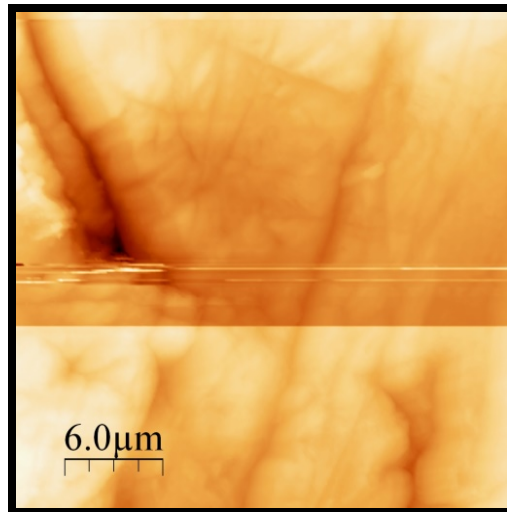
Сл. бр. 60: Дводимензионален приказ на рапавоста на коренската површина кај заби третирани со конвенционална терапија - 2

Fig. No. 60. Two-dimensional display of root surface roughness on root surfaces treated with conventional therapy-2

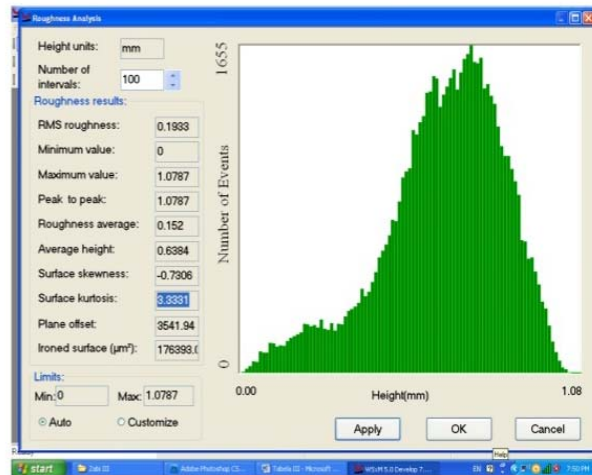
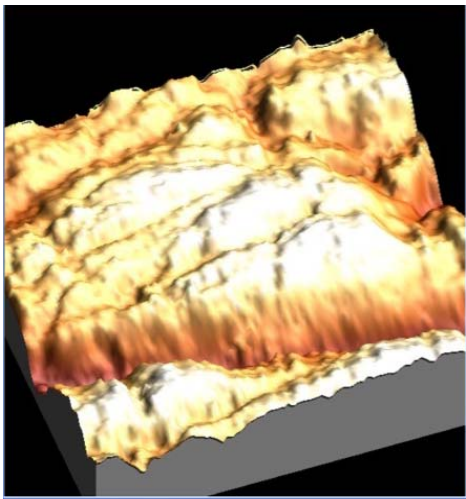


Сл. бр. 61: Хистограм и тридимензионален приказ на рапавоста на коренската површина кај заби третирани со конвенционална терапија - 2

Fig. No. 61. Histogram and three-dimensional display of root surface roughness on root surfaces treated with conventional therapy-2



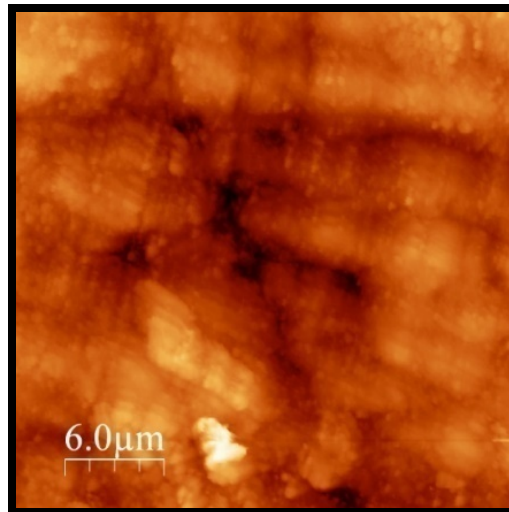
Сл. бр. 62: Дводимензионален приказ на рапавоста на коренската површина кај заби третирани со конвенционална терапија - 3
Fig. No. 62. Two-dimensional display of root surface roughness on root surfaces treated with conventional therapy-3



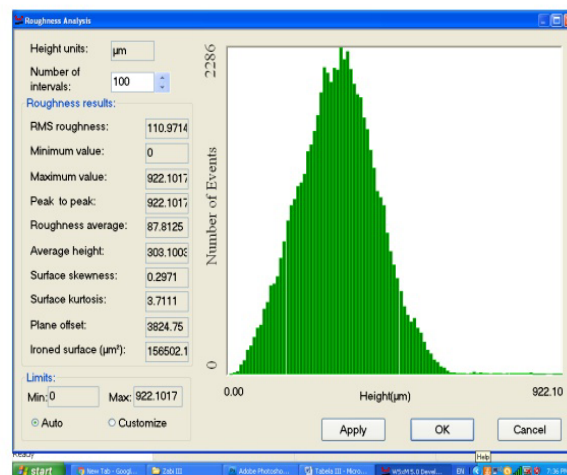
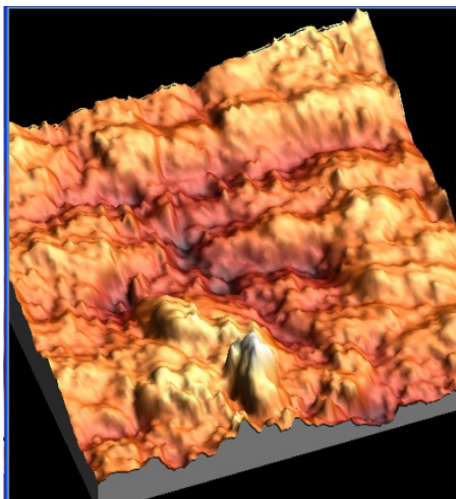
Сл. бр. 63: Хистограм и тридимензионален приказ на рапавоста на коренската површина кај заби третирани со конвенционална терапија - 3
Fig. No. 63. Histogram and three-dimensional display of root surface roughness on root surfaces treated with conventional therapy-3

В) AFM анализа кај заби третирали со ласерски потпомогната терапија

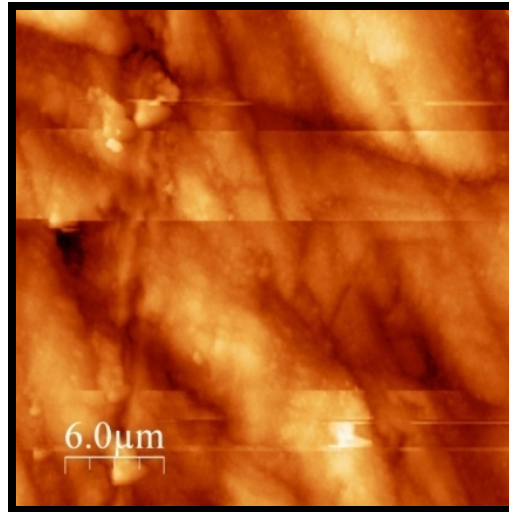
Во овој дел од трудот презентирани се фотографии во боја кои се добиени од АФМ анализата која се однесува на коренските површини на забите кај кои е изведена ласерски потпомогната пародонтална терапија.



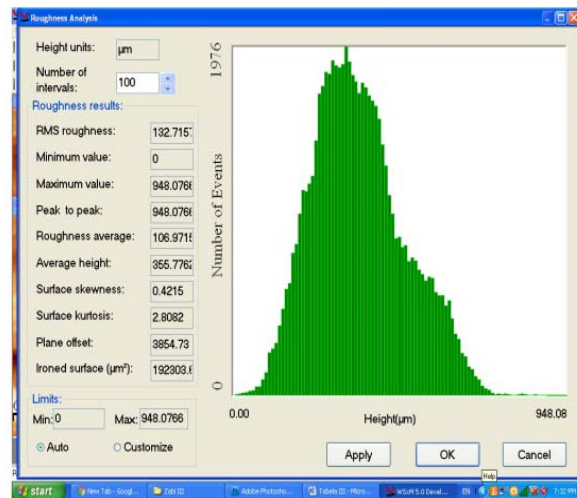
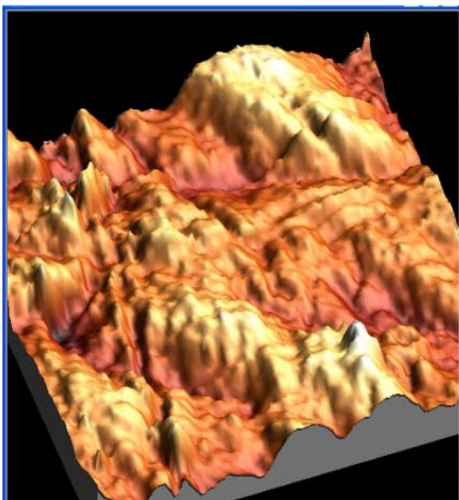
Сл. бр. 64: Дводимензионален приказ на рапавоста на коренската површина кај заби третирали со ласерски потпомогната пародонтална терапија - 1
Fig. No. 64. Two-dimensional display of root surface roughness on root surfaces treated with laser assisted periodontal therapy-1



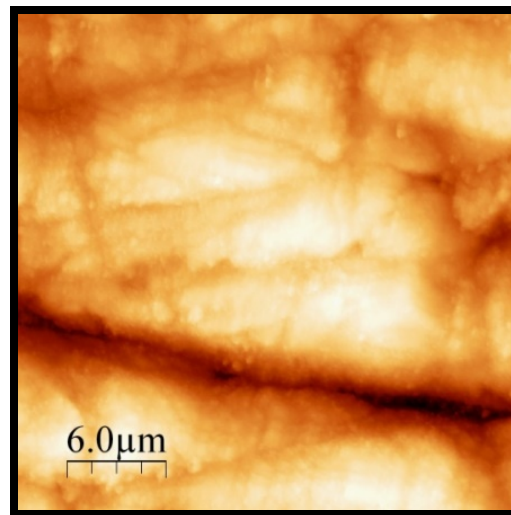
Сл. бр. 65: Хистограм и тридимензионален приказ на рапавоста на коренската површина кај заби третирали со ласерски потпомогната терапија - 1
Fig. No. 65. Histogram and three-dimensional display of root surface roughness on root surfaces treated with conventional therapy-1



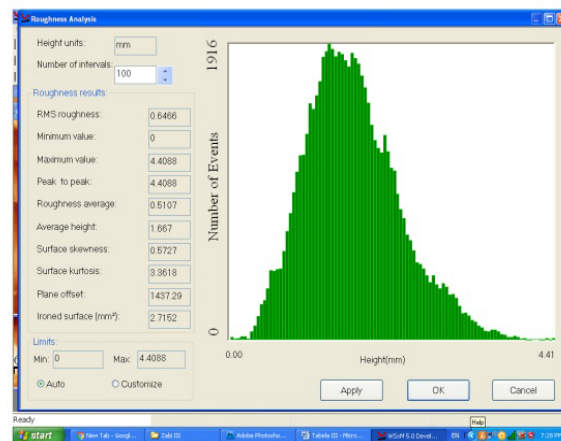
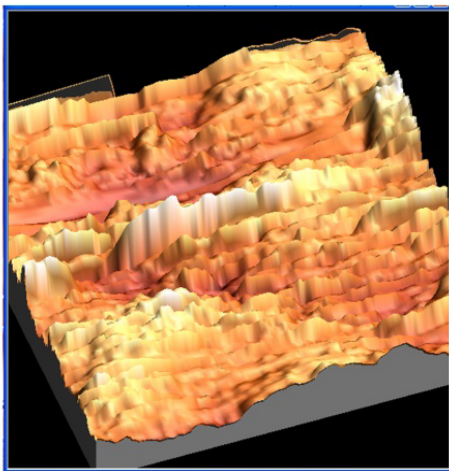
Сл. бр. 66: Дводимензионален приказ на рапавоста на коренската површина кај заби третирани со ласерски потпомогната пародонтална терапија - 2
Fig. No. 66. Two-dimensional display of root surface roughness on root surfaces treated with laser assisted periodontal therapy-2



Сл. бр. 67: Хистограм и тридимензионален приказ на рапавоста на коренската површина кај заби третирани со ласерски потпомогната терапија - 2
Fig. No. 67. Histogram and three-dimensional display of root surface roughness on root surfaces treated with conventional therapy-2



Сл. бр. 68: Дводимензионален приказ на рапавоста на коренската површина кај заби третирани со ласерски потпомогната пародонтална терапија - 3
Fig. No. 68. Two-dimensional display of root surface roughness on root surfaces treated with laser assisted periodontal therapy-3



Сл. бр. 69: Хистограм и тридимензионален приказ на рапавоста на коренската површина кај заби третирани со ласерски потпомогната терапија - 3
Fig. No. 69. Histogram and three-dimensional display of root surface roughness on root surfaces treated with conventional therapy-3

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

На табелите кои следуваат дадени се средните вредности на параметрите кои се однесуваат на површинската рапавост на секоја од испитуваните групи.

Таб. бр. 9: Вредности кои се однесуваат на параметрите за површинската рапавост кај контролната група

Tab. no. 9. Values concerning the parameters of surface roughness among the control group

Контролна група	Средна вредност	Std. Dev.	Minimum	Maximum
RMS рапавост квадратен корен од просекот на рапавост.	0.5111	0.3131	0.1246	1.1601
Просечна рапавост Ra	0.3982	0.2614	0.1415	0.9612
Просечна висина	1.0619	0.5091	0.4659	2.1198
Surface Skewness	0.5332	0.5199	-0.3898	1.5210
Surface Kurtosis	3.1921	0.6819	2.1489	4.3665

Врз основа на обработените податоци за параметрите кои се однесуваат на површинската рапавост кај контролната група презентирани на табела бр. 9. може да се забележи дека **просечната рапавост (Ra)** во ова истражување изнесува 0.3982 ± 0.3131 , **RMS рапавоста изнесува $0,5111 \pm 0,1415$** , додека **просечната висина изнесува $1,0619 \pm 0,5091$** .

Просечната вредност за **Surface Skewness** како показател дека левата и десната страна на кривата се нееднакви, во однос на централната точка, изнесува $0,5332 \pm 0,5119$ и укажуваат на умерена искривеност. (Таб. бр. 9.)

Просечната вредност, пак за **Surface Kurtosis** која ни кажува за обликот, висината и остријата на централниот врв, во однос на стандардната крива изнесуваше $3,1921 \pm 0,6819$. Поради вредностите на овој коефициент кои се поголеми од 3, може да се забележи дека во споредба со нормалната распределба, нејзините опашки се подолги и подебели, и централниот врв е повисок и поостар (лептокуртична).

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

Таб. бр. 10: Вредности кои се однесуваат на параметрите за површинската рапавост кај забите третирани со конвенционална терапија
Tab. no. 10. Values concerning the parameters of surface roughness among the control group

Конвенционална терапија	Средна вредност	Std. Dev.	Minimum	Maximum
RMS рапавост квадратен корен од просекот на рапавост.	0.3029	0.2061	0.1109	0.6566
Просечна рапавост Ra	0.4394	0.3109	0.1069	0.9341
Просечна височина	0.8839	0.5160	0.2477	1.7567
Surface Skewness	0.1829	0.4978	-0.7306	0.7527
Surface Kurtosis	3.0888	0.2587	2.7910	3.4131

Таб. бр. 11: Вредности кои се однесуваат на параметрите за површинската рапавост кај забите третирани со конвенционална терапија
Tab. no. 11. Values concerning the parameters of surface roughness among the control group

Ласерски потпомогната терапија	Средна вредност	Std. Dev.	Minimum	Maximum
RMS рапавост квадратен корен од просекот на рапавост.	0.2768	0.1227	0.1573	0.5771
Просечна рапавост Ra	0.2425	0.1091	0.1188	0.5269
Просечна висина	1.1302	0.3793	0.5548	1.5186
Surface Skewness	-0.0081	0.5869	-0.7629	0.6662
Surface Kurtosis	3.5702	0.6842	2.6391	4.5453

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

На табелите бр. 10 и бр. 11. презентирани се податоците кои се однесуваат на параметрите на површинската рапавост кај испитуваните површини на забите третирани со различен тераписки пристап.

Просечната рапавост (Ra) одредена на коренските површини добиени од заби третирани со конвенционална терапија по спроведената анализа изнесуваше $0,4394 \pm 0,3109$, додека просечната вредност за **RMS** рапавоста изнесуваше $0,3029 \pm 0,2061$. Средната вредност која се однесува на **просечната висина** кај оваа испитувана група изнесуваше $0,8839 \pm 0,2477$.

Просечната вредност за **Surface Skewness** за оваа испитувана група изнесуваше $0,1829 \pm 0,4978$, што укажува на слабо назначена искривеност на десно или прилична симетричност. Просечната вредност на **Surface Kurtosis** изнесуваше $3,0888 \pm 0,2587$. И кај оваа група, поради вредностите на овој параметар кои се поголеми од 3, може да се забележи дека во споредба со нормалната распределба, нејзините опашки се подолги и подебели, и централниот врв е повисок и поостар (лептокуртична). (Табела бр. 10.)

Врз основа на резултатите кои се претставени во табела бр. 11, кои од своја страна се однесуваат на физичките параметри за опис на површинската рапавост кај испитуваните површини од заби третирани со ласерски потпомогната пародонтална терапија може да се забележи дека **просечната грубост (Ra)** на овие испитувани површини изнесуваше $0,2425 \pm 0,1091$, **RMS** грубоста имаше просечни вредности кои се движеа во границите од $0,2768 \pm 0,1227$ и просечна **висина на врвовите** која е претставена во границите од $1,1302 \pm 0,3793$. (Табела бр. 11.)

Од дадените податоци во табелата бр. 11. може да се забележи дека просечната вредност за **Surface Skewness** изнесуваше минус $0,0081 \pm 0,5369$, што укажува на прилична симетричност, со мало искривување на лево. Просечната вредност за **Surface Kurtosis** изнесува $3,5702 \pm 0,6842$. И кај оваа група, како и кај претходните две, поради фактот што просечната вредност на овој коефициент добиен во ова истражување се поголеми од 3, може да се забележи дека во споредба со нормалната распределба, нејзините опашки се подолги и подебели, и централниот врв е повисок и поостар-лептокуртична. (Табела бр. 11.)

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

Таб. бр. 12: Вредности кои се однесуваат на RMS грубост односно квадратен корен од просекот на грубост за секоја испитувани групи
Tab. no. 12. Values concerning the Root Mean Square of a surface roughness for every exameened groups

	RMS грубост односно квадратен корен од просекот на рапавоста.			
	Средна вредност	Std. Dev.	Minimum	Maximum
Контролна група	0.5111	0.3131	0.1246	1.1601
Конвенционална терапија	0.3029	0.2061	0.1109	0.6566
Ласерски потпомогната терапија	0.2768	0.1227	0.1573	0.5771
За сите групи	0.3636	0.2473	0.1109	1.1601

Врз основа на изведениот Mann-Whitney U Test одредено е дека:

- Постои значителна разлика (за $p < 0,05$) помеѓу RMS рапавоста на контролната група и на коренските површини по спроведена конвенционална терапија (за вредности на $Z = 2,466$ и $p = 0,0136$). (Таб. бр. 13)

Таб. бр. 13: Mann-Whitney U Test кои се однесуваат на RMS рапавост на контролната група и на коренските површини по спроведената конвенционална терапија

Tab. no. 13. Mann-Whitney U Test for RMS for control group and root surfaces from teeth after conventional therapy

Difference	-0.208
Standard error	0.084
95% CI	-0.3779 to -0.0385
Z	2.466
DF	38
Significance level	P = 0.0136

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

- Постои значителна разлика (за $p < 0,05$) помеѓу RMS рапавоста на контролната група и на коренските површини по спроведена ласер асистирани пародонтална терапија (за вредности на $Z = 2,853$ $p = 0,0097$). (Таб. бр. 14.)

Таб. бр. 14: Mann-Whitney U Test кои се однесуваат на RMS рапавост на контролната група и на коренските површини по спроведената ласерски потпомогната пародонтална терапија

Tab. no. 14. Mann-Whitney U Test for RMS for control group and root surfaces from teeth after laser assisted periodontal therapy

Difference	-0.026
Standard error	0.054
95% CI	-0.1347 to 0.0825
Z	2.853
DF	38
Significance level	P = 0.0097

- Не постои значителна разлика помеѓу RMS рапавоста на испитуваните површини добиени од заби на кои е спроведена конвенционална терапија и од заби на кои е спроведена ласерски потпомогната пародонтална терапија (за вредности на $Z = - 0,306$ $p = 0,7590$). (Таб. бр. 15.)

Таб. бр. 15: Mann-Whitney U Test кои се однесуваат на RMS рапавост на коренските површини по спроведена конвенционална и по спроведената ласерски потпомогната пародонтална терапија

Tab. no. 15. Mann-Whitney U Test for RMS for root surfaces from teeth after conventional and after laser assisted periodontal therapy

Difference	-0.234
Standard error	0.075
95% CI	-0.3865 to -0.0821
Z	-3.306
DF	38
Significance level	P = 0.7590

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

Таб. бр. 16: Вредности кои се однесуваат на просечната грубост за секоја испитувани групи

Tab. no. 16. Values concerning the average roughness for every examined groups

	средна грубост			
	Средна вредност	Std. Dev.	Minimum	Maximum
Контролна група	0.3982	0.2614	0.1415	0.9612
Конвенционална терапија	0.4394	0.3109	0.1069	0.9341
Ласерски потпомогната терапија	0.2425	0.1091	0.1188	0.5269
За сите групи	0.3601	0.2534	0.1069	0.9612

По изведениот Mann-Whitney U Test утврдено е дека:

- не постои значителна разлика за $p < 0,05$ помеѓу просечната грубост на контролната група и на коренските површини по спроведена конвенционална терапија (за вредности на $Z = 0,452$ $p = 0,6508$). (Таб. бр. 17.).

Таб. бр. 17: Mann-Whitney U Test кои се однесуваат на просечната грубост на контролната група и на коренските површини по спроведената конвенционална терапија

Tab. no. 17. Mann-Whitney U Test for average roughness for control group and root surfaces from teeth after conventional therapy

Difference	0.041
Standard error	0.091
95% CI	-0.1427 to 0.2251
Z	0.454
DF	38
Significance level	P = 0.6527

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

- постои значителна разлика за $p < 0,05$ помеѓу просечната грубоста на контролната група и на коренските површини по спроведена ласер асистирани пародонтална терапија (за вредности на $Z = 2,291$ $p = 0,0219$) (Таб. бр. 18.)

Таб. бр. 18. Mann-Whitney U Test кои се однесуваат на просечната грубост на контролната група и на коренските површини по спроведената ласерски потпомогната пародонтална терапија

Tab. no. 18. Mann-Whitney U Test for average roughness for control group and root surfaces from teeth after laser assisted periodontal therapy

Difference	-0.038
Standard error	0.063
95% CI	-0.1663 to 0.0901
Z	2.291
DF	38
Significance level	P = 0.0219

- постои значителна разлика помеѓу просечната грубоста на испитуваните површини добиени од заби на кои е спроведена конвенционална терапија и од заби на кои е спроведена ласерски потпомогната пародонтална терапија (за вредности на $Z = 3,084$ $p = 0,0020$) (Таб. бр. 19.)

Таб. бр. 19. Mann-Whitney U Test кои се однесуваат на просечната грубост на коренските површини по спроведена конвенционална и по спроведената ласерски потпомогната пародонтална терапија

Tab. no. 19. Mann-Whitney U Test for average roughness for root surfaces from teeth after conventional and after laser assisted periodontal therapy

Difference	0.079
Standard error	0.074
95% CI	-0.0698 to 0.2284
Z	30.84
DF	38
Significance level	P = 0.0020

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

Таб. бр. 20. Вредности кои се однесуваат на просечната висина за секоја испитувани групи

Tab. no. 20. Values concerning the average height for every examined groups

	Средна висина			
	Средна вредност	Std. Dev.	Minimum	Maximum
Контролна група	1.0619	0.5091	0.4659	2.1198
Конвенционална терапија	0.8839	0.5160	0.2477	1.7567
Ласерски потпомогната терапија	1.1302	0.3793	0.5548	1.5186
За сите групи	1.0254	0.4756	0.2477	2.1198

Врз основа на изведениот Mann-Whitney U Test одредено е дека:

- не постои значителна разлика за $p < 0,05$ помеѓу просечната висина добиена за контролната група и на коренските површини по спроведена конвенционална терапија (за вредности на $Z = 1,533$ $p = 0,1252$). (Таб. бр. 21.)

Таб. бр. 21: Mann-Whitney U Test кои се однесуваат на просечната висина на контролната група и на коренските површини по спроведената конвенционална терапија

Tab. no. 21. Mann-Whitney U Test for average height for control group and root surfaces from teeth after conventional therapy

Difference	-0.168
Standard error	0.162
95% CI	-0.4961 to 0.1601
Z	1.533
DF	38
Significance level	P = 0.1252

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

- Не постои значителна разлика за $p < 0,05$ помеѓу просечната висина добиена кај контролната група и на коренските површини по спроведена ласер асистирани пародонтална терапија (за вредности на $Z = -0,803$ $p = 0,4216$). (Таб. бр. 22.)

Таб. бр. 22. Mann-Whitney U Test кои се однесуваат на просечната висина на контролната група и на коренските површини по спроведената ласерски потпомогната пародонтална терапија

Tab. no. 22. Mann-Whitney U Test for average height for control group and root surfaces from teeth after laser assisted periodontal therapy

Difference	0.068
Standard error	0.142
95% CI	-0.2191 to 0.3557
Z	-0.803
DF	38
Significance level	P = 0.4216

- Не постои значителна разлика помеѓу просечната висина на испитуваните површини добиени од заби на кои е спроведена конвенционална терапија и од заби на кои е спроведена ласерски потпомогната пародонтална терапија (за вредности на $Z = -1,299$ $p = 0,1938$). (Таб. бр. 23.)

Таб. бр. 23: Mann-Whitney U Test кои се однесуваат на просечната висина на коренските површини по спроведена конвенционална и по спроведената ласерски потпомогната пародонтална терапија

Tab. no. 23. Mann-Whitney U Test for average height for root surfaces from teeth after conventional and after laser assisted periodontal therapy

Difference	0.246
Standard error	0.143
95% CI	-0.0436 to 0.5362
Z	-1.299
DF	38
Significance level	P = 0.0936

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

Таб. бр. 24: Вредности кои се однесуваат на Surface Skewness за секоја испитувани групи

Tab. no. 24. Values concerning the Surface Skewness for every exameened groups

	Surface Skewness			
	Средна вредност	Std. Dev.	Minimum	Maximum
Контролна група	0.5332	0.5199	-0.3898	1.5210
Конвенционална терапија	0.1829	0.4978	-0.7306	0.7527
Ласерски потпомогната терапија	-0.0081	0.5869	-0.7629	0.6662
За сите групи	0.2360	0.5731	-0.7629	1.5210

По изведениот Mann-Whitney U Test утврдено е дека:

- Не постои значителна разлика за $p < 0,05$ помеѓу Surface Skewness одреден кај контролната група и на коренските површини по спроведена конвенционална терапија (за вредности на $Z = 1,386$ $p = 0,1655$). (Таб. бр. 25.)

Таб. бр. 25: Mann-Whitney U Test кои се однесуваат на Surface Skewness на контролната група и на коренските површини по спроведената конвенционална терапија

Tab. no. 25. Mann-Whitney U Test for Surface Skewness for control group and root surfaces from teeth after conventional therapy

Difference	0.350
Standard error	0.161
95% CI	0.0245 to 0.6761
Z	1.386
DF	38
Significance level	P = 0.1655

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

- Постои значителна разлика за $p < 0,05$ помеѓу Surface Skewness одредена кај контролната група и на коренските површини по спроведена ласер асистирани пародонтална терапија (за вредности на $Z = 2,029$ $p = 0,0423$). (Таб. бр. 26.)

Таб. бр. 26. Mann-Whitney U Test кои се однесуваат на Surface Skewness на контролната група и на коренските површини по спроведената ласерски потпомогната пародонтална терапија

Tab. no. 26. Mann-Whitney U Test for Surface Skewness for control group and root surfaces from teeth after laser assisted periodontal therapy

Difference	0.541
Standard error	0.175
95% CI	0.1864 to 0.8962
Z	2.029
DF	38
Significance level	P = 0.0423

- Не постои значителна разлика помеѓу Surface Skewness на испитуваните површини добиени од заби на кои е спроведена конвенционална терапија и од заби на кои е спроведена ласерски потпомогната пародонтална терапија (за вредности на $Z = 0,715$ $p = 0,4749$) (Таб. бр. 27.)

Таб. бр. 27: Mann-Whitney U Test кои се однесуваат на просечната висина на коренските површини по спроведена конвенционална и по спроведената ласерски потпомогната пародонтална терапија

Tab. no. 27. Mann-Whitney U Test for average height for root surfaces from teeth after conventional and after laser assisted periodontal therapy

Difference	0.191
Standard error	0.172
95% CI	-0.1574 to 0.5394
Z	1.110
DF	38
Significance level	P = 0.4749

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

Таб. бр. 28: Вредности кои се однесуваат на Surface Kurtosis за секоја испитувани групи
Tab. no. 28. Values concerning the Surface Kurtosis for every exameened groups

	Surface Kurtosis			
	Средна вредност	Std. Dev.	Minimum	Maximum
Контролна група	3.1921	0.6819	2.1489	4.3665
Конвенционална терапија	3.0888	0.2587	2.7910	3.4131
Ласерски потпомогната терапија	3.5702	0.6842	2.6391	4.5453
За сите групи	3.2837	0.6042	2.1489	4.5453

Врз основа на изведениот Mann-Whitney U Test одредено е дека:

- не постои значителна разлика за $p < 0,05$ помеѓу Surface Kurtosis добиен за контролната група и на коренските површини по спроведена конвенционална терапија (за вредности на $Z = 0,394$ $p = 0,6934$). (Таб. бр. 29.)

Таб. бр. 29: Mann-Whitney U Test кои се однесуваат на Surface Kurtosis на контролната група и на коренските површини по спроведената конвенционална терапија

Tab. no. 29. Mann-Whitney U Test for Surface Kurtosis for control group and root surfaces from teeth after conventional therapy

Difference	0.103
Standard error	0.163
95% CI	-0.4334 to 0.2268
Z	0.394
DF	38
Significance level	P = 0.6934

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

- Не постои значителна разлика ($p < 0,05$) помеѓу Surface Kurtosis добиена кај контролната група и на коренските површини по спроведена ласер асистирани пародонтална терапија (за вредности на $Z = -1,505$ $p = 0,1322$). (Таб. бр. 30.)

Таб. бр. 30: Mann-Whitney U Test кои се однесуваат на Surface Kurtosis на контролната група и на коренските површини по спроведената ласерски потпомогната пародонтална терапија

Tab. no. 30. Mann-Whitney U Test for Surface Kurtosis for control group and root surfaces from teeth after laser assisted periodontal therapy

Difference	-0.378
Standard error	0.216
95% CI	-0.8154 to 0.0592
Z	-1.505
DF	38
Significance level	P = 0.1322

- Постои значителна разлика помеѓу Surface Kurtosis на испитуваните површини добиени од заби на кои е спроведена конвенционална терапија и од заби на кои е спроведена ласерски потпомогната пародонтална терапија (за вредности на $Z = -2,002$ $p = 0,0452$). (Таб. бр. 31.)

Таб. бр. 31: Mann-Whitney U Test кои се однесуваат на просечната висина на коренските површини по спроведена конвенционална и по спроведената ласерски потпомогната пародонтална терапија

Tab. no. 31. Mann-Whitney U Test for average height for root surfaces from teeth after conventional and after laser assisted periodontal therapy

Difference	-0.481
Standard error	0.164
95% CI	0.1503 to 0.8125
Z	-2.002
DF	38
Significance level	P = 0.0452

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

Во однос на грубоста на сите испитувани површини може да се забележи дека параметрите кои се однесуваат на површинската грубост (RMS и Ra) се најголеми кај испитуваните површини кои потекнуваат од заби кои биле третираны со конвенционална пародонтална терапија.

Хемиска анализа

Хемиските анализи ги опфатија хемиските карактеристики и својствата на испитуваните површини добиени од контролната група и од забите кои беа подложени на различните терапевтски модалитети.

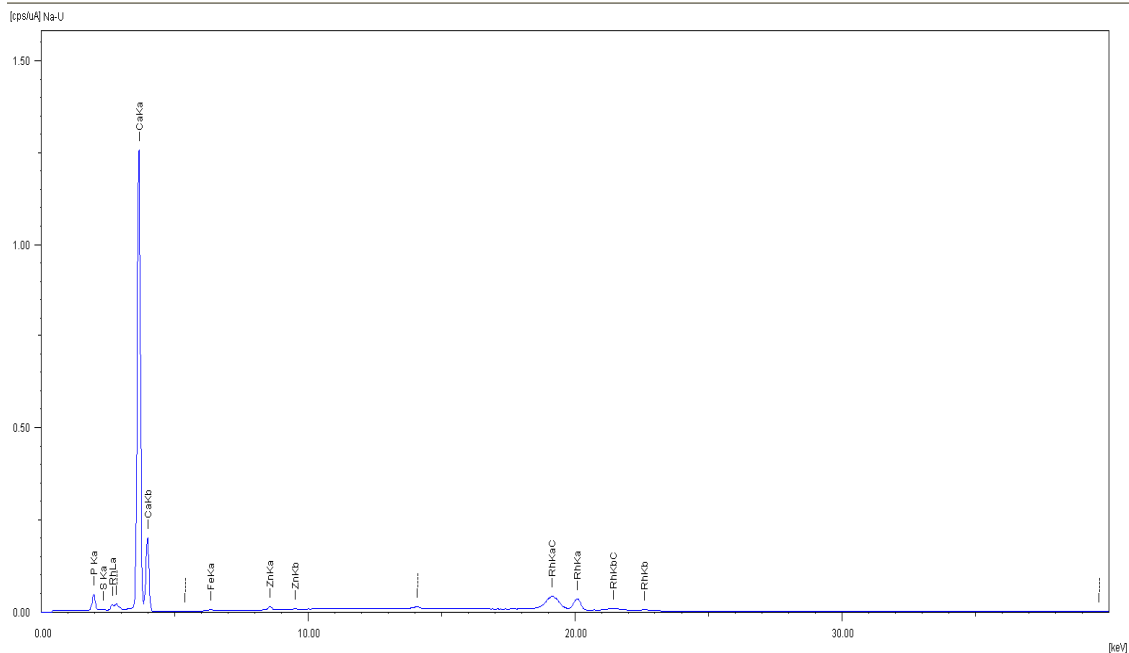
Презентирани се квантитативниот сооднос на хемиските елементи кај секоја од групите. Анализите од соодносот на органскиот и неорганскиот дел од испитуваните површини, како и минералошкиот состав на површините, исто така се дадени на табеларен и графички приказ.

А) Квантитативен сооднос на хемиските елементи кај примерокот од здрави коренски површини

Таб. бр. 32: Квантитативен сооднос на хемиските елементи присутни во цементот на нетретиран здрав заб
Tab. No. 32. Quantitative ratio of chemical elements present in the cement of untreated healthy tooth

Хемиски елемент	Нетретирана површина			
	Mean %	N	Std. Deviation	intensity
Ca	68.279	20	0.066	9.6071
P	30.773	20	0.209	0.2753
S	0.802	20	0.043	0.0165
Zn	0.075	20	0.001	0.0886
Fe	0.072	20	0.002	0.0369

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**



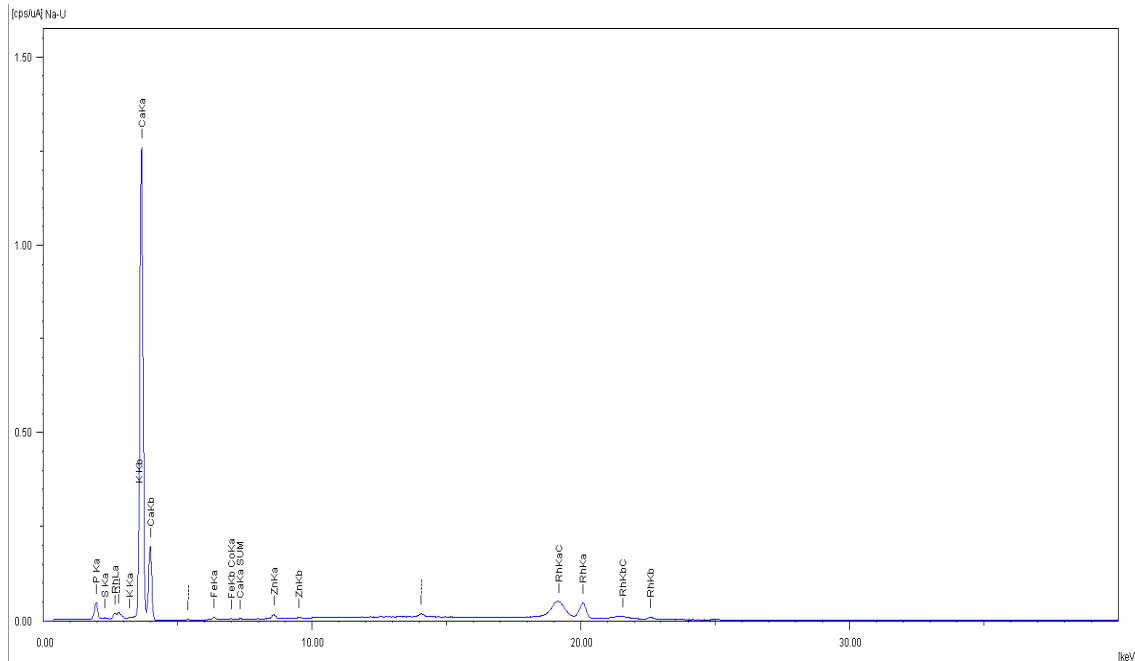
Сл. бр. 70: Квантитативен сооднос на хемиските елементи присутни во
цементот на нетретиран здрав заб
Fig. No. 70. Quantitative ratio of chemical elements present in the cement of
untreated healthy tooth

**Б) Квантитативен сооднос на хемиските елементи кај примерокот од
пародонтално променети коренски површини**

Таб. бр. 33: Квантитативен сооднос на хемиските елементи присутни во
цементот кај пародонтално променетите коренски површини
Tab. No. 33. Quantitative ratio of chemical elements present in the cement of
periodontally diseased root surface

Хемиски елемент	Пародонтално променета површина			
	Mean %	N	Std. Deviation	intensity
Ca	67.913	20	0.066	9.6161
P	30.544	20	0.209	0.2770
S	1.014	20	0.045	0.0218
K	0.309	20	0.012	0.0278
Fe	0.095	20	0.002	0.0498
Zn	0.085	20	0.001	0.1021
Co	0.014	20	0.001	0.0090

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**



Сл. бр. 71: Квантитативен сооднос на хемиските елементи присутни во цементот на пародонтално променетите коренски површини
Fig. No. 71. Quantitative ratio of chemical elements present in the cement of periodontally diseased root surface

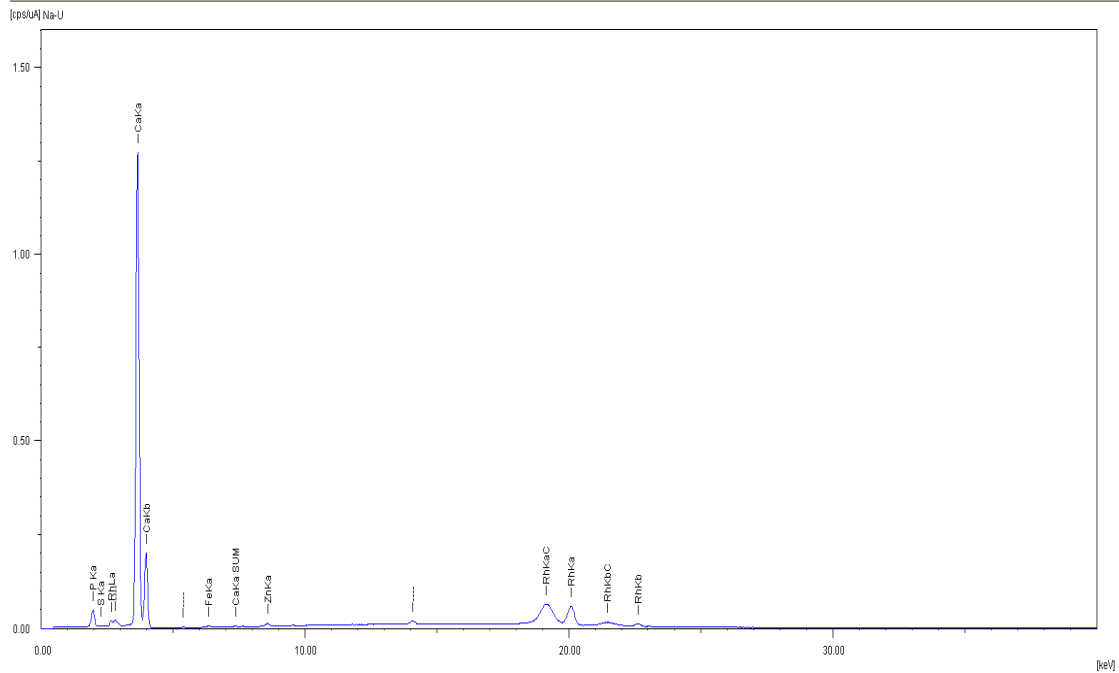
В) Квантитативен сооднос на хемиските елементи кај примерокот од конвенционална пародонтална терапија

Таб. бр. 34: Квантитативен сооднос на хемиските елементи присутни во цементот после конвенционална терапија

Tab. No. 34. Quantitative ratio of chemical elements present in the cement after conventional periodontal therapy

Хемиски елемент	Конвенционална терапија			
	Mean %	N	Std. Deviation	intensity
Ca	67.694	20	0.065	9.7292
P	31.238	20	0.210	0.2871
S	0,957	20	0.045	0.0201
Zn	0.056	20	0.001	0.0692
Fe	0.056	20	0.002	0.0295

АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-



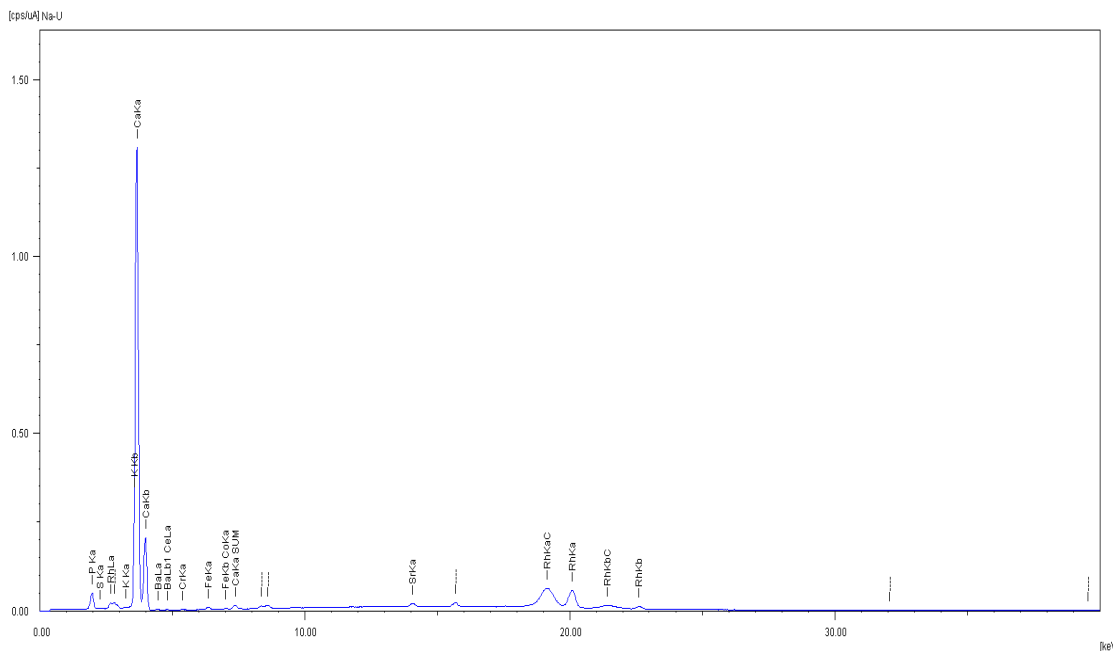
Сл. бр. 72: Квантитативен сооднос на хемиските елементи присутни во цементот после конвенционална терапија
Fig. No. 72. Quantitative ratio of chemical elements present in the cement after conventional periodontal therapy

Г) Квантитативен сооднос на хемиските елементи кај примерокот од ласерски потпомогната пародонтална терапија

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

Таб. бр. 35: Квантитативен сооднос на хемиските елементи присутни во цементот после ласерски потпомогната терапија
Tab. No. 35. Quantitative ratio of chemical elements present in the cement after laser assisted periodontal therapy

Хемиски елемент	Ласерски асистирана терапија			
	Mean %	N	Std. Deviation	intensity
Ca	65,720	20	0.069	9.0213
P	32,259	20	0,216	0,2875
S	0,973	20	0.047	0,0196
K	0,556	20	0,013	0,0481
Ba	0.299	20	0.014	0.0139
Fe	0,113	20	0.002	0.0589
Sr	0.039	20	0.001	0.1098
Cr	0.032	20	0.003	0.0089
Co	0.010	20	0.001	0.0063



Сл. бр. 73: Квантитативен сооднос на хемиските елементи присутни во цементот после ласерски потпомогната терапија
Fig. No. 73. Quantitative ratio of chemical elements present in the cement after laser assisted periodontal therapy

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

Таб. бр. 36: Квантитативен сооднос на хемиските елементи кај секоја од испитуваните групи
Tab. No. 36. Quantitative ratio of chemical elements in each of the examined groups

Хемиски елемент	Здрава забна површина	Патолошки променета забна површина	Конвенционална терапија	Ласерски потпомогната терапија
Ca	68.279± 0.066 %	67.913± 0.066 %	67.694± 0.065 %	65.710± 0.069 %
P	30.773± 0.209 %	30.544± 0.209 %	31.238± 0.210 %	32.259± 0.216 %
S	0.802± 0.043 %	1.041± 0.045 %	0.957± 0.045 %	0.973± 0.047 %
Fe	0.072± 0.002 %	0.095± 0.002 %	0.056± 0.002 %	0.113± 0.002 %
Zn	0.075± 0.001 %	0.085± 0.001 %	0.056± 0.001 %	
K		0.309± 0.012 %		0.556± 0.013 %

1. Калциум

Врз основа на податоците презентирани во таб. бр. 37, може да се забележи дека по спроведената анализа, кај коренските површини кои се третирани со конвенционална терапија постои статистички значително губење на калциум (за $P < 0.0001$) во однос на здрави коренски површини.

Таб. бр. 37: Сооднос на калциум кај здрави заби и кај испитувани површини од заби третирани со конвенционална терапија
Tab. No. 37. Calcium ratio in healthy and untreated teeth and in examined tooth surfaces treated with conventional therapy

Difference	-0.585
Standard error	0.021
95% CI	-0.6269 to -0.5431
t-statistic	-28.242
DF	38
Significance level	P < 0.0001

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

Таб. бр. 38: Сооднос на калциум кај здрави и нетретирани заби и кај испитувани површини од заби третирани со ласерски потпомогната пародонтална терапија
Tab. No. 38. Calcium ratio in healthy and untreated teeth and in examined tooth surfaces treated with Laser assisted periodontal therapy

Difference	-2.569
Standard error	0.021
95% CI	-2.6122 to -2.5258
t-statistic	-120.324
DF	38
Significance level	P < 0.0001

Анализата покажа кај испитуваните површини од заби третирани со ласерски потпомогната пародонтална терапија постои статистички значителна загуба на калциум во однос на здравите заби. (таб. 38.)

Таб. бр. 39: Сооднос на калциум кај испитувани површини од заби третирани со конвенционална и со ласерски потпомогната пародонтална терапија
Tab. No. 39. Calcium ratio in examined tooth surfaces treated with conventional and laser assisted periodontal therapy

Difference	-1.984
Standard error	0.021
95% CI	-2.0269 to -1.9411
t-statistic	-93.599
DF	38
Significance level	P < 0.0001

После изведувањето на ласерски потпомогната пародонтална терапија настанува статистички позначајна загуба на калциум од коренската површина во однос на конвенционална терапија. (Таб. бр. 39.)

2. Фосфор

Врз основа на изведената анализа може да се забележи дека постои статистички значителна разлика на соодносот на фосфорот кај здрави и нетретирани заби и заби кои се третирани со конвенционална терапија. При тоа количината на фосфорот е статистички помалку застапен кај коренските површини добиени од заби третирани со конвенционална пародонтална терапија. (Таб. бр. 40.)

Таб. бр. 40: Сооднос на фосфор кај здрави и кај испитувани површини од заби третирани со конвенционална терапија

Tab. No. 40. Phosphorusratio in healthy and untreated teeth and in examined tooth surfaces treated with conventional therapy

Difference	0.465
Standard error	0.066
95% CI	0.3309 to 0.5991
t-statistic	7.019
DF	38
Significance level	P < 0.0001

Таб. бр. 41: Сооднос на фосфор кај здрави и нетретирани заби и кај испитувани површини од заби третирани со ласерски потпомогната пародонтална терапија

Tab. No. 41. Phosphorusratio in healthy and untreated teeth and in examined tooth surfaces treated with laser assisted periodontal therapy

Difference	1.486
Standard error	0.067
95% CI	1.3499 to 1.6221
t-statistic	22.111
DF	38
Significance level	P < 0.0001

Врз основа на податоците презентирани во таб. бр. 41, може да се забележи дека кај коренските површини кои се третирани со ласерски потпомогната пародонтална терапија постои статистички значително поголемо количество на фосфор (за $P < 0.0001$) во однос на нетретраните и здрави коренски површини.

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

Таб. бр. 42: Сооднос на фосфор кај испитувани површини од заби третирани со конвенционална и со ласерски потпомогната пародонтална терапија
Tab. No. 42. Phosphorus ratio in examined tooth surfaces treated with conventional and laser assisted periodontal therapy

Difference	1.021
Standard error	0.067
95% CI	0.8846 to 1.1574
t-statistic	15.157
DF	38
Significance level	P < 0.0001

После изведувањето на конвенционалната пародонтална терапија настанува статистички позначајна загуба на фосфор од коренската површина во однос на испитуваните површини добиени од забите на кои е изведена ласерски потпомогната пародонтална терапија. (Таб. бр. 42.)

3. Сулфур

Врз основа на обработените податоци презентирани на таб. бр. 43. може да се забележи дека кај здрави коренски површини не постои статистички значително помало количество на сулфур во однос на коренските површини добиени од забите на кои е изведена конвенционална пародонтална терапија. (P = 0.0720). (Таб. бр. 43.)

Таб. бр. 43: Сооднос на сулфур кај здрави и нетретирани заби и кај испитувани површини од заби третирани со конвенционална терапија
Tab. No. 43. Sulfuric ratio in healthy and untreated teeth and in examined tooth surfaces treated with conventional therapy

Difference	0.155
Standard error	0.044
95% CI	-0.0344 to 0.3444
t-statistic	3.522
DF	38
Significance level	P = 0.0720

Таб. бр. 44: Сооднос на сулфур кај здрави и нетретирани заби и кај испитувани површини од заби третирани со ласерски потпомогната пародонтална терапија

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

Tab. No. 44. Sulfuric ratio in healthy and untreated teeth and in examined tooth surfaces treated with laser assisted periodontal therapy

Difference	0.171
Standard error	0.045
95% CI	-0.0228 to 0.3648
t-statistic	3.796
DF	38
Significance level	P = 0.0629

Врз основа на обработените и презентирани податоци кои се однесуваат на соодносот на сулфур кај коренските површини од здрави заби и кај заби на кои е изведена ласерски потпомогната пародонтална терапија забележана не постои статистички значајна разлика за $P = 0.0629$. При тоа квантитативниот сооднос на сулфурот е поголема, но при тоа не постои статистички значителна разлика кај коренските површини третирани со ласерски потпомогната пародонтална терапија. (Таб. бр. 44.)

Таб. бр. 45: Сооднос на сулфур кај испитувани површини од заби третирани со конвенционална и со ласерски потпомогната пародонтална терапија

Tab. No. 45. Sulfuric ratio in examined tooth surfaces treated with conventional and laser assisted periodontal therapy

Difference	0.016
Standard error	0.046
95% CI	-0.1820 to 0.2140
t-statistic	0.348
DF	38
Significance level	P = 0.7612

Врз основа на податоците презентирани во таб. бр. 45, може да се забележи дека не постои статистички сигнификантна разлика во однос на количество на сулфурот (за $P = 0.7612$) меѓу испитуваните коренски површини третирани со конвенционална терапија и оние третирани со ласерски потпомогната пародонтална терапија. (Таб. бр. 45.)

4. Железо

Врз основа на обработените податоци може да се забележи дека не постои статистички значителна разлика за соодносот на застапеноста на железото кај примерокот добиен од нетретирани и здрави коренски површини и кај примерокот добиен од заби кои се третирани со конвенционална терапија (вредност на $P = 0.0153$). Оттука, може да се забележи дека во текот на конвенционалната терапија не доаѓа до статистички значително губење на железо во однос на здравите површини. (Таб. бр. 46.)

Таб. бр. 46: Сооднос на железо кај здрави и нетретирани заби и кај испитувани површини од заби третирани со конвенционална терапија
Tab. No. 46. Iron ratio in healthy and untreated teeth and in examined tooth surfaces treated with conventional therapy

Difference	-0.016
Standard error	0.002
95% CI	-0.0246 to -0.0074
t-statistic	-8.000
DF	38
Significance level	P = 0.0153

Таб. бр. 47: Сооднос на железо кај здрави и нетретирани заби и кај испитувани површини од заби третирани со ласерски потпомогната пародонтална терапија
Tab. No.47. Iron ratio in healthy and untreated teeth and in examined tooth surfaces treated with laser assisted periodontal therapy

Difference	0.041
Standard error	0.001
95% CI	0.0397 to 0.0423
t-statistic	64.827
DF	38
Significance level	P < 0.0001

На основа на таб. бр. 47, може да се забележи дека постои значителна разлика (за вредност на $P < 0.0001$) меѓу застапеноста на железото кај

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

контролната група која се состои од коренски површини од здрави и нетретирани заби и групата која се состои од коренски површини од заби на кои е спроведена ласерски потпомогната пародонтална терапија. Застапеноста на железото е статистички значително поголема кај забите третирани со ласерски потпомогната пародонтална терапија, во однос на контролната група.

Таб. бр. 48: Сооднос на железо кај испитувани површини од заби третирани со конвенционална и со ласерски потпомогната пародонтална терапија

Tab. No. 48. Iron ratio in examined tooth surfaces treated with conventional and laser assisted periodontal therapy

Difference	0.057
Standard error	0.001
95% CI	0.0557 to 0.0583
t-statistic	90.125
DF	38
Significance level	P < 0.0001

Врз основа на податоците презентирани во таб. бр. 48 може да се забележи дека постои статистички значителна разлика (за $P < 0.0001$) во однос на количество на железо застапено во коренските површини кај забите третирани со конвенционална терапија и кај забите третирани со ласерски потпомогната терапија. Имено, количеството на железо е значително поголемо кај примероците добиени од заби кои биле подложени на ласерски потпомогната пародонтална терапија. (Таб. бр. 48.)

5. Цинк

Врз основа на обработените податоци прикажани во таб. бр. 49 може да се забележи дека постои статистички значителна разлика за присуството на цинк кај коренските површини добиени од здрави и нетретирани заби во однос на присуството на цинк присутни кај коренски површини обработени со конвенционална пародонтална терапија за $P = 0.0028$. Од изведената анализа може да се заклучи дека кај коренските површини од заби кај кои е изведена конвенционална терапија поседуваат статистички значајно помало количество

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

на цинк во однос на примерокот добиен од здрави и нетретирани заби. (Таб. бр. 49.)

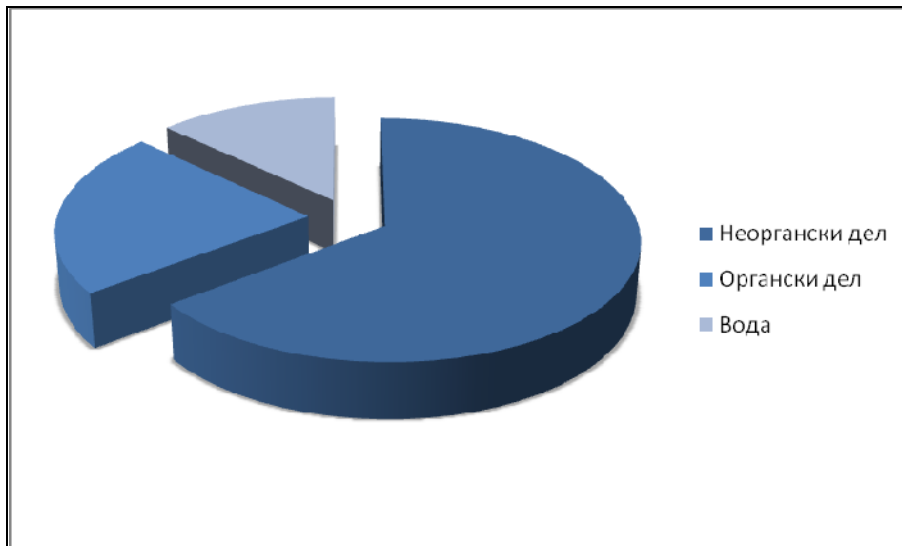
Таб. бр. 49: Сооднос на цинк кај здрави и нетретирани заби и кај испитувани површини од заби третирани со конвенционална терапија
Tab. No. 49. Zinc ratio in healthy and untreated teeth and in examined tooth surfaces treated with conventional therapy

Difference	-0.019
Standard error	0.001
95% CI	-0.0233 to -0.0147
t-statistic	-19.000
DF	38
Significance level	P = 0.0028

Сооднос на органскиот и неорганскиот дел

Соодносот помеѓу органскиот и неорганскиот дел беше одредуван кај контролната група, кај пародонтопатични заби и коренски површини каде што е изведен конвенционален пародонтален третман и ласерски потпомогната пародонтална терапија. За секоја од изведените анализи на групите даден е табеларен и графички приказ.

А) Сооднос меѓу органскиот и неорганскиот дел кај примерокот од здрави коренски површини

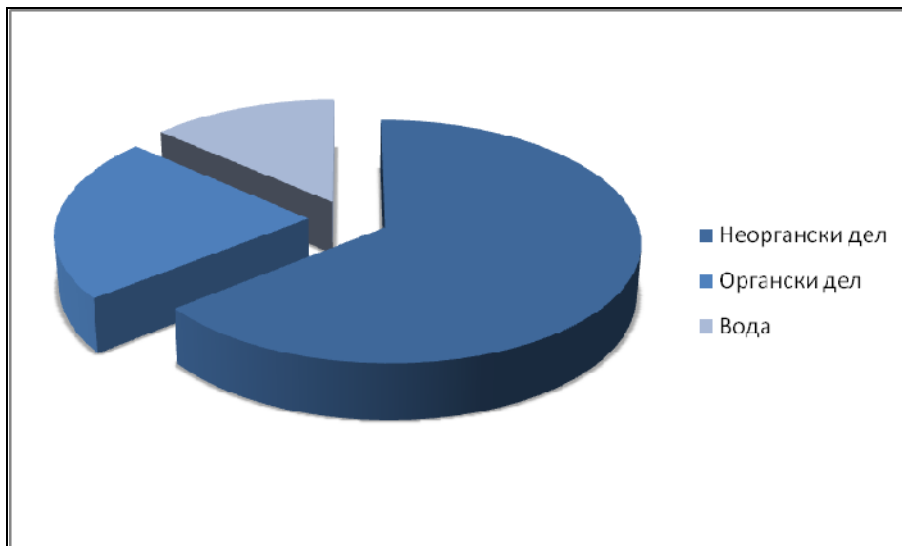


Сл. бр. 74: Сооднос на органскиот и неорганскиот дел кај контролната група
Tab. No.74. Ratio of the organic and inorganic part in the control group

Таб. бр. 50: Сооднос на органскиот и неорганскиот дел кај контролната група
Tab. No.50. Ratio of the organic and inorganic part in the control group

Сооднос	Контролна група		
	Mean %	N	Std. Deviation
Неоргански дел	64.659	20	0.206
Органски дел	22.351	20	0.104
Вода	13.011	20	0.116

Б) Сооднос на органскиот и неорганскиот дел кај примерокот од пародонтално променети коренски површини

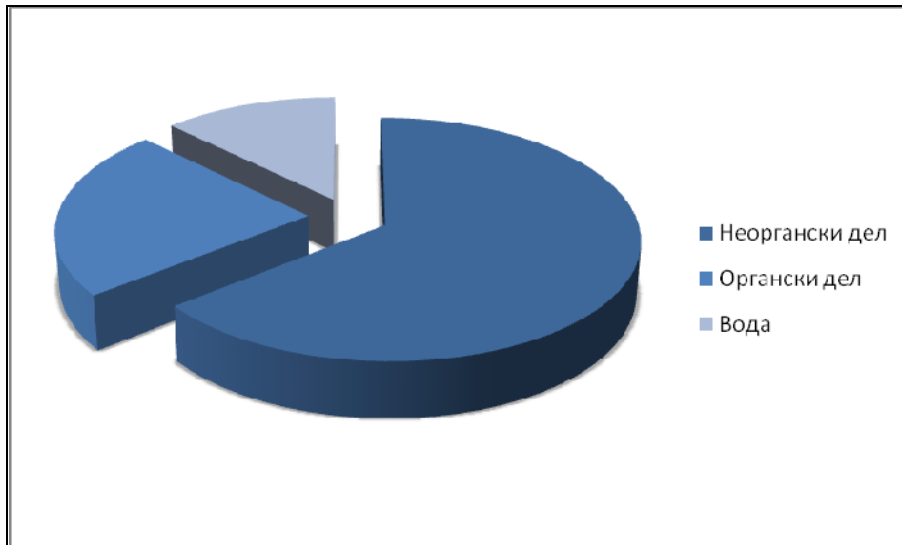


Сл. бр. 75: Сооднос на органскиот и неорганскиот дел кај коренските површини добиени од пародонтално афектирани заби
Tab. No. 75. Ratio of the organic and inorganic part at the root surfaces obtained from periodontal affected teeth

Таб. бр. 51: Сооднос на органскиот и неорганскиот дел кај коренските површини добиени од пародонтално афектирани заби
Tab. No. 51. Ratio of the organic and inorganic part at the root surfaces obtained from periodontal affected teeth

Сооднос	Пародонтално афектирани заби		
	Mean %	N	Std. Deviation
Неоргански дел	64.211	20	0.094
Органски дел	22.263	20	0.135
Вода	13.526	20	0.099

В) Сооднос на органскиот и неорганскиот дел кај примерокот од коренски површини каде е спроведена конвенционална терапија



Сл. бр. 76: Сооднос на органскиот и неорганскиот дел кај коренските површини добиени после спроведена конвенционална терапија

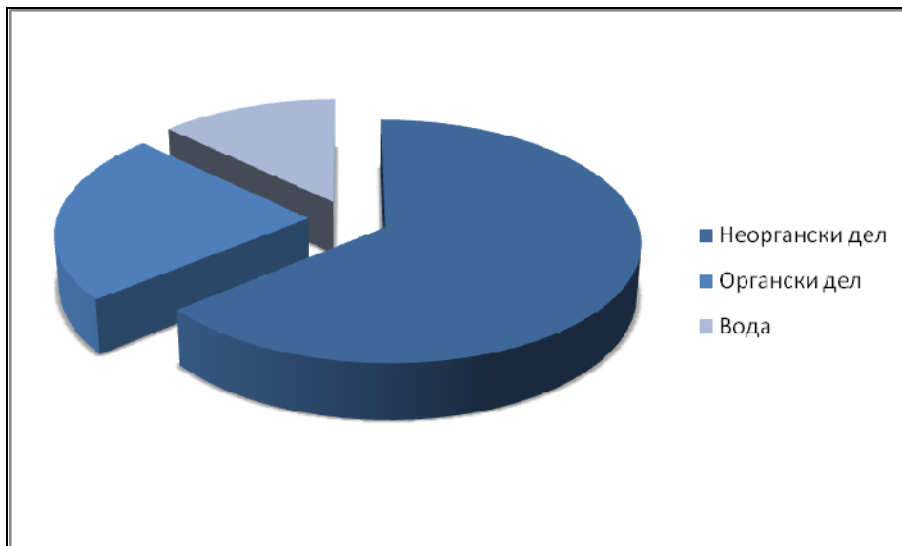
Tab. No. 76. Ratio of the organic and inorganic part at the root surface after conventional periodontal therapy

Таб. бр. 52: Сооднос на органскиот и неорганскиот дел кај коренските површини добиени после спроведена конвенционална терапија

Tab. No. 52. Ratio of the organic and inorganic part at the root surfaces obtained after conventional periodontal therapy

Сооднос	Конвенционална терапија		
	Mean %	N	Std. Deviation
Неоргански дел	63.192	20	0.125
Органски дел	24.801	20	0.177
Вода	12,007	20	0,114

Г) Сооднос на органскиот и неорганскиот дел кај примерокот од коренски површини каде е спроведена ласерски потпомогната терапија



Сл. бр. 77: Сооднос на органскиот и неорганскиот дел кај коренските површини добиени после спроведена ласерски потпомогната терапија

Tab. No. 77. Ratio of the organic and inorganic part at the root surface after laser assisted periodontal therapy

Таб. бр. 53: Сооднос на органскиот и неорганскиот дел кај коренските површини добиени после спроведена ласерски потпомогната терапија

Tab. No.53. Ratio of the organic and inorganic part at the root surfaces obtained after laser assisted periodontal therapy

Сооднос	Конвенционална терапија		
	Mean %	N	Std. Deviation
Неоргански дел	63.993	20	0.096
Органски дел	23.118	20	0.084
Вода	12.889	20	0.101

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

Таб. бр. 54: Сооднос на неорганскиот дел кај здрави и нетретирани заби и кај испитувани површини од заби третирани со конвенционална терапија
Tab. No. 54. Ratio of inorganic part in healthy and untreated teeth and in examined tooth surfaces treated with conventional therapy

Difference	-1.467
Pooled Standard Deviation	0.1704
Standard error	0.05388
95% CI	-1.5761 to -1.3579
Test statistic t	-27.227
DF	38
Significance level	P < 0.0001

Врз основа на обработените податоци може да се забележи дека постои статистички сигнификантна разлика во однос на количината на неорганскиот дел присутен во коренските површини на контролната група и кај коренските површини добиени од заби третирани со конвенционална пародонтална терапија (за вредност на $P < 0.0001$). При тоа може да се забележи дека по изведувањето на конвенционалната пародонтална терапија значително се намалува содржината на минералната компонента. (Таб. бр. 54.)

Таб. бр. 55: Сооднос на неорганскиот дел кај здрави и нетретирани заби и кај испитувани површини од заби третирани со ласерски потпомогната пародонтална терапија

Tab. No. 55. Ratio of inorganic part in healthy and untreated teeth and in examined tooth surfaces treated with laser assisted peridontal therapy

Difference	-0.667
Pooled Standard Deviation	0.1607
Standard error	0.05082
95% CI	-0.7699 to -0.5641
Test statistic t	-13.125
DF	38
Significance level	P < 0.0001

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

Исто така, обработените податоци укажуваат и дека постои статистички сигнификантна разлика во однос на количината на неорганскиот дел присутен во коренските површини на контролната група и кај коренските површини добиени од заби третиран со ласерски потпомогната пародонтална терапија. При тоа може да се забележи дека по изведувањето на конвенционалната пародонтална терапија значително се намалува содржината на минералната компонента, за вредност на $P < 0.0001$. (Таб. бр. 55.)

Таб. бр. 56: Сооднос на неорганскиот дел кај испитувани површини од заби третиран со конвенционална терапија и од заби третиран со ласерски потпомогната пародонтална терапија

Tab. No. 56. Ratio of inorganic part in root surfaces from teeth treated with conventional and in teeth treated with laser assisted periodontal therapy

Difference	0.8
Pooled Standard Deviation	0.1114
Standard error	0.03524
95% CI	0.7287 to 0.8713
Test statistic t	22.700
DF	38
Significance level	P < 0.0001

Врз основа на податоците презентирани во таб. бр. 56 може да се забележи дека постои статистички значајна разлика меѓу соодносот на неорганските компоненти кај коренските површини третиран со конвенционална и со ласерски потпомогната пародонтална терапија. Концентрацијата на неорганската компонента е статистички значително поголема кај коренските површини од забите кои се обработени со ласерски потпомогната пародонтална терапија, во однос на преостанатиот тераписки модалитет.

Следуваат табелите во кои е одредуван соодносот на органската компонента на цементот, и тоа тој сооднос кај коренските површини добиени од забите од контролната група и од заби на кои е спроведена конвенционална терапија, тој соодносот кај коренските површини од контролната група и од заби на кои е спроведена ласерски потпомогната пародонтална терапија и тој

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

сооднос меѓу испитуваниот примерок третиран со конвенционална терапија и на забите третирани со ласерски потпомогната пародонтална терапија.

Таб. бр: 57: Сооднос на органскиот дел кај здрави и нетретирани заби и кај испитувани површини од заби третирани со конвенционална терапија
Tab. No. 57. Ratio of organic part in healthy and untreated teeth and in examined tooth surfaces treated with conventional therapy

Difference	0.8
Pooled Standard Deviation	0.1114
Standard error	0.03524
95% CI	0.7287 to 0.8713
Test statistic t	22.700
DF	38
Significance level	P < 0.0001

Врз основа на добиените податоци може да се забележи дека постои статистички сигнификантна разлика во однос на количината на органскиот дел присутен во коренските површини на контролната група и кај коренските површини добиени од заби третирани со конвенционална пародонтална терапија (за вредност на $P < 0.0001$). При тоа може да се забележи дека по изведувањето на конвенционалната пародонтална терапија значително се зголемува содржината на органската компонента. (Таб. бр. 57.)

Таб. бр. 58: Сооднос на органскиот дел кај здрави и нетретирани заби и кај испитувани површини од заби третирани со ласерски потпомогната пародонтална терапија
Tab. No. 58. Ratio of organic part in healthy and untreated teeth and in examined tooth surfaces treated with laser assisted peridontal therapy

Difference	0.8
Pooled Standard Deviation	0.1114
Standard error	0.03524
95% CI	0.7287 to 0.8713
Test statistic t	22.700
DF	38
Significance level	P < 0.0001

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

Врз основа на податоците презентирани во таб. бр. 58, може да се забележи дека постои статистички значајна разлика меѓу соодносот на органските компоненти кај коренските површини добиени од здрави и нетретирани заби со ласерски потпомогната пародонтална терапија. Концентрацијата на органската компонента е статистички значително поголема кај коренските површини од забите кои се обработени со ласерски потпомогната пародонтална терапија.

Таб. бр. 59: Сооднос на неорганскиот дел кај испитувани површини од заби третирани со конвенционална терапија и од заби третирани со ласерски потпомогната пародонтална терапија

Tab. No. 59. Ratio of inorganic part in root surfaces from teeth treated with conventional and in teeth treated with laser assisted periodontal therapy

Difference	-1.683
Pooled Standard Deviation	0.1385
Standard error	0.04381
95% CI	-1.7717 to -1.5943
Test statistic t	-38.417
DF	38
Significance level	P < 0.0001

Врз основа на обработените податоци може да се забележи дека содржината на органската компонента кај забите третирани со ласерски потпомогната пародонтална терапија е статистички значително помала во однос на истата презентирана кај забите кои се третирани со конвенционална терапија. (Таб. бр. 59.)

За да се добие посоодветна претстава во однос на соодносот кој го даваат различните терапевтски модалитети направена е нивна корелација и во однос на вредностите добиени за овој сооднос од коренските површини добиени од пародонтална афектирани заби. На тој начин би се здобиле со најдобриот податок за влијанието на терапијата врз самиот хемискиот состав на цементот.

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

Таб. бр. 60: Сооднос на неорганскиот дел кај испитувани површини од пародонтално афектирани заби и заби третирани со конвенционална терапија
Tab. No. 60. Ratio of inorganic part in root surfaces from periodontal affected teeth and in teeth treated with conventional therapy

Difference	0.003
Pooled Standard Deviation	0.09501
Standard error	0.03004
95% CI	-0.05782 to 0.06382
Test statistic t	0.0999
DF	38
Significance level	P = 0.9210

Врз основа на спроведената корелација за соодносот помеѓу неорганската компонента кај коренските површини добиени од заби по спроведена конвенционалната пародонтална терапија и од заби кои се пародонтално афектирани може да се забележи дека не постои статистички значителна разлика меѓу овие две испитувани групи за $P = 0.9210$. Од тука може да се забележи дека по спроведената конвенционална пародонтална терапија не доаѓа до статистички значителна загуба на неорганската компонента од коренските површини, што од своја страна укажува и на сличност во соодносот на органскиот и неорганскиот супстрат кај коренските површини од пародонтално афектираните заби и од оние кај кои е спроведена ваквата терапија. (Таб. бр. 60.)

Врз основа на податоците презентирани во таб. бр. 61, може да се забележи дека постои статистички значајна разлика меѓу соодносот на неорганските компоненти кај коренските површини од заби кои се афектирани од пародонталната болест и коренските површини кои се добиени од заби кои се третирани со ласерски потпомогната пародонтална терапија. Концентрацијата на неорганската компонента е статистички значително помала кај коренските површини од забите кои се обработени со ласерски потпомогната пародонтална терапија, во однос на коренските површини кои потекнуваат од заби кои се пародонтално променети и на кои пред изведената анализа не е изведена било каква терапевска процедура.

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

Таб. бр. 61: Сооднос на неорганскиот дел кај испитувани површини од пародонтално афектирани заби и заби третирани со ласерски потпомогната пародонтална терапија
Tab. No. 61. Ratio of inorganic part in root surfaces from periodontal affected teeth and in teeth treated with laser assisted periodontal therapy

Difference	-0.319
Pooled Standard Deviation	0.1106
Standard error	0.03497
95% CI	-0.3898 to -0.2482
Test statistic t	-9.122
DF	38
Significance level	P < 0.0001

Таб. бр. 62: Сооднос на органскиот дел кај испитувани површини од пародонтално афектирани заби и заби третирани со конвенционална терапија
Tab. No. 62. Ratio of organic part in root surfaces from periodontal affected teeth and in teeth treated with conventional therapy

Difference	-1.683
Pooled Standard Deviation	0.1385
Standard error	0.04381
95% CI	-1.7717 to -1.5943
Test statistic t	-38.417
DF	38
Significance level	P < 0.0001

Врз основа на спроведената анализа може да се забележи дека постои статистички значајна разлика во содржината на органската компонента на цементот во примерокот добиен од пародонтално афектираните заби и во примерокот од забите третирани со конвенционална пародонтална терапија. При тоа органската компонента е статистички значително позастапена кај забите третирани со конвенционална пародонтална терапија во однос на пародонтално афектираните заби. (Таб. бр. 62.)

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

Таб. бр. 63: Сооднос на органскиот дел кај испитувани површини од пародонтално афектирани заби и заби третирани со ласерски потпомогната пародонтална терапија

Tab. No. 63. Ratio of organic part in root surfaces from periodontal affected teeth and in teeth treated with laser assisted periodontal therapy

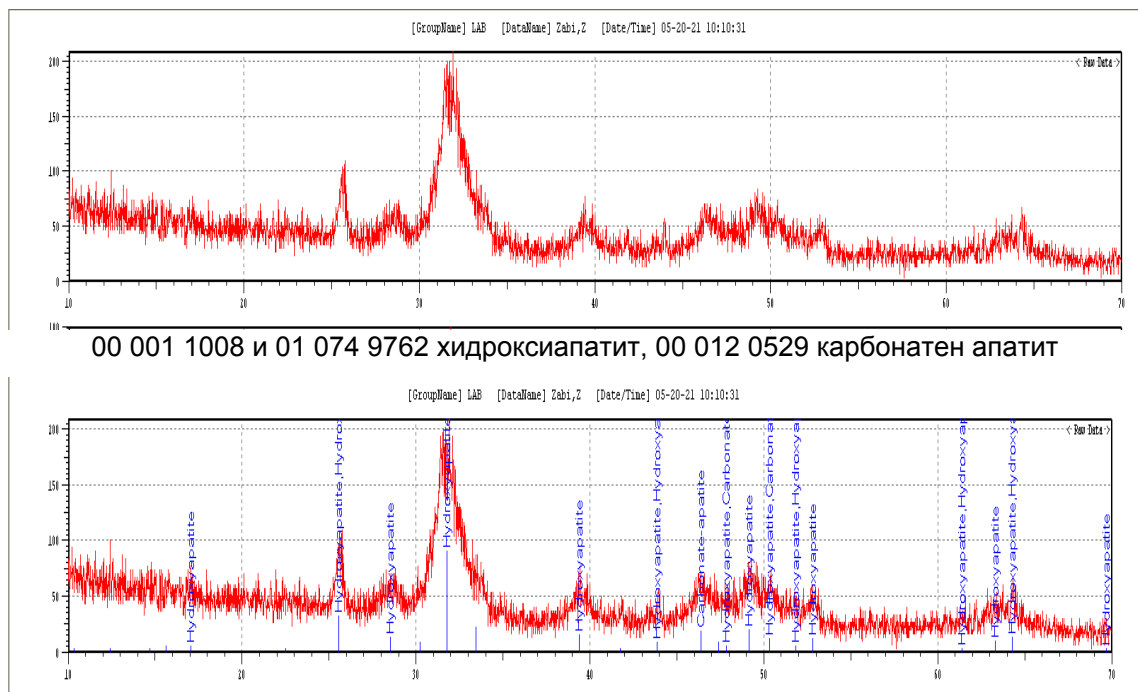
Pooled Standard Deviation	0.1385
Standard error	0.04381
95% CI	-1.7717 to -1.5943
Test statistic t	-38.417
DF	38
Significance level	P < 0.0001

Врз основа на обработените податоци може да се забележи дека постои статистички сигнификантна разлика во однос на количината на органскиот дел присутен во коренските површини добиени од заби кај кои постои пародонтална деструкција без да е спроведена пародонтална терапија и кај коренските површини добиени од заби третирани со ласерски потпомогната пародонтална терапија (за вредност на $P < 0.0001$). При тоа може да се забележи дека по изведувањето на ласерски асистирани пародонтална терапија значително се зголемува содржината на минералната компонента. (Таб. бр. 63.)

Минералoшки состав на цементот

Податоците за минералoшкиот состав на коренските површини кај сите испитувани примероци, вклучително и контролна група презентирани се на следниве графички прикази.

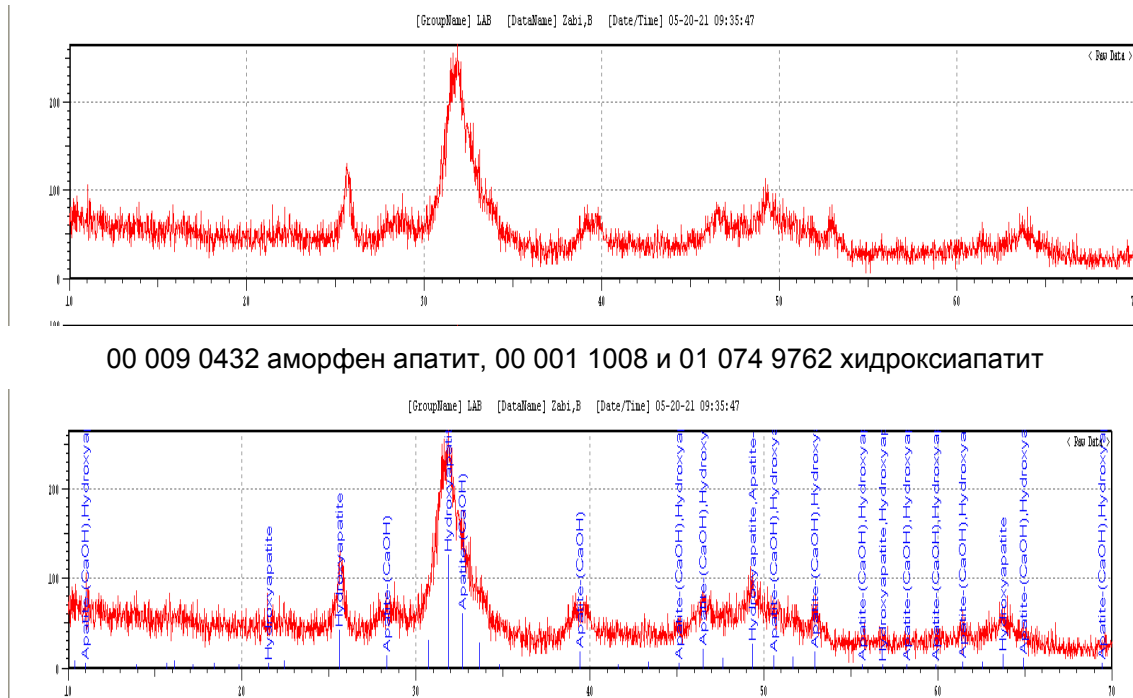
А) Минералoшки состав кај примерокот од здрави коренски површини



Сл. бр. 78: Минералoшки состав на примероците од нетретирани заб
Fig. No. 78. Mineralogical composition of untreated tooth samples

Од презентираниот наод може да се забележи дека доминантни минерали присутни кај овој примерок се хидроксилапатитот и карбонатниот апатит.

Б) Минералoшки состав кај примерокот од коренски површини од
пародонтално афектирани заби

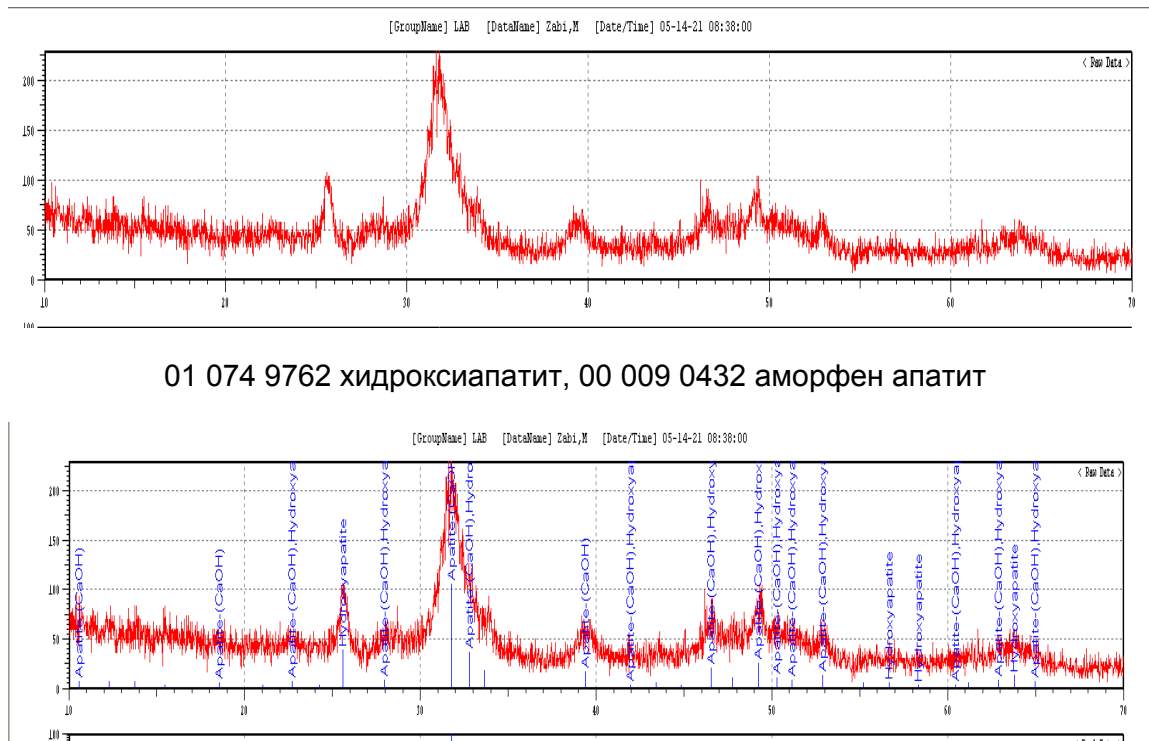


Сл. бр. 79: Минералoшки состав на примероците од патолошки променети
коренски површини
Fig. No. 79. Mineralogical composition of periodontally diseased root surface

Од графичкиот приказ произлегува податокот дека доминантни минерални единици присутни кај овој примерок се аморфниот апатит и хидроксилапатитот.

АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-

**В) Минералошки состав на примероците од коренските површини
третирувани со конвенционална терапија**

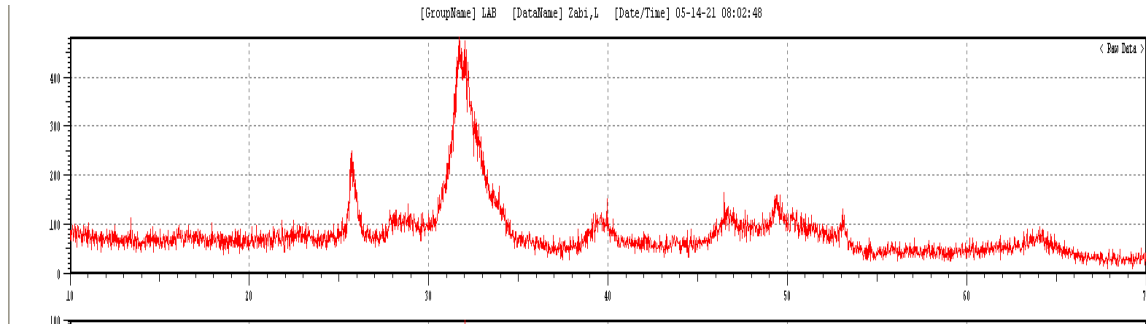


Сл. бр. 80: Минералошки состав на примероците третирувани со конвенционална терапија

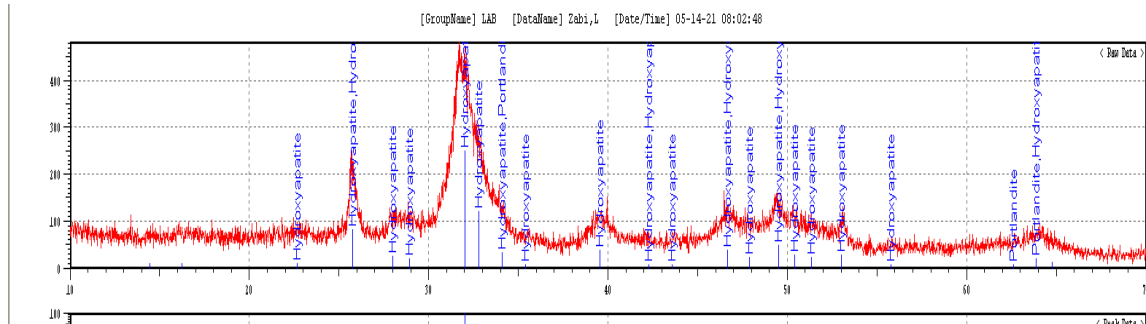
Fig. No. 80. Mineralogical composition of cement after conventional therapy

Од приказот може да се забележи дека доминантни минерални единици присутни кај овој примерок се аморфниот апатит и хидроксилапатитот.

Г) Минералошки состав на примероците од коренските површини
третирани со ласерски потпомогната пародонтална терапија



00 001 1008 и 01 074 9762 хидроксиапатит, 00 002 0967 портландит



Сл. бр. 81: Минералошки состав на примероците од патолошки третиран со
ласерски потпомогната пародонтална терапија
Fig. No. 81. Mineralogical composition of cement after laser assisted periodontal
therapy

Од графичкиот приказ се забележува дека доминантни минерали кај овој
примерок се хидроксиапатитот и портландитот (калциум хидроксид - со
кристална решетка слична на брушит).

Дебелина на цементот по спроведена пародонтална терапија

Врз основа на анализираните податоци, забележано е дека просечната дебелина на цементот кај здравите заби во испитуваната регија изнесуваше 174.6045 ± 10.14400 микрометри со Confidence interval од 171,3603 до 177,8487 микрометри. (Таб. бр. 68. и сл. бр. 90.) Дебелината на цементот која е одредена кај пародонтално променета коренска површина врз основа на податоците добиени во нашето истражување изнесуваше $159,6760 \pm 145,52132$ микрометри со Confidence interval од 155,0319 до 164,3201 микрометри. (Таб. бр. 69. и сл. бр. 91.)

Просечната, пак дебелина на преостанатиот цемент по спроведена конвенционална пародонтална терапија е најмала и изнесуваше $100,3535 \pm 16,00674$ микрометри, со Confidence Interval од 95,2343 до 105,4727 микрометри. (Таб. бр. 71. и сл. бр. 93.) И на крај, дебелина на преостанатиот цемент по спроведена ласер-потпомогната пародонтална терапија во ова истражување изнесуваше 122.1320 ± 18.91512 микрометри, со Confidence Interval од 116,0827 до 128,181 микрометри. (Таб. бр. 72. и сл. бр. 94.)

Таб. бр. 64: Просечна дебелина на цементот на нетретиран здрав заб
Tab. No. 64. Average thickness of untreated healthy cementum

Нетретирана површина		
Mean	N	Std. Deviation
174.6045	40	10.14400

Таб. бр. 65: Просечна дебелина на цементот кај пародонтално променети
коренски површини

Tab. No. 65. Average thickness of periodontally diseased root surface

Пародонтално променета површина		
Mean	N	Std. Deviation
159.6760	40	14.52132

АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-



Сл. бр. 82: Просечна дебелина на цементот на нетретиран здрав заб
Fig. No. 82. Average thickness of untreated healthy cementum



Сл. бр. 83: Просечна дебелина на цементот кај пародонтално променети
коренски површини

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

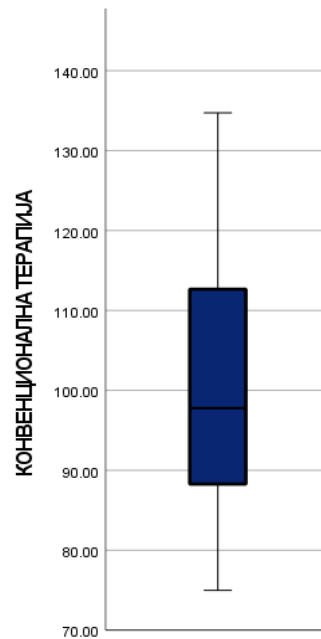
Таб. бр.66: Просечна дебелина на цементот по конвенционална терапија
Tab. No. 66. Average thickness of cementum after conventional therapy

Конвенционална терапија		
Mean	N	Std. Deviation
100.3535	40	16.00674

Таб. бр. 67: Просечна дебелина на цементот по ласерски потпомогната терапија

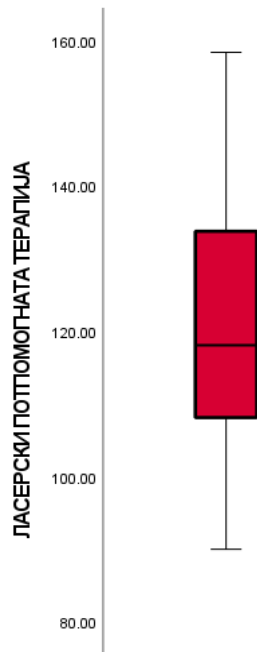
Tab. No. 67. Average thickness of cementum after laser assisted therapy

Ласер потпомогната терапија		
Mean	N	Std. Deviation
122.1320	40	18.91512



Сл. бр. 84: Просечна дебелина на цементот по конвенционална терапија
Fig. No. 84. Average thickness of cementum after conventional therapy

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**



Сл. бр. 85: Просечна дебелина на цементот по ласерски потпомогната терапија
Fig. No. 85. Average thickness of cementum after laser assisted therapy

Таб. бр. 68: Сооднос на дебелината на цементот кај контролната група и кај
забите на кои е изведена конвенционална терапија
Tab. no. 68. Ratio of cement thickness in the control group and in the teeth on which
conventional periodontal therapy was performed

Difference	-74.251
Pooled Standard Deviation	13.399934
Standard error	2.996316
95% CI	-80.216208 to -68.285792
Test statistic t	-24.781
DF	78
Significance level	P < 0.0001

Добиените податоци укажуваат дека постои статистички сигнификантна разлика во однос на дебелината на цементот присутен на коренските површини на контролната група и забите третирани со конвенционална пародонтална терапија. При тоа може да се забележи дека кај конвенционалната пародонтална терапија значително се намалува дебелината

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

на преостанатиот цемент во однос на дебелината на цементот кај здравите коренски површини. (Таб. бр. 68.)

Таб. бр. 69: Сооднос на дебелината на цементот кај контролната група и кај забите на кои е изведена ласерски потпомогната пародонтална терапија
Tab. no. 69. Ratio of cement thickness in the control group and in the teeth on which laser assisted periodontal therapy was performed

Difference	-52.4725
Pooled Standard Deviation	15.176997
Standard error	3.39368
95% CI	-59.228797 to -45.716203
Test statistic t	-15.462
DF	78
Significance level	P < 0.0001

Добиените податоци прикажани во таб. бр. 76 укажуваат на постоење статистички значителна разлика во однос на дебелината на цементот кај коренските површини добиени од здрави во однос на дебелината на коренски површини обработени со конвенционална пародонтална терапија за $P < 0.0001$. Од изведената анализа може да се заклучи дека после ласерска пародонтална терапија постои статистички значајно помало количество на цемент во однос на примерокот добиен од здрави заби. (Таб. бр. 69.)

Таб. бр. 70: Сооднос на дебелината на цементот кај кои е изведена конвенционална терапија и кај заби кои е изведена ласерски потпомогната пародонтална терапија

Tab. no. 70. Ratio of cement thickness in the teeth on which conventional peirodental therapy was performed and in teeth on which laser assisted periodontal therapy was performed

Difference	21.7785
Pooled Standard Deviation	17.52138
Standard error	3.9179
95% CI	13.978561 to 29.578439
Test statistic t	5.559
DF	78
Significance level	P < 0.0001

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

Направената корелација на дебелината на преостанатиот цемент кај забите на кои е изведена конвенционална и ласерски потпомогната пародонтална терапија укажува дека постои статистички значителна разлика во дебелината на преостанатиот цемент ($P < 0.0001$). Од резултатот може да се види дека кај коренските површини каде што е изведена конвенционална терапија постои значително помало количество на преостанат цемент во однос забите кај кои е спроведена ласерски потпомогната пародонтална терапија. (Таб. бр. 70.)



ДИСКУСИЈА

ДИСКУСИЈА

Основен клинички белег и патогномоничен знак за присуството на пародонталната болест претставува пародонталниот џеб. Во суштина, станува збор за „патолошки продлабочен“ гингивален сулкус. Во текот на самата пародонтална болест доаѓа до алтерација и губење на сите интегративни компоненти на забно-потпорниот апарат. Во една крајна инстанца сите овие патолошки збиднувања, ако не се третирани водат до загуба на забите.

Најголемо внимание во однос на проучувањата на пародонталната болест се насочени кон нејзиниот третман. Примарна цел во пародонталната терапија е соодветно отстранување на микроорганизмите од коренската површина. Тоа во суштина значи да се направи целосно отстранување на бактериските депозити - денталниот плак, забниот камен, субгингивалните конкременти и ендотоксинот. Како крајна цел на терапијата е да се добие третирана коренска површина која е биолошки компатибилна со преостанатите ткивни компоненти на домаќинот. (Badersten et al, 1981; Badersten et al, 1984; Eschler & Rapley, 1991; Axelsson et al, 1991)

Она што мора да се наспомене е дека сè уште механичкиот дебридман на коренската површина се смета за златен стандард во нехируршката пародонтална терапија. Сепак, комплетното отстранување на бактериските депозити и нивните токсини од коренската површина на пародонтални џебови не може секогаш во целост да се постигне со конвенционалниот механички третман. (Adriaens et al, 1988)

Поради тоа како неопходно, се наметнала потребата од воведување на нови системи за обработка на коренската површина од една страна, како и потребата од понатамошно подобрување на моментално употребуваните механички инструменти, од друга страна.

Едни од иновативните системи за обработка на пародонталните џебови преставуваат денталните ласери или ласерската технологија која се повеќе навлегува во секојдневната стоматолошка пракса. Имено, во потрагата по поефикасен и поедноставен начин на инструментација голем број истражувачи ги препорачуваат ласерите како алтернатива или дополние на

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

конвенционалната терапија. (Aoki et al,1994; Schwarz et al, 2001b; Ando et al, 1996)

Оттука, може да се забележи дека ласерите се едно од најветувачките иновативни алатки, алатки на иднината во нехируршката пародонтална терапија и тоа во контекст на модификација на ткивниот пародонтален супстрат, детоксификација и бактерициден ефект на коренската површина. И покрај мноштвото на ласерски системи кои што може да се користат во пародонтологијата, како што е претходно напоменато, ербиумовата група на ласерите се една од најиспитуваните, токму во оваа област. Поради бројните ефекти кои што ги има ласерската светлина, како и можноста да доспее до деловите кои се недостапни за конвенционалните инструменти го прави овој метод посупериорен.

Во современата литература може да се најдат бројни податоци кои укажуваат дека употребата на ласерите во пародонталната терапија доведува до: (1) инхибиција на бактеријата (Pinero, 1998), (2) отстранување на патолошки променетиот епител на пародонталниот џеб и ефикасно отстранување на субгингивалниот калкулус (Gold & Vilardi, 1994) и (3) подобрување на пародонталната регенерација без оштетување на околната коска и пуплиното ткиво и без продуцирање на размекнат слој. (Romanos, 1994; Israel et al, 1995; Takeda et al, 1999; Eberhard et al, 2003)

Употребата на Er:YAG ласерот во нашето истражување се базира на претходно напоменатите позитивни ефекти, како и на фактот дека овој ласер делува и на меките и на тврдите ткива. Ishikawa и соработниците уште во 2003 година укажале дека Er:YAG ласерот може да се употребува за третман на пародонталните тврди ткива (односно да се користи за дебридман на коренската површина), како и за третман на гингивата. (Ishikawa et al, 2003)

Како што напоменавме, целокупното отстранување на наслагите од коренот на забот се важен дел во третманот на пародонталната болест. Но, ефектот од спроведената терапија потребно е да резултира со биолошки прифатлива коренската површина.

Прашање кое неминовно се наметнува е - што значи креирање на биолошки прифатлива површина? Односно, можеби позначајно прашање е каква треба да е коренската површина по спроведениот пародонтален

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

дебридман? Она за што постои консензус е дека биолошки прифатлива мазна и цврста коренска површина е предуслов во одржувањето на пародонталното здравје на долг рок. (Aroga et al, 2016) Тоа, во суштина е површината која ќе биде креирана после дебридманот и треба да биде основа за повторно создавање на припој - атачмент. Од хистолошки аспект тоа значи дека треба да се создадат услови за формирање на нов ацелуларен надворешен влакнест цемент.

Разбирањето на наноструктурата на цементот, како што е наспоменато може да помогне во дизајнирањето на соодветна биомиметичка основа која ќе се совпадне со механичките и хемиските својства на површината на коренот. Со ова би се обезбедило поволно микромеханичко опкружување за прогениторните клетки и услови за успешна регенерација токму на ацелуларниот надворешен влакнест цемент.

Познато е дека површинската топографија и хемиските карактеристики влијаат на самите клетки, кои од своја страна учествуваат во процесот на заздравување на пародонтот.

Schwarz и соработниците (2001;2003) укажале дека употребата на Er:YAG ласерот овозможува создавање на подобри услови за адхеренција на фибробластите во однос на конвенционалната обработката на коренските површини. На тој начин се согледува која е поврзаноста на ласерската светлина во процесот на создавање на биолошки прифатлива коренска површина. Слични вакви податоци презентирале и Feist и соработниците (2003).

Исто така, забележано е дека постои значително поголема клеточна атхезија на *in vivo* ласерски третирани коренски површини во однос на механички обработените третирани коренски површини. (Schwarz et al, 2003) Поради тоа најголемо внимание во нашето истражување беше насочено токму кон површината на коренот и влијанието на различните терапевтски модалитети на истиот.

Најчесто анализирани карактеристики на коренските површини се неговата тврдина, модулот на еластичност и површинската грубост односно рапавост. (Ho et al, 2004) Мора да се наспомене дека рапавоста односно грубоста игра значителна улога во одредувањето на тоа како еден објект ќе реагира со неговата средина.

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

Она што се наметнува како прашање е тоа како површинската рапавост може да се согледа од пародонтолошки аспект? Наједноставно со фактот дека комплексната површинска топографија, на микрометарски и нанометарски димензии, влијае на адхезијата и диференцијацијата на остеобластите и фибробластите, како и на морфологијата на овие два типа на клетки. (Vren et al, 2004)

Според Dangaria и соработниците (2011), рапавата коренска површинска топографија го зголемува ослободувањето на сигналните молекули од екстрацелуларниот матрикс и со тоа делува на фокалната адхезија на клетки и промовира повторен атачмент на клетките од периодонциумот на самата природна коренска површина. (Dangaria et al, 2011) Карактеристиките на површинската топографија на екстрацелуларниот матрикс делува и на прогениторните клетки со цел да постигнат потполна регенерација на комплексната целуларна и структурна морфологија на ткивата кои се зафатени со пародонталната болест. (Dangaria et al, 2011a)

Во едно истражување од Kolindet и соработниците од 2014 година откриено е дека од исклучително значење за процесот на заздравување на пародонтот игра рапавоста, пред сè поради фактот што современите студии во областите на ткивното инженерство и регенеративната медицина покажале дека одлуката односно судбината за понатамошните активности на матичните клетки е силно поврзана со површинската топографија. (Kolindet al, 2014) Топографските карактеристики на површината играат важна улога во адхезијата, пролиферацијата, диференцијацијата и минерализацијата на матичните клетки. (Zhang et al, 2014) Според концептите на функционално ткивно инженерство, клетките можат да ги „почувствуваат“ и да одговорат на механичките фактори и разни други знаци на подлежачкиот супстрат. (Guilak et al, 2001)

Во современата дентална наука, стандарден метод за одредување на рапавоста на коренската површина сè уште не е презентирани. Исто така и податоците презентирани во литературата кои се однесуваат на клеточната атхезија на неструктурирана рапава површина, што учествува во градбата на мноштво природни површини, останува сè уште контроверзна и не постои

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

достапна рамка за да се интерпретираат или само да се сумираат ваквите резултати. (Kumar et al,2015)

Во литературата може да се забележат автори како Kunzler и соработниците (2007) кои укажуваат на намалена пролиферација и атхезија при зголемување на површинската рапавост. Друга група на автори како Li и Logan (2004), Webster и Eijofor (2004) го тврдат сосема спротивното. De Oliveira и соработниците (2007) пак публикуваат податоци во кои укажуваат на минимално влијание на рапавоста врз пролиферацијата и атхезијата на клеточните структури. Dalby и соработниците (2002) и Fan и соработниците (2002) во своите трудови дури ја опишуваат „оптималната“ рапавост како најподобна за максимална пролиферација и адхезија на клеточните структури.

Површинската топографија или текстура се однесува на природата на површината и е дефинирана со три карактеристики на општиот изглед на површината: слоевитост, површинска рапавост и брановидност. Рапавоста, од своја страна е дефинирана од вертикалните соодноси на една вистинска површина од нејзината идеална форма. Ако овие соодноси се големи тогаш се смета дека површината е рапава, ако тие се мали тогаш површината е мазна. Сепак вредностите кои се однесуваат на површинската рапавост зависат од различните мерни скали. (Thomas, 1999)

Површинската топографија може да се анализира не само на целуларно ниво, туку и во димензии на нанометарска скала. Површинските хемиски карактеристики, исто така, мора да бидат совршено контролирани и одредени за да се проучи однесувањето на клетките бидејќи модификацијата на површинската топографија може да ги измени истовремено и хемиските карактеристики.

До денес сè уште не постои консензус за тоа со која комбинација на параметри за површинската рапавост најдобро би се опишале значајните топографски карактеристики на коренската површинска рапавост. (Yoshida et al, 1999) Рапавоста, освен од мерните скали е зависна и од големината на површината. Поради тоа се појавуваат разлики кога се испитуваат поголеми површини. (Leitão,1982; Tholt de Vasconcellos et al, 2006) Со оглед на тоа, зависно од големината на испитуваната површина можна е појава на дискрепанции во резултатите.

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

Некаде од 60 години на минатиот век до денес направени се бројни испитувања во однос на ефектот на рачните или машинските инструменти на коренските површини и истите податоци даваат доста различни и контрадикторни резултати. Па така, рапавоста која се јавува на коренската површина при користење на различни инструменти за обработка на коренските површини е испитувана од страна на бројни студии во минатото. (Lie & Leknes, 1985; Breininger et al, 1987; Leon & Vogel, 1987; Laurell & Pettersson, 1988; Jotikasthira et al,1992; Cross-Poline et al,1995)

При одредувањето и анализата на грубоста, она што е можеби позначајно е да се направи правилна анализа на грубоста (рапавоста) и истите карактеристики да се поврзат со параметрите што ја опишуваат функционалноста, од кои најзначајни се биолошките функции како што се: адхезија на клетките, нивна миграција, размножување, итн. (Ponche et al, 2010)

Пред да биде извршена анализа и соодветни мерења на рапавоста, површината треба да се снима. Без оглед на мерењето на рапавоста, терминот на рапавост значи дека амплитудата на површината дефинирана со z е дадена со функција од $z = f(X)$ за одредување на профилните карактеристики и $z = f(x,y)$ за одредување на површинските карактеристики. Она што мора да се наспомене е дека нема протокол во нормализацијата и оптимализација на грубоста според ISO стандардизацијата. (American Society for Mechanical Engineers,1996)

Во основа, дводимензионалните параметри на рапавоста на површината се категоризираат во три групи (според нивната функционалност) (Whitehouse, 1994). Тие се дефинирани како параметри на амплитудата, параметри на проредот и хибридни параметри. Овие параметри се исти и при тридимензионалните испитувања, но тука се појавува и друга категорија на параметри означени како просторните параметри, насоката на текстурата и доминантната брановидност (Stout et al, 2000). Најкористен параметар на грубоста/рапавоста во полето на биоматеријалите, меѓу кои е и самиот цемент како главна компонента на коренските површини е параметарот Ra (American Society for Mechanical Engineers, 1996; International Organization for Standardization, 2002). За поточно и поконкретно анализирање на површината

потребно е да се користат и некои параметри на амплитудата, како што е Surface skewness со ознака Sk. (Bigerelle & Iost, 2007).

Во современата литература е докажано дека долгорочната адхезија е во значителна корелација со топографијата на површината, особено со хибридните параметрите на грубост, додека пак краткорочната адхезија е под влијание на хемиските карактеристики на површината (Anselme et al, 2000; Haleb et al, 2001; Ponsonnet et al, 2002; Vite et al, 2004; Anselme & Bigerelle, 2006; Wirth et al, 2008; dos Santos et al. 2009).

Клетките реагираат со различните наноструктури и микроструктури, како на пример, со екстрацелуларниот матрикс каде што нанодимензионалните колагени фибрили се организирани во тродимензионална (3Д) мрежа на влакна со големина на неколку микрометри. Оттука, неопходно е подобро да се разбере како различните типови на клетки комуницираат со основата која треба да ја населат.

Што се однесува до механизмите на одговор на клетките и топографијата на површината, укажано е дека клетките реагираат соодветно само во присуството на дисконтинуитети на површината. Дисконтинуитетите се дефинирани како структури со радиус на закривеност помала од просечната должина на псевдоподиите или на растојанието од сензорните елементи кои ги контролираат движењата на клетките. (Curtis & Wilkinson, 1997)

Во современата литература, може да се забележат бројни контрадикторни податоци кои се однесуваат на процената на рапавоста после извршената СЕМ анализа. Schwarz и соработниците (2001), Crespi и соработниците (2005), De Mendonca и соработниците (2008), Ota-Tsuzuki и соработниците (2009), Tsurumaki и соработниците (2011), Santos и соработниците (2012), Laxman и соработниците (2015) и Agoob Alferganу и соработниците (2019) покажале дека грубоста на коренската површина по обработка на пародонталните џебови со ласер е помала од таа која се создава при користење на другите методи. Вака презентирани податоци во комплетност се совпаѓаат со резултатите добиени во ова истражување.

Во ова наше истражување врз основа на процената на податоците добиени од арбитрарната скала за микрофотографиите од СЕМ анализа и врз основа на просечната вредност за напредноста и изразеноста на физичките

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

промени може да се забележи дека површината на цемент е порапава кај испитуваните групи, односно кај коренските површини кои се третирани со конвенционална терапија или пак со ласер асистирана пародонтална терапија. Проценетите вредности за експресијата и прогресијата на физичките промени според арбитрарна скала за проценка од седум степени презентирани од Schwarz и соработниците од 2001 година кои се присутни на здрави коренски површини изнесува $1,6 \pm 0,50$ (таб. бр. 3.), кај забите третирани со конвенционална терапија вредностите варираат во интервалот $5,9 \pm 0,72$ (таб. бр. 4.) и кај ласерски асистирана пародонтална терапија истите се во границите од $3,55 \pm 0,71$. (таб. бр. 5.)

Врз основа на спроведената анализа (таб. бр. 8.) може да се забележи дека кај коренските површини кои се третирани со конвенционална пародонтална терапија постојат статистички значително поголеми експресија и прогресија на физички промени на површината во однос на ласерски третирани забите.

За разлика од претходно наспоменатите податоци, Folwaczny и соработниците (2002) по спроведената СЕМ анализа укажале дека грубоста на коренската површина по ласерската терапија е скоро идентична на онаа по обработката на пародонталните џебови со рачни или ултразвучни инструменти. Наспроти тоа, Schimidlin и соработниците (2001), Amid и соработниците (2017) и Profili и соработниците (2019) публикуваат податоци според кои коренските површини обработени со рачни кирети се помазни во споредба со ултразвучната и ласерска инструментација и истата резултира со похомогена површина на коренот.

Сметаме дека причината за ваквите спротивставени резултати во однос на нашата студија се должи на фактот дека рапавоста е зависна пред сè од големината на испитуваната површина. Поради тоа се појавуваат разлики кога се испитуваат поголеми површини. (Leitão, 1982; Tholt de Vasconcellos et al, 2006) Со оглед на тоа, зависно од големината на испитуваната површина можна е појава на дискрепанции во резултатите. Присуството на поголема рапавост исто така може да се должи на несоодветна терапевска постапка, што се потврдува и со литературните податоци според кои поголема рапавост се добива со зголемување на моќноста на ласерите. (Amid et al, 2019)

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

Врз основа на литературните податоци и презентираниите резултатите во ова истражување може да се заклучи дека **тераписките модалитети вклучени во ова истражување влијаат на грубоста (рапаповста) на површината на коренот по третманот.**

Како што може да се забележи поранешните истражувања укажувале на штетните ефекти од ласерскиот третман со Er: YAG ласерот на цементните површини од корените на извадени заби, вклучувајќи создавање на кратери и распукување на цементот како последица на топлината, без оглед на присуството на течноста за ладење, односно воден спреј. (Chanthaboury & Irinakis, 2005) Други посовремени истражувања, како што е претходно наспоменато, укажуваат на помала загуба на цемент и грубост на коренот при обработка со Er: YAG ласер во споредба со ултразвучни и рачни инструменти. Ова наше истражување се вклопува во оваа група на истражувања, при која добиената површина од испитуваните површини обработени со ласерски асистирани терапија се карактеризира со помала рапавост на коренот во однос на површините обработени со конвенционална пародонтална терапија.

После изведената анализа на забите третирани со рачна инструментација, кај помалите зголемувања, после спорведената SEM анализа, на обработениот цемент радикуларната површина се забележува правилна површина со малку брановидни промени. Но, на поголеми зголемувања забележани се многу гребнатини кои се предизвикани од движењата на самите инструменти и длабоки дефекти. Анализираниот примерок покажал и дека е отстранет дел од слојот на дентинот.

Површинската топографија која резултира од различните терапевтски техники на обработка на коренските површини се разликува, и е зависна од методологијата на изведувањето. Со цел да ја добиеме природата на испитуваните површини, во текот на нашето истражување користени се тридимензионални параметри за вертикалните карактеристики на површинските отстапувања. поточно амплитудните параметри:

- RMS рапавост (R_z или R_q) - квадратен корен на просечна вредност на отстапувања/амплитудите на профилот од средната линија.

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

- Просечна рапавост (Ra) - аритметичка средина на апсолутните отстапувања на профилот на грубост од средната линија.
- Просечна висина (Sq).
- Surface Skewness.
- Surface Kurtosis.

* Комбинацијата на искривеност и куртоза може да биде корисна за да се опише обликот на топографската распределба на висината.

Треба да се наспомене дека во современите испитувања некои автори пресметуваат повеќе параметри на рапавост и потоа статистички ги поврзуваат со биолошките параметри со цел да се утврдат соодносот на параметарот и површината на која клетките реагираат и се населуваат. Користејќи го овој пристап се покажа дека параметрите што ја опишуваат топографијата и особено нејзиниот степен на организација се параметрите кои подобро корелираат со адхезијата на примарните плурипотентни клетки кај човекот. (Anselme & Bigerelle, 2005)

Покрај тоа, во современите истражувања откриено е дека дводимензионалните мерења не се доволни за карактеризирање на површините на коренот. (Kocher et al, 2002)

Врз основа на добиените податоци за параметрите кои се однесуваат на површинската рапавост, може да се забележи дека просечната рапавост на коренските површини од здравите заби (Ra) изнесува 0.3982 ± 0.3131 (таб. бр. 9.), просечната рапавост по конвенционалната терапија изнесуваше $0,4394 \pm 0,109$ (таб. бр. 10.) и $0,2425 \pm 0,1091$ после ласерски потпомогната пародонтална терапија (таб. бр. 11.)

Сепак после спроведената АФМ анализа на параметрите кои се однесуваат на просечната рапавост (Ra) забележано е дека постои статистички сигнификантна разлика помеѓу контролната група и групата третирана со ласерски потпомогната терапија.

Просечната површинска рапавост на коренските површини одредена на нетретирани заби во нашето истражување е пониска од добиените вредности презентирани од Agora и соработниците (2016), додека е во корелација со податоците презентирани од страна на Folwaczny и соработниците (2002).

Резултатите презентирани во ова наше истражување кои се однесуваат на **просечната рапавост после конвенционалната терапија** изнесува $0.4394 \mu\text{m}$ и се корелација со резултатите кои се однесуваат на просечната грубост презентирана од страна на Busslinger и соработниците (2001) и Vastardis и соработниците (2005).

Презентираните просечни вредности кои се однесуваат на Ra се помали за рачна инструментација отколку резултатите добиени од истражувањата на Cross-Poline и соработниците (1995) и Kishida и соработниците (2004), Dahiya и Kamal, R. (2012), Mittal и соработниците (2014), Aroga и соработниците (2016), Graetz и соработниците (2017) и Arefnia и соработниците (2021) година.

Просечната површинска рапавост (Ra) кај заби на кои е спроведен **ласерски третман** во нашето истражување беа со пониски вредности за разлика од оние добиени од Aroga и соработниците (2016) и Hosseinipour и соработниците (2018).

Слично како и податоците презентирани во нашето истражување, така и Solís Moreno и соработниците во 2012 публикувале дека просечни промени во вредноста на средната грубост на површината после спроведената терапија е намалена за $0,11 \pm 0,3$.

Разликата во добиените резултати сметаме дека се должи на самата испитувана површина, односно зависи од регијата која што треба да се испитува. Понатаму, можноста за појава на грешки во скенирањето на соодветната област може да даде исклучително различни вредности на мерење. Оттука, она што мора да се забележи е дека вредностите на различните параметри на грубоста се силно зависни од условите за мерење и дека резултатите од една студија не можат директно да се споредат со друга.

Во едно истражување на Haroon и соработниците (2021) откриле значително помали вредности за Ra и RMS кај нетретирани заби во споредба со другите групи третирани со различни терапевски модалитети ($p < 0,01$), при што овие вредности биле значително повисоки во однос на примерокот добиен од нетретирани површина ($p < 0,05$). За разлика од овие публикувани податоци во нашето истражување вредностите за овие параметри се пониски на површините кои не се третирани, но при тоа не постои

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

значителна разлика во вредности за Ra и RMS кај нетретираниите заби во споредба со забите третирани со конвенционалниот метод.

И во овој дел сметаме дека разликите во резултатите се должи на самиот метод на одредување, зголемувањето и зависи од регијата која што треба да се испитува. Понатаму, и во овој дел од истражувањето постои можност за појава на грешки во скенирањето на соодветната област и истото може да даде исклучително различни вредности на мерење. И како што е претходно заклучено, вредностите на различните параметри на грубоста се силно зависни од условите за мерење и резултатите од една студија не можат директно да се споредат со друга.

Во едно истражување публикувана од страна на Zafar (2016) кое е насочено кон откривање на физичките параметри на рапавоста откриено е дека кај контролната група, која ја претставуваат нетретирани заби, максималната висина на врвовите изнесувала на 92 μm , додека максималните вредности на долините изнесувала 132 μm . Вредноста за RMS за контролната група изнесувала $12,61 \pm 3,78 \mu\text{m}$ и $4,79 \pm 1,10 \mu\text{m}$ за групата третирана со конвенционална пародонтална терапија. Слични резултати се добиени и при изведувањето на нашата студија.

Она што може да се забележи од нашето истражување е дека без разлика на тоа кој начин за обработка на коренските површини се изведува, односно без разлика дали се изведува конвенционална или пак ласерски асистирани, секогаш се појавуваат одредени промени на рапавоста на површинската текстура, во однос на рапавоста кај нетретираниите коренски површини. При тоа забележано е дека постои статистички сигнификантна разлика помеѓу RMS вредностите за рапавост и вредностите за просечната рапавост (Ra) на анализираните податоци за површинските амплитудни параметри на трите независни групи (контролната група, коренските површини добиени од заби кои се третирани со конвенционална терапија и од заби кои се третирани со ласерски потпомогната пародонтална терапија).

Анализата на варијанса покажа дека постои голема значајна разлика ($p < 0,05$) помеѓу тестираните параметри за вредностите на RMS, просечната грубост, Surface Skewness и Surface Kurtosis кај трите испитувани групи.

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

Surface Skewness е мерка за симетрија на кривата што ја опишува распределбата на врвовите и долините на површинските височини. Во суштина, овој параметар го претставува степенот на симетрија на површинските височини и долини во однос на просечната рамнина. $Ssk < 0$ укажува на доминација на долини, додека $Ssk > 0$ доминација на врвови. Ако Ssk изнесува нула, постои совршена симетрија. Ако вредноста е помала од -1 или поголема од $+1$, распределбата е многу искривена. Ако вредноста е помеѓу -1 и $-0,5$ или помеѓу $+0,5$ и $+1$, дистрибуцијата е умерено искривена. Ако Ssk е помеѓу $-0,5$ и $+0,5$, распределбата е прилично симетрична.

Врз основа на резултатите од нашата студија може да се заклучи дека вредностите за Surface skewness ($0,4978$) укажуваат дека распределбата на врвовите е прилично симетрична кај забите со конвенционален третман. Вредностите за surface skewness кај контролната ($0,5199$) и кај групата на коренски површини третирани со ласер ($0,5869$) укажуваат дека кај истите дистрибуцијата е умерено искривена.

Параметарот куртозата (Surface Kurtosis) е мерка на зашиленост или острина, на топографијата за распределба на висината и е означена со Rku . Доколку вредноста на Rku од поголема од 3 укажува на присуство на невообичаено високи врвови/ длабоки долини (и станува збор за лептокуртичка површина), а доколку вредноста Rku е помала од 3 покажува недостаток од истите (платикуртичка површина). Во оваа студија, сите три испитувани примероци од коренските површини (третирани и нетретирани) беа лептокуртични.

Од анализата на хистограмите на сите измерени точки, височините и симетријата, како и отстапувањето од идеалната нормална (т.е. камбановидна) крива претставена со skewness и kurtosis, кај нетретираниите и со ласер третираниите заби укажуваат дека е присутна умерено искривена и лептокуртична дистрибуција (присуство на високи и остри врвови/длабоки долини).

Сепак двата клучни параметри што се користат за да се опише асиметријата и распределбата на височините на површинската текстура, искривеноста и куртозата, имаат позначаен ефект врз контактните параметрите, бидејќи нивното влијание доведува до различни модели на

однесување во зависност од опсегот во кој се наоѓа параметарот, ако станува збор за позитивна или негативна закривеност и ако вредноста е поголема или помала од 3 за куртозата. (Bastos et al, 2016)

Испитувањето на 3D површинската текстура е од особено значење пред сè поради тоа што стрмните карактеристики на грубите површини може да ја попречат пролиферацијата на клетките и истата е поврзана со вертикалните топографски карактеристики (S_{sk} и S_{ku}) (Rosales-Leal et al, 2019; Pacha-Olivenza et al, 2019)

Острите врвови на интерфејсот помеѓу два различни материјали имаат тенденција да доведат до зголемен стрес. Сите ткива во организмот се чувствителни на стрес. Според теоретски основи, коефициентите на асиметрија и накосеност може да даде вредни дополнителни информации за кванитетот и квалитетот на грубоста на површината. (Hanson & Hanson, 2011) Бидејќи вредностите на овие два параметри, може да се претпостави дека влијаат на ткивниот одговор и реатачменот, се предлага овие параметри да бидат вклучени во множеството параметри што се користат за карактеризирање на грубоста на површината на забниот цемент.

Во зависност од карактеристиките на грубоста (рапавоста) на површината, клетките можат да развијат различни фенотипски карактеристики. Така на пример, клетките слични на остеобластите покажуваат различни фенотипски карактеристики зависно од рапавоста, како што е полесно прилепување кон погруба микротопографија и повеќе диференцирани морфолошки карактеристики. (Janiszewska-Olszowska et al, 2020)

Мора да се наспоме дека, постоењето на субгингивално локализираните груби површини можат да бидат корисни за процесот на заздравување после самата пародонтална терапија, пред сè поради тоа што се подобруваат адхезијата на стабилна фибринска мрежа и доведува до последователна миграција на фибробластите и плурипотентните екто-мезенхималните клетки. Овие интеракции го забрзуваат процесот на регенерација на самиот пародонт. (Theodoro et al, 2006)

Значењето во испитувањето на рапавоста уште повеќе се потврдува и преку истражувањето на Foroutan и соработниците (2013) кои направиле анализа на влијанието на комбинацијата на терапија со употреба на ултразвук

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

и Ег: YAG ласерот во дебридманот на површината на коренот што е афектиран од пародонтопатија. Оваа анализа укажала на тоа дека иако различните методи за обработка на забните површини може да се разликуваат во други аспекти, сепак сите се во врска со морфологијата на фибробластите. Исто така, покрај моќноста, времето на емитување на ласерот, исто така, може да влијае и на морфологијата на клетките.

И неминовно, за крај мора да се наспомене уште еднаш ставот Американската академија за пародонтологија (APP) (2011), според која здравјето на пародонталните ткива треба да се постигне и одржува со употреба на најмалку инвазивни пристапи. Сепак, од ова истражување докажавме дека текстурата на површината и биофизичките својства на површината можат да бидат засегнати од типот на инструментот кој се користи за третман.

Како и во минатото и денес се потврдува ставот дека грубите површини се поврзани со повисока акумулација на биофилм. (Dassatti et al, 2020) Поради тоа од особено значење е да се одреди нивото на рапавост кое ќе овозможи атхезија на клетките, а од друга страна ќе оневозможи населување на микроорганизми и формирање на дентален плак.

Од посебно значење е улогата на различните хемиски елементи во метаболизмот на неорганските соединенија и процесот на минерализација на самите цврсти забни ткива. Подеталното проучување на микроелементите во здравите и заболените забни ткива, станува можно со примена на бројни современи методи. Резултатите од многубројните експериментални и епидемиолошки истражувања се многу често неконзистентни, што од своја страна укажува на тоа дека овој проблем сè уште е актуелен и недоволно проучен до денес.

Мора да се наспомене дека постојат ограничен број студии кои се изведени со цел анализа на распределбата на различни елементи во забниот цемент, но до денеска не може да се постигне консензус во врска со појавата или распределбата на различни елементи. Како што може да се види и од споредбата на резултатите од нашата студија со други студии најчесто се презентираат контрадикторни податоци. Исто така, постојат мал број на претходно публикувани студии во кои се врши анализа на хемиските промени

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

на површините на коренот по спроведената конвенционална и ласерско потпомогната пародонтална терапија.

Значењето на одредувањето на присутните хемиски елементи е пред сè поради фактот што одреден број на студии докажале и дека **хуманите остеобласти и фибробласти се способни да идентификуваат и да одговорат и на малите измени во хемискиот состав на основата.** (Zreiqat et al, 1999; Howlett et al, 1999)

Коренската површина афектирана од пародонталната болест може да покаже различни хемиски промени во зависност од локацијата на коренот во однос на околината. Хемиската анализа на изложената површина на коренот на оралната средина покажуваат зголемување на концентрацијата на калциумот, магнезиумот и фосфорот со длабочина на пенетрација 50µm или помалку во цементот. Во едно истражување презентирано од страна на Alvarez-Pérez и соработниците, забележано е дека кристалите на хиперминерализираната површинска зона се поголеми отколку во подлабоките слоеви на цементот. (Alvarez-Pérez et al, 2005)

Во здравиот цемент, органските материи кај цементот заземаат 23 % и оваа компонента е доминантно изградена од колаген и сродни органски материи кои ги градат различните влакнести структури. Неорганските материи заземаат околу 65 % од кој доминира хидроксил апатитот. Количеството на флуор во цементот е најголемо во однос на преостанатите цврсти забни ткива. Водата го гради преостанатите околу 12 %. (Minovska & Petrovski, 2014)

Најчестите елементи откриени на површината на коренот од страна на Mohan и соработниците (2013), биле фосфорот, калциумот, бакарот, цинкот и магнезиумот, додека други откриени елементи, биле и натриум (Na), хлор (Cl), калиум (K), алуминиум (Al) и сулфур (S). Овие презентирани податоци се слични со резултатите добиени од нашето истражување.

Калциумот и фосфорот се главните елементи во хидроксиапатитот содржани во емајлот, цементот, дентинот и коските. Анализата на застапеноста на калциумот и фосфорот по различни регии, длабочини и после спроведени различни терапевтски активности на цементот укажуваат дека тие се доста различно застапени. Па така, откриено е дека во подлабоките слоеви

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

застапеноста на калциумот и фосфорот се намалува, додека се зголемува содржината на органските материи. (Carranza & Camargo, 2012)

Во текот на нашето истражување откриени се концентрации на калциумот од 68.279 ± 0.066 % и на фосфорот од 30.773 ± 0.209 %. Значително поразлични податоци презентирале Rex и соработниците (2005), според кои средните концентрации на Ca во цементот варираше во границите од 24,0% до 29,24% и просечната концентрација на P варира од 11,6% до 13,49%.

Во текот на нашето истражување забележано е статистичко сигнификантно намалување на концентрацијата на калциум и сигнификантно зголемување на концентрацијата на фосфор кај заболените во однос на здравите заби. Наспроти тоа, Selvig и Zander (1962) и Wirthiin и соработниците (1979) објавиле резултати од што укажуваат на повисока содржина на Ca и P кај заболените во однос на незаболените корени површини. Исто така, наспроти нашите податоци, Khounganian и Osman во 2006 укажале на фактот дека во површински слој на цементот од пародонтално афектираниот цемент има релативно зголемување од 7-10% во содржината на калциум во споредба со здравиот цемент.

Процентот на застапеност на калциум присутен во коренските површини после конвенционалната терапија во однос на коренските површини третирани со Er: YAG ласерска светлина со енергија од 150 mJ група презентирани од страна на Amid и соработниците (2017) е помал кај групата третирана со ласерски асистирани пародонтална терапија. Отсуството на каква било значајна разлика во односите на калциум и фосфор бил показател за незначителна промена на молекуларно ниво. Податоците од ова истражување се конзистентни со резултатите од нашето истражување. (Таб. бр. 39.)

Cohen и соработниците (1992), користејќи енергетски дисперзивна рендгенолошка анализа, откриле толку големи варијации во содржината на калциум и фосфор од површината до површината на одделните заби при што овие автори заклучиле дека освен кај различните индивидуи, застапеноста на елементите е различна и кај различни заби кај истата индивидуа. Ова може да биде и една од главните причини за дискрепанцата во податоците за застапеноста на различните елементи во бројните студии.

Доколку јоните на калциум, па макар и во процент околу 1%, се заменат со други метални јони, вклучувајќи калиум, натриум и магнезиум значително се нарушува кристалната решетка на хидроксилапатиот. На тој начин се ослабува самиот апатит, зголемувајќи ја неговата подложност на ацидогена разградба. (Rep, 2011)

Клетките на површината на цементот значително одговараат на промените во метаболизмот на фосфорот. (Nociti et al, 2002) Па така, Foster и соработниците укажале дека формирањето на ацелуларен цемент е чувствително на локален неоргански фосфат (2012). Овие информации се од исклучително значење за да се дизајнираат успешни терапевтски процедури насочени кон обновување на пародонталните ткива.

Разликите во податоците кои се однесуваат на застапеноста на калциумот и фосфорот се смета дека се должи изложеноста на оралната средина која има ефект врз содржината на различните елементи и односите меѓу нив.

Голем број истражувања (Yamamoto et al, 1966; Furseth, 1971; Wirthlin et al, 1979) укажале дека изложената површина на цементот на оралната средина е прогресивно хиперминерализирана. Сепак, Barton и Van Swol(1987) и Cohen и соработниците (1992) не открила таква хиперминерализирана зона, односно не забележале зголемена концентрација на калциум кај пародонтално афектираните коренски површини. Овој наод е комплементарен со резултатите од нашето истражување.

Концентрацијата на различните микроелементи во цементот се разликува од онаа на емајлот и дентинот. (Стевановиќ, 2004) Така цинкот во емајлот е застапен со 0,028 %, а во дентинот 0,078 %, додека според нашето истражување во цементот е 0,075%. Според Стевановиќ (2004) концентрацијата на цинкот е во врска со неговата интеракција со апатитот и пронајдена е извесен степен на компетитивност меѓу овој елемент и калциумот за местата во самата кристална решетка, додека не постои таква компетитивност меѓу флуоридните јони и цинкот.

Дури и без присуство на амалгам во устата, Barton и Van Swol (1987) објавиле дека Cu, Zn и Mg се нормални компоненти на цементот. Поради тоа, ние во нашето истражување го идентификувавме Zn, а причината за неговото

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

постоење во досегашните испитувања сè уште не е позната и треба да се испита.

Цинкот е витален дел од имунолошкиот систем. Како резултат на тоа, нивото на Zn кај луѓето кои страдаат од имунолошки нарушувања може многу да варира. (Haas & Rink, 2006) Акумулацијата на цинк во црниот дроб и производството на церулоплазмин, исто така, предизвикува зголемување на количината на бакар и намалување на концентрацијата на цинкот во гингивата. Зголеменото ниво на бакар во врска со недостаток на цинк во гингивата предизвикува зголемување на пропустливоста на гингивалниот епител за бактерии. Стимулираниот воспалителен инфилтрат кој настанува поради намаленото ниво на Zn предизвикува зголемена продукција на IL-1 и на тој начин уште повеќе влијае на самата пародонтална афекција. (Poleník, 1993)

Покрај тоа, присуството на липополисахариди во услови со недостаток на Zn ја фаворизира поларизацијата и созревањето на макрофагите во дендритичните клетки, а исто така ја инхибира антиинфламаторната активност на регулаторните Т-клетки. Сите заедно, овие случувања теоретски можат да доведат до хронично воспаление како што е пародонталната болест. (Aziz et al, 2021)

Оттука може да се забележи дека улогата на цинкот во пародонталната болест е доминантно поврзана со неговото влијание врз оралната лигавица, коскениот метаболизам и имунолошкиот одговор на домаќинот. Анималните студии откриле дека недостатокот на Zn во исхраната доведува до влошување на здравјето на пародонтот. При недостаток на Zn се менува дебелината и кератинизацијата на оралната слузница, која станува поподложна на инфекции. Исто така, присуство на подлабоки пародонтални џебови биле забележани кај стаорци со недостаток на Zn. (Taru et al, 2017) Недостатокот на Zn, исто така, влијае на функционирањето на имуните клетки како што се моноцитите (сите функции), природните клетки убијци (намалена цитотоксичност), неутрофилите (намалена фагоцитоза), Т-клетките и лимфоцитите (намалена апоптоза). Понатаму, недостатокот на Zn го зголемува лачењето на проинфламаторните цитокини. (Seyedmajidi et al, 2014)

Yamaguchi и соработниците (1998) укажале дека елементарниот **Zn** е во врска со ткивната метаболичка активност и тој се смета како клучен елемент во

трагови за ремоделирање и моделирање на екстрацелуларниот матрикс на сврзоткивните елементи. Освен тоа, современите студии покажаа дека цинк може да го намали растот на кристалите на Брушитот (Br), октакалциум фосфат (ОСР) и хидроксиапатит (НА), дури и при релативно ниски концентрации. (LeGeros et al, 1999)

Концентрацијата на цинкот во цементот на здравите заби во нашето истражување изнесува 0,075 %, што е во корелација со Jang и соработниците (2014). Како последица на спроведената конвенционална терапија неговата концентрација се намалува.

Концентрацијата на **сулфур** во нашето истражување изнесува 0,802 % и истите се во корелација со оние презентирани од Neiders и соработниците (1972). За разлика од овие податоци, Hals и Selvig (1977) презентирале наоди според кои концентрациите на сулфурот се движат во опсег 0.1-0.3 %.

Концентрацијата на сулфур во цементот се нешто повисоки отколку кај дентинот. (Hals & Selvig, 1977) Промените во нивото на овој минерал може да укажуваат на промени кои настануваат на органската компонента на матриксот. Повисоката концентрација на сулфур во цементот отколку во дентинот покажува дека цементот има или повисока содржина на органска супстанција или поголем сооднос на киселински мукополисахарид со протеини. (Cool et al, 2002)

Она што може да се заклучи е дека како и во нашето истражување, така и според Jang и соработниците (2014), калциумот (Ca), магнезиумот (Mg) и цинкот (Zn) покажуваат најголема застапеност во забниот цемент. Од тестираните елементи во трагови, најчесто застапени елементи се Fe, Mg, Zn. Сепак, според истите автори не е пронајдена статистички значајна врска помеѓу елементарниот состав на примарниот и секундарниот цемент.

Наодите од оваа наша студија сугерираат дека претходните податоци за променетата содржина на минерали се поврзува со непрепознаените варијации во моделите на минерализација на коренот. Претходните студии сугерирале дека варијациите во содржината на минерали се должат на изложеноста на коренот на саливата. Но, напорите за враќање на биокompatбилноста на површината на коренот погодена од пародонталната треба, според тоа, освен што треба да се засноваат на методи дизајнирани за

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

деконтаминација на површината на коренот, треба да се земат предвид измените на минералната содржина во коренот.

Бидејќи минералните структури кои учествуваат во градбата на цементот најчесто кристализираат по постоењето во една аморфна фаза, минералната густина помеѓу примарниот и секундарниот цемент може да биде хетерогена. (Djomehri et al, 2015)

Во едно истражување на Selvig и Zander (1962), повисока содржина на минерали беше пронајдена во цервикалниот цемент на пародонтално заболените заби од возрастната група од 31 до 40 години отколку во цервикалниот цемент на здрави заби од иста возрастна група. Се претпоставува дека високата содржина на минерали во случај на пародонтално заболени заби се должи на зголемен степен на минерализација на цервикалниот цемент.

Органскиот состав на цементот е доминантно изграден од аминокиселински структури, односно според биохемиските својства и состав најголем дел од органскиот дел на цементот е протеински.

Во една студија од 2017 година утврдено е дека процентот органската компонента кај коренските површини по изведената конвенционална терапија е поголема во однос на групата третирана со Er: YAG со енергија од 150 mJ. (Amid et al, 2017) Овој резултат е конзистент со оној презентирани во нашата студија.

Рендгендифрактометријата како метод кој беше користен во оваа студија ни дава податоци за кристалографските фази присутни во испитуваниот примерок. Оваа информација, во зависност од подлогата, е релевантна на длабочина од неколку микрометри, што е од исклучително значење особено после спроведената обработка на тврдиот ѕид на пародонталниот џеб. (Duan & Wang, 2006). Врз основа на обработените податоци за минералниот состав на коренските површини во ова истражување може да се забележи дека истите се во согласност најчестите литературни податоци, и доминантен минерал во цементот е хидроксил апатиот и неговите модификации - портландитот и аморфниот апатит (Ho et al, 2007; Djomehri et al, 2015, Colard et al, 2016)

Портландитот е безбоен, шестоаголен минерал составен од калциум хидроксид кој е изграден од калциум хидроксид ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Портландитот формира јадра и расте во сите расположливи места и може да ги надополни и

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

порите. Токму хидроксиапатит се формира како резултат на реакцијата на портландитот со фосфатот присутен во околните ткива. (Camilleri, 2011) Поголема кристална цврстина на портландитот се јавува во кисела состојба во споредба со неутрална средина, што може да се должи на спојување на соседните кристали заедно. Тоа го прави овој минерал поотпорен на делувањето на надворешните кисели продукти, и со тоа станува поотпорен на кариес. (Akhavan et al, 2016)

Аморфниот апатит присутен на ниво на цементот има одлична биоактивност и овозможува силна адхезија на клетки, а исто така покажува и прилагодлива стапка на биоразградување и добра активност на остеокондукција. Аморфниот апатит укажува на присуство на типични некристални зони. Се смета дека тој дејствува како важен интермедиерен производ за формирање на хидроксил-апатиот. (Zhao et al, 2011)

Може да се забележи дека достапните информации оставаат одредена неизвесност кои се основните хемиски промени поврзани со пародонталната болест кои се случуваат на цементот. Сепак, доколку се случат промени, тие секогаш се карактеризираат со промени во минералната содржина во овие ткива.

Врз основа на податоците од ова истражување, може да се забележи дека промените во минералната содржина на цементот се случуваат како резултат на пародонталната болест, но и како последица на третманот. Ова го постигнавме со споредување на минералната содржина на цементот на здравите и нетретирани заби, забите кои биле изложени на тешка пародонтална болест и забите кои беа третирани со различни терапевски модалитети.

Во модерната стоматолошка наука, сè уште не е претставен стандарден метод за одредување на агресивноста на отстранување на денталниот калкулус и субгингивалните конкременти од површината на коренот и за одредување на количината на цемент што е отстранета од површината на коренот, поради што наидовме на некои проблеми во споредбата на нашите податоци со разни литературни податоци.

Прилично тенкиот (од 20 до 250 микрометри), густо минерализиран ацелуларен екстринзичен фибриларен цемент се наоѓа првенствено на ниво на

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

цервикалниот и средниот дел од коренот, но може да се прошири и понатаму кон апикално. Цементот е потенок во близина на вратот на забот, и неговите димензии се околу 20 до 50 микрони, а е значително подебел и тоа околу 150 до 200 микрони на врвот на коренот на забот. (Shen & Kosmač, 2014) Ацелуларниот надворешен влакнест цемент главно се наоѓа на ниво на вратот на коренот и во средната третина, покривајќи 40% до 70% од површината на коренот.

Дебелината на целуларниот цемент, која може да биде над 100 μm , се зголемува во текот на целиот живот како одговор на пасивна ерупција на забот поради функционална трошење и намалувањето на висината на неговата коронка. (Hughes, 2015). Според Stamford и соработниците (2008), просечната дебелина на цемент на ниво на средината на коренот се движела помеѓу 5 и 800 микрони кај максиларните молари и помеѓу 5 и 700 микрони кај мандибуларните молари. Максималната дебелина на цементот според истите автори се движела помеѓу 25 и 1140 микрони кај максиларните молари и помеѓу 20 и 700 микрони кај мандибуларните молари. Поради анатомската зависност на ширината на цементот од локацијата на коренот, дебелината се движи од 5 до 200 μm за примарниот цемент и од 400 μm до 1 mm за секундарниот цемент. (Jang et al, 2014)

Нашите резултати се слични со оние објавени од Caranza и соработниците (2013) и на оние објавени од Nanci и Bosshardt (2006). Спротивно на тоа, Gupta и соработниците (2013) објавиле дека дебелината на цементот во здрави области беше $105,38 \pm 41,34 \mu\text{m}$ (55,95-133,72 μm) и во заболените области беше $104,11 \pm 38,18 \mu\text{m}$ (50,58-168,50 μm). (Gupta et al, 2013).

Како што е очекувано, при изведување на различни терапевтски модалитети во пародонтологијата, без разлика дали се изведува ултразвучна инструментација, конвенционална или терапија со помош на ласер, постои загуба на цемент во коренот на забот. Најголемата загуба врз основа на презентирани податоци е при изведување на конвенционалната пародонтална терапија. Ултразвучната инструментација се карактеризира со мала загуба, но минималната количина на отстранет цемент може да

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

предизвика задржување на егзотоксини ослободени од микроорганизмите на денталниот плак.

Слично како и во нашето истражување, Karacaoglu и Orhan (2021) укажеле дека најголема загуба на цемент е забележана во групата од коренските површини кои се третирани со мануелна инструментација, и слично како и нашите резултати потврдена е значителна разлика помеѓу трите групи. Според Maritato и соработниците (2018) мануелната обработка има големо влијание врз интегритетот на површината во споредба со преостанатите тераписки модалитети.

Иако поединечните процедури за инструментација не се во можност да го отстранат целокупното количество на забен камен и субгингивални конкременти и да создадат мазна површина, една студија публикувана од страна на Mohan и соработниците покажала дека комбинацијата на инструментација со помош на ласерска светлина е во можност да ги отстрани сите остатоци од калкулус депозити присутни на површините на коренот и да презентира најголема мазност на самите површини. (Mohan et al, 2013). Вакви слични податоци беа презентирани и во оваа студија на испитуваниот примерок.

Плитките пародонтални џебови покажуваат поголема загуба на цемент кога се изведува само нехируршка механичка инструментација во споредба со ласерскиот третман. За средни и длабоки џебови, различните терапевтски опции даваат слична добивка на атачмент (Grzech-Lesniak et al, 2017).

Идеално кажано, слој со дебелина од само 3-7 μm потребно е да се отстрани се со цел да се оневозможи навлегување на ендотоксините од микроорганизмите во длабочина паралелно со отстранувањето на биофилмот од цементот. Прекумерната инструментација доведува до набрзо целосно губење на цементот и како резултат процесот на заздравување на дефектот е забавен. (Camboni & Donnet, 2016)

Покрај промените на површината на коренот настанати во текот на пародонталната болест или пак како последица на спроведената терапија, постигнатата грубост игра централна улога во заздравувањето на пародонтот, при што се цитирани вредности од максимални 7 μm разлика помеѓу

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

вредностите добиени во текот на тераписките активности во корелација со нетретирани површини добиени од здрави заби. (Poornima et al, 2019)

Според податоците презентирани во современата наука, потребно е да се земат предвид и влијанијата на површинската топографија и хемиските карактеристики на сложените интерфејси помеѓу клетките и екстрацелуларниот матрикс. (Anselme & Bigerelle, 2006) Како што е познато, поголемиот дел од клетките во телото (со најголем исклучок на крвните клетки) се сместени во екстрацелуларен матрикс. По само неколку секунди на контакт помеѓу површината и течноста, површината станува обложена од вода и протеини. Така, преостанатите клетки ќе ги „почувствуваат“ површинските карактеристики на екстрацелуларниот матрикс преку овој апсорбиран слој. Клетките прво се прилепуваат преку физичко-хемиски интеракции како што се јонските сили и Ван дер Валсовите сили, а подоцна и преку разни биомолекули, и тоа оние кои се апсорбираат на површината и оние кои се вклучени во клеточниот одговор на околината. Клучните молекули во овој процес се површинските рецептори на клетката, наречени интегрини, кои се трансмембрански молекули кои во *in vivo* услови ги посредуваат интеракциите на клетките со молекулите на екстраклеточниот матрикс. Од екстрацелуларната страна тие комуницираат со екстрацелуларниот матрикс, додека од интрацелуларната страна тие комуницираат со молекулите на цитоскелетот и со сигналните молекули на местата на адхезија, наречени фокални адхезини. Во овој момент, цитоскелетот се реорганизира за да овозможи прилепување на клетките на подлогата. Доколку е потребно, клетките можат да мигрираат со цел да најдат посоодветно место за нивен понатамошен развој. Исто така, ако подлогата во која се култивираат има анизотропна топографија како што е присуството на жлебови, клетките мигрираат или се ориентираат во однос на оската на жлебот. Овој феномен се нарекува „контактни насоки“. (Biggs et al, 2009)

Сите биохемиски и механички интеракции овозможуваат трансдукција на сигналите до јадрото што или предизвикува смрт на клетките преку апоптоза ако адхезијата не е можна или пак на раст на клетките и диференцијација на клетките доколку може да се постигне адхезија и размножување на клетките. (Dalby et al, 2007)

Субгингивалното отстранување на забниот камен со помош на мануелни инструменти или со ултразвучна инструментација се смета за главен стандард на пародонталната терапија, сепак, може да доведе до прекумерно отстранување на забниот цемент, создавање жлебови или оставање остатоци од калкулус.

Во една студија укажано е дека одговорот на клетките на еквивалентни конкавни и конвексни структури направени во полиметилдисилоксан е различен. Клетките преференцијално се лепат и мигрираат на конвексни структури отколку на конкавни структури. (Park et al, 2009) Ова дефинитивно потврдува дека клетките се во можност да идентификуваат и да прават разлика помеѓу конкавните и конвексни површини. Тогаш клетките ја модифицираат нивната ориентација, адхезија или ширење со цел да се минимизира нивниот контакт со високоенергетски дисконтинуитети. (Feinberg et al, 2008) Исто така докажано е дека присуството на соодветни промени во микро-топографија во внатрешноста на жлебовите дополнително влијае на ориентацијата на клетките. (Anselme et al, 2002a)

Во други трудови, забележано е присуство на систематска ориентација на клетките во правец на жлебовите и е разјаснето дека ориентацијата на клетките не е во врска со хемиската природа на подлогата, иако морфологијата на клетките била под влијание и на топографските и на хемиските карактеристики. (Lu & Leng, 2002)

Fujita и соработниците (2009) забележале дека кога подолгата оска на клетките се протега нормално (перпендикуларно) во однос на оската на жлебовите кои постојат на површината и во кои треба да пенетрираат, тие се населуваат побрзо од оние клетки чија должна оска е паралелна со оската на жлебот. Исто така, при постоењето на клетки чија должна оска е паралелна со оската на жлебот, актинските нишки формираат пошироки фокални адхезии на краевите на филаментозните формации, додека кога должните оски се поставени се нормално (перпендикуларно) на оската на жлебот, фокалните адхезии се формираат полесно и се фрагментирани.

Dunn и Heath (1976) укажале на тоа дека клетките покажуваат дисконтинуитети во самиот систем на цитоскелетни микрофиламенти што се совпаѓа со дисконтинуитет во подлогата. Исто така, докажано е дека

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

цитоскелетонот е вклучен во интеракцијата на клетките со жлебните површини со што се покажува чувствителноста на клетките на постоењето на длабнати површини. (Su et al, 2006)

Настрана од поволните резултати кои го дава Er: YAG ласерско зрачење во контекст на отстранување на забниот камен и субгингивалните конкременти и неговото бактерицидно дејство, употребата на ласерската светлина од овој ласер промовира побрза адхезија и раст на хуманите гингивални фибробласти и фибробластите кои потекнуваат од периодонциумот. (периодонтални фибробласти). Во своето истражување, Lin и соработниците (2021) се обиделе да го испитаат директниот ефект на Er: YAG ласерот врз населувањето и задржувањето на клетките и капацитетот за заздравување на фибробластите кои се локализирани во периодонциумот. Сумирано, врз основа на нивните податоци, ласерското зрачење Er: YAG предизвикува директен ефект на промовирање на пролиферација, миграција и инвазија на фибробластите преку зголемена регулација на galectin -7. Овие наоди обезбедуваат увид во молекуларниот механизам што се наоѓа во основата на ефектот на ласерот Er: YAG врз пародонталната терапија.

Според Talebi-Ardakani и соработниците (2017) коренските површини третирани со Er: YAG ласер покажале најголема способност за населување, задржување и размножување на клетките, но исто така примероците третирани со ласерско зрачење покажале и најнеправилните површини, што од своја страна доведува до зголемена адхезија и раст на фибробластите на површини третирани со ласерско зрачење.

Понатаму, потребно е и да се направат дополнителни клинички и хистолошки студии за евалуација на пародонтот по нехируршки третман на пародонтални лезии со помош на ласер за да се процени соодветноста и супериорноста на ласерите при дебридман на микробните наслаги на површините на коренот на забите.

Технолошкиот напредок и подобрувања го зголемија изборот на достапните ласерски системи за дентална употреба. Затоа, од суштинско значење е да се изберат инструментите и моделот на инструментација што го минимизира ризикот од морфолошки промени на површината на коренот и прекумерно отстранување на цемент. Иако некои *in vivo* студиите покажале

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

дека грубоста има минимално влијание врз заздравувањето на пародонтот и изградбата на нова приврзаност на пародонтот, сепак соодветните ултраструктурни карактеристики на површината може да ја олеснат акумулацијата на денталниот плак и последователниот развој на комплексен биофилм и минерализирани наслаги. (Coluzzi et al, 2020) Денес сè уште неодговорено прашање во контекст на пародонталната инструментацијата е времетраењето и бројот на движења со инструментите кои се неопходни за да се добие здрава средина за населување на клетките кои ќе учествуваат во процесот на заздравување на пародонтот после спроведениот третман.

И за крај, веруваме дека нашите резултати ќе може да им помогнат на клиничарите да ги изберат најдобрите ласерски апарати и нивните поставки во различни клинички услови со цел успешна пародонтална терапија.

Со спроведеното истражување се потрудивме да се вклучиме во современите текови на науката во пародонтологијата и во денталната медицина во целост и се надеваме дека ќе побудиме интерес за дополнителни истражувања на оваа неисцрпна тема .



ЗАКЛУЧОЦИ

ЗАКЛУЧОЦИ

Врз основа на добиените податоци и последователна анализа на резултатите, може да ги изнесеме следните заклучоци поврзани со промените кои настануваат на коренската површина после спроведената конвенционална и ласерски потпомогната пародонтална терапија:

1. Промени во топографските карактеристики на коренските површини настануваат при примена на која било терапевска постапка во однос на коренските површини на здрави заби.
2. Кај коренските површини кои се третирани со конвенционална пародонтална терапија постојат значително поголеми и позначајни топографско-морфолошки промени во однос на коренските површини од заби кои се ласерски третирани.
3. По спроведената ласерски потпомогната пародонтална терапија, површинската топографија на цементот на коренот на забот е многу слична со топографијата на коренската површина од здрави заби.
4. Просечната рапавоста на коренските површини кои се третирани со ласерски потпомогната терапија е најмала, додека истата е најголема кај површините на кои е изведена конвенционална пародонтална терапија.
5. Карактеристиката на текстурата - рапавоста на коренските површини кај забите со ласерски потпомогната пародонтална терапија се поблиски до оние на здравите заби.
6. Промени во хемиските карактеристики на коренските површини настануваат при примената на која било терапевска постапка во однос на површини на здрави заби.
7. Постојат бројни хемиски промени забележани кај нетретирани пародонтопатични коренските површини во однос на коренските површини добиени од здрави заби.

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

8. Постои редуција на присутниот калциум кај третираниите коренски површини, и при тоа поголема е загубата на калциум кај коренските површини третирани со ласер.
9. Постојат промени во односот на органските и неорганските составни компоненти на цементот забележани кај коренските површини на забите кои се третирани во однос на коренските површини добиени од здрави заби.
10. Најголема загуба на неорганските компоненти во структурата на цементот се забележува кај површини кои се третирани со конвенционална пародонтална терапија.
11. Постои значително поблизок сооднос на органскиот и неорганскиот дел на цементот на коренските површини кои се добиени од заби третирани со ласер и кај здрави заби.
12. Постојат незначителни промени во минералоскиот состав на цементот забележани кај пародонтално третирани заб во однос на коренските површини добиени од здрави заби.
13. Кај коренските површини кои потекнуваат од здрави заби доминираат хидроксил-апатиот и карбонатниот апатит, кај коренските површини третирани со конвенционална пародонтална терапија доминира аморфниот апатит (што укажува на губење на правилната кристална структура на апатиот), додека кај коренските површини од забите третирани со ласерски потпомогната терапија освен хидроксил апатиот се јавува и портландитот (калциум хидроксид со решетка слична на брушит).
14. Постои намалување во дебелината на цементот кај коренските површини кај третираниите заби во однос на коренските површини добиени од здрави заби.
15. Намалување во дебелината на цементот на коренот на забот постои и после пародонтална афекција.
16. Преку апликација на различните методи на инструментација се одзема доволно количество од присутниот цемент, што од своја страна доведува до одземање на доволно количество на цемент за да се отстрани цементот во кои се има имбибирано ендотоксин.

**АНАЛИЗА НА МИКРОТОПОГРАФСКИТЕ И ХЕМИСКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА
КОРЕНСКАТА ПОВРШИНА НА ЗАБОТ ПО СПРОВЕДЕНА КОНВЕНЦИОНАЛНА И
ЛАСЕР ПОТПОМОГНАТА ПАРОДОНТАЛНА ТЕРАПИЈА
-ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА-**

17. Забележителна е значително поголема редукција на дебелината на цементот после спроведената конвенционална пародонтална терапија во однос на ласер асистираната пародонтална терапија.



БИБЛИОГРАФИЈА

БИБЛИОГРАФИЈА

- Adriaens, P. A., Edwards, C. A., De Boever, J. A., & Loesche, W. J. (1988). Ultrastructural observations on bacterial invasion in cementum and radicular dentin of periodontally diseased human teeth. *Journal of periodontology*, 59(8), 493–503. <https://doi.org/10.1902/jop.1988.59.8.493>
- Agoob Alfergany, M., Nasher, R., & Gutknecht, N. (2019). Calculus Removal and Root Surface Roughness When Using the Er:YAG or Er,Cr:YSGG Laser Compared with Conventional Instrumentation Method: A Literature Review. *Photobiomodulation, photomedicine, and laser surgery*, 37(4), 197–226. <https://doi.org/10.1089/photob.2018.4465>
- Aichelmann-Reidy, M. E., & Reynolds, M. A. (2008). Predictability of clinical outcomes following regenerative therapy in intrabony defects. *Journal of periodontology*, 79(3), 387–393. <https://doi.org/10.1902/jop.2008.060521>
- Akhavan, H., Mohebbi, P., Firouzi, A., & Noroozi, M. (2016). X-ray Diffraction Analysis of ProRoot Mineral Trioxide Aggregate Hydrated at Different pH Values. *Iranian endodontic journal*, 11(2), 111–113. <https://doi.org/10.7508/iej.2016.02.007>
- Al-Ahmad, A., Wiedmann-Al-Ahmad, M., Faust, J., Bächle, M., Follo, M., Wolkewitz, M., Hannig, C., Hellwig, E., Carvalho, C., & Kohal, R. (2010). Biofilm formation and composition on different implant materials in vivo. *Journal of biomedical materials research. Part B, Applied biomaterials*, 95(1), 101–109. <https://doi.org/10.1002/jbm.b.31688>
- Aleo, J. J. (1980). Inhibition of endotoxin-induced depression of cellular proliferation by ascorbic acid. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, 164(3), 248-251.
- Aleo, J. J., & Vandersall, D. C. (1980). Cementum. Recent concepts related to periodontal disease therapy. *Dental clinics of North America*, 24(4), 627–650.

- Aleo, J. J., De Renzis, F. A., Farber, P. A., & Varboncoeur, A. P. (1974). The presence and biologic activity of cementum-bound endotoxin. *Journal of periodontology*, 45(9), 672–675. <https://doi.org/10.1902/jop.1974.45.9.672>
- Alvarez-Pérez, M., Alvarez-Fregoso, O., Ortiz-López, J., & Arzate, H. (2005). X-Ray Microanalysis of Human Cementum. *Microscopy and Microanalysis*, 11(4), 313-318. doi:10.1017/S143192760505022
- American Academy of Periodontology (2011) Statement on the Efficacy of Lasers in the Non-Surgical Treatment of Inflammatory Periodontal Disease. *J Periodontol* 82: 513-14.
- American Society for Mechanical Engineers. (1996). ASME Y14.36M: Surface texture symbols, ASME, New York.
- Amid, R., Gholami, G. A., Mojahedi, M., Aghalou, M., Gholami, M., & Mirakhori, M. (2017). Effects of Root Debridement With Hand Curettes and Er:YAG Laser on Chemical Properties and Ultrastructure of Periodontally-Diseased Root Surfaces Using Spectroscopy and Scanning Electron Microscopy. *Journal of lasers in medical sciences*, 8(2), 66–71. <https://doi.org/10.15171/jlms.2017.12>
- Amid, R., Kadkhodazadeh, M., Fekrazad, R., Hajizadeh, F., & Ghafoori, A. (2013). Comparison of the effect of hand instruments, an ultrasonic scaler, and an erbium-doped yttrium aluminium garnet laser on root surface roughness of teeth with periodontitis: a profilometer study. *Journal of periodontal & implant science*, 43(2), 101–105. <https://doi.org/10.5051/jpis.2013.43.2.101>
- Amid, R., Mojahedi, S. M., Sabour, S., Daniyalzadeh, A., & Kadkhodazadeh, M. (2019). Root Surface Roughness after Treatment with Manual Curette and Er:YAG and Er,Cr:YSGG Lasers. *Journal of "Regeneration, Reconstruction & Restoration" (Triple R)*, 4(1), 3-8.
- Ando, Y., Aoki, A., Watanabe, H., & Ishikawa, I. (1996). Bactericidal effect of erbium YAG laser on periodontopathic bacteria. *Lasers in surgery and medicine*, 19(2), 190–200. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-9101\(1996\)19:2<190::AID-LSM11>3.0.CO;2-B](https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-9101(1996)19:2<190::AID-LSM11>3.0.CO;2-B)
- Angker, L & Swain, M.V. (2006). Nanoindentation: Application to dental hard tissue investigations. *Journal of Materials Research* 21, 1893–1905 <https://doi.org/10.1557/jmr.2006.0257>

- Anselme, K., & Bigerelle, M. (2005). Topography effects of pure titanium substrates on human osteoblast long-term adhesion. *Acta biomaterialia*, 1(2), 211–222. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2004.11.009>
- Anselme, K., & Bigerelle, M. (2006). Modelling approach in cell/material interactions studies. *Biomaterials*, 27(8), 1187–1199. <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2005.10.009>
- Anselme, K., Bigerelle, M., Noël, B., Iost, A., & Hardouin, P. (2002). Effect of grooved titanium substratum on human osteoblastic cell growth. *Journal of biomedical materials research*, 60(4), 529–540. <https://doi.org/10.1002/jbm.10101>
- Anselme, K., Linez, P., Bigerelle, M., Le Maguer, D., Le Maguer, A., Hardouin, P., ... & Leroy, J. M. (2000). The relative influence of the topography and chemistry of TiAl6V4 surfaces on osteoblastic cell behaviour. *Biomaterials*, 21(15), 1567-1577.
- Aoki, A., Ando, Y., Watanabe, H., & Ishikawa, I. (1994). In vitro studies on laser scaling of subgingival calculus with an erbium:YAG laser. *Journal of periodontology*, 65(12), 1097–1106. <https://doi.org/10.1902/jop.1994.65.12.1097>
- Arefnia, B., Koller, M., Wimmer, G., Lussi, A., & Haas, M. (2021). In Vitro Study of Surface Changes Induced on Enamel and Cementum by Different Scaling and Polishing Techniques. *Oral health & preventive dentistry*, 19(1), 85–92. <https://doi.org/10.3290/j.ohpd.b927695>
- Armitage, G. C., & Christie, T. M. (1973). Structural changes in exposed human cementum. II. Electron microscopic observations. *Journal of periodontal research*, 8(6), 356–365. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0765.1973.tb00769.x>
- Arora, S., Lamba, A. K., Faraz, F., Tandon, S., & Ahad, A. (2016). Evaluation of the Effects of Er,Cr:YSGG Laser, Ultrasonic Scaler and Curette on Root Surface Profile Using Surface Analyser and Scanning Electron Microscope: An In Vitro Study. *Journal of lasers in medical sciences*, 7(4), 243–249. <https://doi.org/10.15171/jlms.2016.43>
- Arzate, H., Zeichner-David, M., & Mercado-Celis, G. (2015). Cementum proteins: role in cementogenesis, biomineralization, periodontium formation and

- regeneration. *Periodontology* 2000, 67(1), 211–233.
<https://doi.org/10.1111/prd.12062>
- Aspriello, S. D., Piemontese, M., Levrini, L., & Sauro, S. (2011). Ultramorphology of the root surface subsequent to hand-ultrasonic simultaneous instrumentation during non-surgical periodontal treatments: an in vitro study. *Journal of applied oral science : revista FOB*, 19(1), 74–81.
<https://doi.org/10.1590/s1678-77572011000100015>
- Axelsson, P., Lindhe, J., & Nyström, B. (1991). On the prevention of caries and periodontal disease. Results of a 15-year longitudinal study in adults. *Journal of clinical periodontology*, 18(3), 182–189. <https://doi.org/10.1111/j.1600-051x.1991.tb01131.x>
- Aziz, J., Rahman, M. T., & Vaithilingam, R. D. (2021). Dysregulation of metallothionein and zinc aggravates periodontal diseases. *Journal of trace elements in medicine and biology : organ of the Society for Minerals and Trace Elements (GMS)*, 66, 126754.
<https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2021.126754>
- Bader, C., & Krejci, I. (2006). Indications and limitations of Er:YAG laser applications in dentistry. *American journal of dentistry*, 19(3), 178–186.
- Badersten, A., Nilvéus, R., & Egelberg, J. (1981). Effect of nonsurgical periodontal therapy. I. Moderately advanced periodontitis. *Journal of clinical periodontology*, 8(1), 57–72. <https://doi.org/10.1111/j.1600-051x.1981.tb02024.x>
- Badersten, A., Nilveus, R., & Egelberg, J. (1984). Effect of nonsurgical periodontal therapy. II. Severely advanced periodontitis. *Journal of clinical periodontology*, 11(1), 63–76. <https://doi.org/10.1111/j.1600-051x.1984.tb01309.x>
- Barton, N. S., & Van Swol, R. L. (1987). Periodontally diseased vs. normal roots as evaluated by scanning electron microscopy and electron probe analysis. *Journal of periodontology*, 58(9), 634–638.
<https://doi.org/10.1902/jop.1987.58.9.634>
- Bastos, F. S., Oliveira, E. A., Fonseca, L. G., Vargas, S. M., & Las Casas, E. B. (2016). A FEM-based study on the influence of skewness and kurtosis surface texture parameters in human dental occlusal contact. *Journal of*

Computational and Applied Mathematics, 295, 139–

148. doi:10.1016/j.cam.2015.01.018

- Bhushan, B. (1996). *Tribology and Mechanics of Magnetic Storage Devices*, 2nd edition, Springer, New York.
- Bigerelle, M., & Iost, A. (2007). A numerical method to calculate the Abbott parameters: A wear application. *Tribology International*, 40(9), 1319-1334.
- Biggs, M. J., Richards, R. G., Gadegaard, N., McMurray, R. J., Affrossman, S., Wilkinson, C. D., Oreffo, R. O., & Dalby, M. J. (2009). Interactions with nanoscale topography: adhesion quantification and signal transduction in cells of osteogenic and multipotent lineage. *Journal of biomedical materials research. Part A*, 91(1), 195–208. <https://doi.org/10.1002/jbm.a.32196>
- Biggs, M. J., Richards, R. G., McFarlane, S., Wilkinson, C. D., Oreffo, R. O., & Dalby, M. J. (2008). Adhesion formation of primary human osteoblasts and the functional response of mesenchymal stem cells to 330nm deep microgrooves. *Journal of the Royal Society, Interface*, 5(27), 1231–1242. <https://doi.org/10.1098/rsif.2008.0035>
- Blomlöf, J. P., Blomlöf, L. B., & Lindskog, S. F. (1996). Smear removal and collagen exposure after non-surgical root planing followed by etching with an EDTA gel preparation. *Journal of periodontology*, 67(9), 841–845. <https://doi.org/10.1902/jop.1996.67.9.841>
- Bonilla, M. R., Stokes, J. R., Gidley, M. J., & Yakubov, G.E. (2014). Interpreting atomic force microscopy nanoindentation of hierarchical biological materials using multi-regime analysis. *Soft Matter* 11 (7) 1281-1292. <https://doi.org/10.1039/C4SM02440K>
- Bosshardt, D. D., & Selvig, K. A. (1997). Dental cementum: the dynamic tissue covering of the root. *Periodontology 2000*, 13, 41–75. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0757.1997.tb00095.x>
- Breining, D. R., O'Leary, T. J., & Blumenshine, R. V. (1987). Comparative effectiveness of ultrasonic and hand scaling for the removal of subgingival plaque and calculus. *Journal of periodontology*, 58(1), 9–18. <https://doi.org/10.1902/jop.1987.58.1.9>
- Bren, L., English, L., Fogarty, J., Policoro, R., Zsidi, A., Vance, J., ... & Rohly, K. (2004, May). Effect of surface characteristics of metallic biomaterials on

- interaction with osteoblast cells. In Proceedings of the 7th World Biomaterials Congress (p. 1121).
- Bürgers, R., Gerlach, T., Hahnel, S., Schwarz, F., Handel, G., & Gosau, M. (2010). In vivo and in vitro biofilm formation on two different titanium implant surfaces. *Clinical oral implants research*, 21(2), 156–164.
<https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2009.01815.x>
- Bürgers, R., Hahnel, S., Reichert, T. E., Rosentritt, M., Behr, M., Gerlach, T., Handel, G., & Gosau, M. (2010). Adhesion of *Candida albicans* to various dental implant surfaces and the influence of salivary pellicle proteins. *Acta biomaterialia*, 6(6), 2307–2313. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2009.11.003>
- Busslinger, A., Lampe, K., Beuchat, M., & Lehmann, B. (2001). A comparative in vitro study of a magnetostrictive and a piezoelectric ultrasonic scaling instrument. *Journal of clinical periodontology*, 28(7), 642–649.
<https://doi.org/10.1034/j.1600-051x.2001.028007642.x>
- Butt, H.J., Cappella, B. and Kappl, M. (2005) Force Measurements with the Atomic Force Microscope: Technique, Interpretation and Applications. *Surface Science Reports*, 59, 1-152.<https://doi.org/10.1016/j.surfrep.2005.08.003>
- Bye, F. L., Ghilzan, R. S., & Coffesse, R. G. (1986). Root surface roughness after the use of different modes of instrumentation. *The International journal of periodontics & restorative dentistry*, 6(5), 36-47.
- Camboni, S., & Donnet, M. (2016). Tooth Surface Comparison after Air Polishing and Rubber Cup: A Scanning Electron Microscopy Study. *The Journal of clinical dentistry*, 27(1), 13–18.
- Camilleri J. (2011). Scanning electron microscopic evaluation of the material interface of adjacent layers of dental materials. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*, 27(9), 870–878.
<https://doi.org/10.1016/j.dental.2011.04.013>
- Carranza, F.A. & Camargo, P.M, (2013) The Periodontal Pocket, *Carranza's Clinical Periodontology*, 10.1016/B978-1-4377-0416-7.00013-5, (127-139),
- Caton, J. G., Armitage, G., Berglundh, T., Chapple, I., Jepsen, S., Kornman, K. S., Mealey, B. L., Papapanou, P. N., Sanz, M., & Tonetti, M. S. (2018). A new classification scheme for periodontal and peri-implant diseases and conditions - Introduction and key changes from the 1999

- classification. *Journal of clinical periodontology*, 45 Suppl 20, S1–S8.
<https://doi.org/10.1111/jcpe.12935>
- Chanthaboury, R., & Irinakis, T. (2005). The use of lasers for periodontal debridement: marketing tool or proven therapy?. *Journal (Canadian Dental Association)*, 71(9), 653–658.
- Chen, S. K., Vesley, D., Brosseau, L. M., & Vincent, J. H. (1994). Evaluation of single-use masks and respirators for protection of health care workers against mycobacterial aerosols. *American journal of infection control*, 22(2), 65–74. [https://doi.org/10.1016/0196-6553\(94\)90116-3](https://doi.org/10.1016/0196-6553(94)90116-3)
- Cohen, M., Garnick, J. J., Ringle, R. D., Hanes, P. J., & Thompson, W. O. (1992). Calcium and phosphorus content of roots exposed to the oral environment. *Journal of clinical periodontology*, 19(4), 268–273.
<https://doi.org/10.1111/j.1600-051x.1992.tb00465.x>
- Colard, T., Falgayrac, G., Bertrand, B., Naji, S., Devos, O., Balsack, C., Delannoy, Y., & Penel, G. (2016). New Insights on the Composition and the Structure of the Acellular Extrinsic Fiber Cementum by Raman Analysis. *PLoS one*, 11(12), e0167316.
- Coldiron, N. B., Yukna, R. A., Weir, J., & Caudill, R. F. (1990). A quantitative study of cementum removal with hand curettes. *Journal of periodontology*, 61(5), 293–299. <https://doi.org/10.1902/jop.1990.61.5.293>
- Coluzzi, D., Anagnostaki, E., Mylona, V., Parker, S., & Lynch, E. (2020). Do Lasers Have an Adjunctive Role in Initial Non-Surgical Periodontal Therapy? A Systematic Review. *Dentistry journal*, 8(3), 93.
<https://doi.org/10.3390/dj8030093>
- Cool, S. ., Forwood, M. ., Campbell, P., & Bennett, M. . (2002). *Comparisons between bone and cementum compositions and the possible basis for their layered appearances*. *Bone*, 30(2), 386–392. doi:10.1016/s8756-3282(01)00686-x
- Crespi, R., Barone, A., & Covani, U. (2005). Effect of Er:YAG laser on diseased root surfaces: an in vivo study. *Journal of periodontology*, 76(8), 1386–1390.
<https://doi.org/10.1902/jop.2005.76.8.1386>

- Crespi, R., Barone, A., & Covani, U. (2006). Er:YAG laser scaling of diseased root surfaces: a histologic study. *Journal of periodontology*, 77(2), 218–222. <https://doi.org/10.1902/jop.2006.050043>
- Cross-Poline, G. N., Stach, D. J., & Newman, S. M. (1995). Effects of curet and ultrasonics on root surfaces. *American journal of dentistry*, 8(3), 131–133.
- Curtis, A., & Wilkinson, C. (1997). Topographical control of cells. *Biomaterials*, 18(24), 1573–1583. [https://doi.org/10.1016/s0142-9612\(97\)00144-0](https://doi.org/10.1016/s0142-9612(97)00144-0)
- Dadwal, A., Kaur, R., Jindal, V., Jain, A., Mahajan, A., & Goel, A. (2018). Comparative evaluation of manual scaling and root planing with or without magnification loupes using scanning electron microscope: A pilot study. *Journal of Indian Society of Periodontology*, 22(4), 317–321. https://doi.org/10.4103/jisp.jisp_139_18
- Dahiya, P., & Kamal, R. (2012). Ultra-morphology of root surface subsequent to periodontal instrumentation: A scanning electron microscope study. *Journal of Indian Society of Periodontology*, 16(1), 96–100. <https://doi.org/10.4103/0972-124X.94613>
- Dalby, M. J., Gadegaard, N., Curtis, A. S., & Oreffo, R. O. (2007). Nanotopographical control of human osteoprogenitor differentiation. *Current stem cell research & therapy*, 2(2), 129–138. <https://doi.org/10.2174/157488807780599220>
- Dalby, M. J., Riehle, M. O., Johnstone, H. J. H., Affrossman, S., & Curtis, A. S. G. (2002). Polymer-demixed nanotopography: control of fibroblast spreading and proliferation. *Tissue engineering*, 8(6), 1099-1108.
- Dangaria, S. J., Ito, Y., Luan, X., & Diekwisch, T. G. (2011). Successful periodontal ligament regeneration by periodontal progenitor preseeding on natural tooth root surfaces. *Stem cells and development*, 20(10), 1659–1668. <https://doi.org/10.1089/scd.2010.0431>
- Dangaria, S., Ito, Y., Yin, L.L., Valdrè, G., Luan, X., & Diekwisch, T.G.H. (2011). Apatite microtopographies instruct signaling tapestries for progenitor-driven new attachment of teeth. *Tiss. Eng. Part A* 17, 279-290.
- Dassatti, L., Manicone, P. F., Lauricella, S., Pastorino, R., Filetici, P., Nicoletti, F., & D'Addona, A. (2020). A comparative scanning electron microscopy study between the effect of an ultrasonic scaler, reciprocating handpiece, and combined approach on the root surface topography in subgingival

- debridement. *Clinical and experimental dental research*, 6(4), 470–477.
<https://doi.org/10.1002/cre2.299>
- de Mendonça, A. C., Máximo, M. B., Rodrigues, J. A., Arrais, C. A., de Freitas, P. M., & Duarte, P. M. (2008). Er:YAG Laser, ultrasonic system, and curette produce different profiles on dentine root surfaces: an in vitro study. *Photomedicine and laser surgery*, 26(2), 91–97.
<https://doi.org/10.1089/pho.2007.2129>
- de Oliveira, G. J., Cominotte, M. A., Beraldo, T. P., Sampaio, J. E., & Marcantonio, R. A. (2015). A microscopic analysis of the effects of root surface scaling with different power parameters of Er,Cr:YSGG laser. *Microscopy research and technique*, 78(6), 529–535. <https://doi.org/10.1002/jemt.22505>
- de Oliveira, P. T., Zalzal, S. F., Beloti, M. M., Rosa, A. L., & Nanci, A. (2007). Enhancement of in vitro osteogenesis on titanium by chemically produced nanotopography. *Journal of biomedical materials research. Part A*, 80(3), 554–564. <https://doi.org/10.1002/jbm.a.30955>
- Derdilopoulou, F.V., Nonhoff, J., Neumann, K., & Kielbassa AM. (2007). Microbiological findings after periodontal therapy using cures, Er: YAG laser, sonic, and ultrasonic scalers. *J Clin Periodontol.* , 34 (7), 588– 98.
- Dibart, S., Capri, D., Casavecchia, P., Nunn, M., & Skobe, Z. (2004). Comparison of the effectiveness of scaling and root planing in vivo using hand vs rotary instruments. *The International journal of periodontics & restorative dentistry*, 24(4), 370–377.
- Diekwisch T. G. (2001). The developmental biology of cementum. *The International journal of developmental biology*, 45(5-6), 695–706.
- Djomehri, S. I., Candell, S., Case, T., Browning, A., Marshall, G. W., Yun, W., Lau, S. H., Webb, S., & Ho, S. P. (2015). Mineral density volume gradients in normal and diseased human tissues. *PloS one*, 10(4), e0121611.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0121611>
- Dorobantu, L. S., Goss, G. G., & Burrell, R. E. (2012). Atomic force microscopy: a nanoscopic view of microbial cell surfaces. *Micron (Oxford, England : 1993)*, 43(12), 1312–1322. <https://doi.org/10.1016/j.micron.2012.05.005>
- Dos Santos, E. A., Farina, M., Soares, G. A., & Anselme, K. (2009). Chemical and topographical influence of hydroxyapatite and β -tricalcium phosphate

- surfaces on human osteoblastic cell behavior. *Journal of Biomedical Materials Research Part A: An Official Journal of The Society for Biomaterials, The Japanese Society for Biomaterials, and The Australian Society for Biomaterials and the Korean Society for Biomaterials*, 89(2), 510-520.
- Duan, K., & Wang, R. (2006). Surface modifications of bone implants through wet chemistry. *Journal of Materials Chemistry*, 16, 2309-2321.
- Dubrovin, E. V., Voloshin, A. G., Kraevsky, S. V., Ignatyuk, T. E., Abramchuk, S. S., Yaminsky, I. V., & Ignatov, S. G. (2008). Atomic force microscopy investigation of phage infection of bacteria. *Langmuir : the ACS journal of surfaces and colloids*, 24(22), 13068–13074.
<https://doi.org/10.1021/la8022612>
- Dufrêne Y. F. (2001). Application of atomic force microscopy to microbial surfaces: from reconstituted cell surface layers to living cells. *Micron (Oxford, England : 1993)*, 32(2), 153–165. [https://doi.org/10.1016/s0968-4328\(99\)00106-7](https://doi.org/10.1016/s0968-4328(99)00106-7)
- Dunn, G. A., & Heath, J. P. (1976). A new hypothesis of contact guidance in tissue cells. *Experimental cell research*, 101(1), 1-14.
- Eberhard, J., Ehlers, H., Falk, W., Açil, Y., Albers, H. K., & Jepsen, S. (2003). Efficacy of subgingival calculus removal with Er:YAG laser compared to mechanical debridement: an in situ study. *Journal of clinical periodontology*, 30(6), 511–518. <https://doi.org/10.1034/j.1600-051x.2003.00052.x>
- Eide, B., Lie, T., & Selvig, K. A. (1983). Surface coatings on dental cementum incident to periodontal disease. I. A scanning electron microscopic study. *Journal of clinical periodontology*, 10(2), 157–171.
<https://doi.org/10.1111/j.1600-051x.1983.tb02204.x>
- Eide, B., Lie, T., & Selvig, K.A. (1984) Surface coatings on dental cementum incident to periodontal disease. (II). Scanning electron microscopic confirmation of a mineralized cuticle. *J. Clin. Periodontol.* 11, 565-575
- Ekworapoj, P., Sidhu, S. K., & McCabe, J. F. (2007). Effect of different power parameters of Er,Cr:YSGG laser on human dentine. *Lasers in medical science*, 22(3), 175–182. <https://doi.org/10.1007/s10103-006-0426-6>

- Eschler, B. M., & Rapley, J. W. (1991). Mechanical and chemical root preparation in vitro: efficiency of plaque and calculus removal. *Journal of periodontology*, 62(12), 755–760. <https://doi.org/10.1902/jop.1991.62.12.755>
- Fan, Y. W., Cui, F. Z., Hou, S. P., Xu, Q. Y., Chen, L. N., & Lee, I. S. (2002). Culture of neural cells on silicon wafers with nano-scale surface topograph. *Journal of neuroscience methods*, 120(1), 17–23. [https://doi.org/10.1016/s0165-0270\(02\)00181-4](https://doi.org/10.1016/s0165-0270(02)00181-4)
- Feinberg, A. W., Wilkerson, W. R., Seegert, C. A., Gibson, A. L., Hoipkemeier-Wilson, L., & Brennan, A. B. (2008). Systematic variation of microtopography, surface chemistry and elastic modulus and the state dependent effect on endothelial cell alignment. *Journal of Biomedical Materials Research Part A: An Official Journal of The Society for Biomaterials, The Japanese Society for Biomaterials, and The Australian Society for Biomaterials and the Korean Society for Biomaterials*, 86(2), 522-534.
- Feist, I. S., De Micheli, G., Carneiro, S. R., Eduardo, C. P., Miyagi, S., & Marques, M. M. (2003). Adhesion and growth of cultured human gingival fibroblasts on periodontally involved root surfaces treated by Er:YAG laser. *Journal of periodontology*, 74(9), 1368–1375. <https://doi.org/10.1902/jop.2003.74.9.1368>
- Fine, D. H., Patil, A. G., & Loos, B. G. (2018). Classification and diagnosis of aggressive periodontitis. *Journal of clinical periodontology*, 45 Suppl 20, S95–S111. <https://doi.org/10.1111/jcpe.12942>
- Folwaczny, M., Benner, K. U., Flasskamp, B., Mehl, A., & Hickel, R. (2003). Effects of 2.94 µm Er: YAG laser radiation on root surfaces treated in situ: A histological study. *Journal of periodontology*, 74(3), 360-365.
- Folwaczny, M., Mehl, A., Aggstaller, H., & Hickel, R. (2002). Antimicrobial effects of 2.94 microm Er:YAG laser radiation on root surfaces: an in vitro study. *Journal of clinical periodontology*, 29(1), 73–78. <https://doi.org/10.1034/j.1600-051x.2002.290111.x>
- Folwaczny, M., Mehl, A., Haffner, C., Benz, C., & Hickel, R. (2000). Root substance removal with Er:YAG laser radiation at different parameters using a new

- delivery system. *Journal of periodontology*, 71(2), 147–155.
<https://doi.org/10.1902/jop.2000.71.2.147>
- Folwaczny, M., Thiele, L., Mehl, A., & Hickel, R. (2001). The effect of working tip angulation on root substance removal using Er:YAG laser radiation: an in vitro study. *Journal of clinical periodontology*, 28(3), 220–226.
<https://doi.org/10.1034/j.1600-051x.2001.028003220.x>
- Foroutan, T., Amid, R., & Karimi, M. R. (2013). Comparison of Manual Tools, Ultrasonic and Erbium-Doped Yttrium Aluminum Garnet (Er:YAG) Laser on the Debridement Effect of the Surface of the Root of Teeth Suffering from Periodontitis. *Journal of lasers in medical sciences*, 4(4), 199–205.
- Foster, B. L., Nagatomo, K. J., Nociti, F. H., Jr, Fong, H., Dunn, D., Tran, A. B., Wang, W., Narisawa, S., Millán, J. L., & Somerman, M. J. (2012). Central role of pyrophosphate in acellular cementum formation. *PloS one*, 7(6), e38393. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0038393>
- Frentzen, M., Braun, A. & Aniol, D. (2002). Er:YAG Laser Scaling of Diseased Root Surfaces. *Journal of Periodontology*, 73: 524-530.
<https://doi.org/10.1902/jop.2002.73.5.524>
- Froum, S., Lemler, J., Horowitz, R., & Davidson, B. (2001). The use of enamel matrix derivative in the treatment of periodontal osseous defects: a clinical decision tree based on biologic principles of regeneration. *The International journal of periodontics & restorative dentistry*, 21(5), 437–449.
- Fujii, T., Baehni, P. C., Kawai, O., Kawakami, T., Matsuda, K., & Kowashi, Y. (1998). Scanning electron microscopic study of the effects of Er: YAG laser on root cementum. *Journal of periodontology*, 69(11), 1283-1290.
- Fujita, S., Ohshima, M., & Iwata, H. (2009). Time-lapse observation of cell alignment on nanogrooved patterns. *Journal of the Royal Society, Interface*, 6 Suppl 3(Suppl 3), S269–S277. <https://doi.org/10.1098/rsif.2008.0428.focus>
- Furseth, R. (1971). Further observations on the fine structure of orally exposed and carious human dental cementum. *Archives of oral biology*, 16(1), 71-85.
- Garrett, J. S., Crigger, M., & Egelberg, J. (1978). Effects of citric acid on diseased root surfaces. *Journal of periodontal research*, 13(2), 155–163.
<https://doi.org/10.1111/j.1600-0765.1978.tb00164.x>

- Gašpirc, B. & Skalerič, U. (2001). Morphology, chemical structure and diffusion processes of root surface after Er:YAG and Nd:YAG laser irradiation. *Journal of Clinical Periodontology*, 28, 508-516.
- Gold, S. I., & Vilardi, M. A. (1994). Pulsed laser beam effects on gingiva. *Journal of clinical periodontology*, 21(6), 391–396. <https://doi.org/10.1111/j.1600-051x.1994.tb00735.x>
- Gonçalves, P.F., Gurgel, B.C.V., Pimentel, S.P., Sallum, E.A., Sallum, A.W., Casati, M.Z. and Nociti, F.H., Jr (2006), Effect of two different approaches for root decontamination on new cementum formation following guided tissue regeneration: a histomorphometric study in dogs. *Journal of Periodontal Research*, 41: 535-540. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0765.2006.00902.x>
- Graetz, C., Plaumann, A., Wittich, R., Springer, C., Kahl, M., Dörfer, C. E., & El-Sayed, K. F. (2017). Removal of simulated biofilm: an evaluation of the effect on root surfaces roughness after scaling. *Clinical oral investigations*, 21(4), 1021–1028. <https://doi.org/10.1007/s00784-016-1861-9>
- Grattarola, L., Derchi, G., Diaspro, A., Gambaro, C., & Salerno, M. (2018). Local viscoelastic response of direct and indirect dental restorative composites measured by AFM. *Dental materials journal*, 37(3), 365–373. <https://doi.org/10.4012/dmj.2017-048>
- Grzech-Lesniak K, Sculean A, Gaspirc B (2018) Laser reduction of specific microorganisms in the periodontal pocket using Er:YAG and Nd:YAG lasers: a randomized controlled clinical study. *Lasers Med Sci* 33(7):1461–1470. [10.1007/s10103-018-2491-z](https://doi.org/10.1007/s10103-018-2491-z)
- Grzesik, W. J., & Narayanan, A. S. (2002). Cementum and periodontal wound healing and regeneration. *Critical reviews in oral biology and medicine : an official publication of the American Association of Oral Biologists*, 13(6), 474–484.
- Guilak, F., Butler, D. L., & Goldstein, S. A. (2001). Functional tissue engineering: the role of biomechanics in articular cartilage repair. *Clinical orthopaedics and related research*, (391 Suppl), S295–S305.
- Gungormus, M., Oren, E. E., Horst, J. A., Fong, H., Hnilova, M., Somerman, M. J., Snead, M. L., Samudrala, R., Tamerler, C., & Sarikaya, M. (2012). Cementomimetics-constructing a cementum-like biomineralized microlayer

- via amelogenin-derived peptides. *International journal of oral science*, 4(2), 69–77. <https://doi.org/10.1038/ijos.2012.40>
- Gupta, R., Galgali, S. R., Bavle, R. M., & Chandavarkar, V. (2013). Evaluation of thickness of cementum of periodontally diseased teeth of non-diabetic and type 2 diabetic patients: A scanning electron microscopy study. *Journal of Indian Society of Periodontology*, 17(5), 592–596. <http://doi.org/10.4103/0972-124X.119280>
- Haase, H., & Rink, L. (2009). Functional significance of zinc-related signaling pathways in immune cells. *Annual review of nutrition*, 29, 133–152. <https://doi.org/10.1146/annurev-nutr-080508-141119>
- Hakki, S. S., Berk, G., Dundar, N., Saglam, M., & Berk, N. (2010). Effects of root planing procedures with hand instrument or erbium, chromium:yttrium-scandium-gallium-garnet laser irradiation on the root surfaces: a comparative scanning electron microscopy study. *Lasers in medical science*, 25(3), 345–353. <https://doi.org/10.1007/s10103-009-0643-x>
- Hallab, N. J., Bundy, K. J., O'Connor, K., Moses, R. L., & Jacobs, J. J. (2001). Evaluation of metallic and polymeric biomaterial surface energy and surface roughness characteristics for directed cell adhesion. *Tissue engineering*, 7(1), 55–71. <https://doi.org/10.1089/107632700300003297>
- Hals, E., & Selvig, K. A. (1977). *Correlated Electron Probe Microanalysis and Microradiography of Carious and Normal Dental Cementum*. *Caries Research*, 11(1), 62–75. doi:10.1159/000260250
- Hanes, P. J., Polson, A. M., & Ladenheim, S. (1985). Cell and fiber attachment to demineralized dentin from normal root surfaces. *Journal of periodontology*, 56(12), 752–765. <https://doi.org/10.1902/jop.1985.56.12.752>
- Hansson, K. N., & Hansson, S. (2011). *Skewness and Kurtosis: Important Parameters in the Characterization of Dental Implant Surface Roughness—A Computer Simulation*. *ISRN Materials Science*, 2011, 1–6. doi:10.5402/2011/305312
- Haroon, F., Gregory, R. L., Hara, A., Blanchard, S., & Hamada, Y. (2021). An in-vitro comparison of root surface roughness and bacterial adhesion following treatment with three different instruments. *Journal of periodontology*,

10.1002/JPER.21-0343. Advance online publication.

<https://doi.org/10.1002/JPER.21-0343>

Hirooka H. (1998). The biologic concept for the use of enamel matrix protein: true periodontal regeneration. *Quintessence international* (Berlin, Germany : 1985), 29(10), 621–630.

Ho, S. P., Goodis, H., Balooch, M., Nonomura, G., Marshall, S. J., & Marshall, G. (2004). The effect of sample preparation technique on determination of structure and nanomechanical properties of human cementum hard tissue. *Biomaterials*, 25(19), 4847–4857.

<https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2003.11.047>

Ho, S. P., Marshall, S. J., Ryder, M. I., & Marshall, G. W. (2007). The tooth attachment mechanism defined by structure, chemical composition and mechanical properties of collagen fibers in the periodontium. *Biomaterials*, 28(35), 5238–5245. doi:10.1016/j.biomaterials.2007.

Ho, S. P., Yu, B., Yun, W., Marshall, G. W., Ryder, M. I., & Marshall, S. J. (2009). Structure, chemical composition and mechanical properties of human and rat cementum and its interface with root dentin. *Acta biomaterialia*, 5(2), 707–718. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2008.08.013>

Hosseini-pour, Z. S., Pirmoradian-Najafabadi, M., & Shahabi, S. (2018). Relationship between Er,Cr:YSGG laser power and surface roughness of lased radicular dentin. *Journal of dental research, dental clinics, dental prospects*, 12(2), 83–90. <https://doi.org/10.15171/joddd.2018.013>

Howlett, C. R., Zreiqat, H., Wu, Y., McFall, D. W., & McKenzie, D. R. (1999). Effect of ion modification of commonly used orthopedic materials on the attachment of human bone-derived cells. *Journal of Biomedical Materials Research: An Official Journal of The Society for Biomaterials, The Japanese Society for Biomaterials, and The Australian Society for Biomaterials*, 45(4), 345-354.

Huang, N. F., & Li, S. (2011). Regulation of the matrix microenvironment for stem cell engineering and regenerative medicine. *Annals of biomedical engineering*, 39(4), 1201–1214. <https://doi.org/10.1007/s10439-011-0297-2>

Hughes, F. J. (2015). Periodontium and Periodontal Disease. In *Stem Cell Biology and Tissue Engineering in Dental Sciences* (pp. 433-444). Elsevier Inc.. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-397157-9.00038-2>

- Hughes, F. J., & Smales, F. C. (1986). Immunohistochemical investigation of the presence and distribution of cementum-associated lipopolysaccharides in periodontal disease. *Journal of periodontal research*, 21(6), 660–667. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0765.1986.tb01503.x>
- International Organization for Standardization. (2002). ISO 1302: Geometrical product specification (GPS) – indication of surface texture in technical product documentation, ISO, Geneva.
- Ishikawa, I., Sasaki, K. M., Aoki, A., & Watanabe, H. (2003). Effects of Er:YAG laser on periodontal therapy. *Journal of the International Academy of Periodontology*, 5(1), 23–28.
- Israel, M., Rossmann, J. A., & Froum, S. J. (1995). Use of the carbon dioxide laser in retarding epithelial migration: a pilot histological human study utilizing case reports. *Journal of periodontology*, 66(3), 197–204. <https://doi.org/10.1902/jop.1995.66.3.197>
- Ito, K., Nishikata, J. I., & Murai, S. (1993). Effects of Nd: YAG laser radiation on removal of a root surface smear layer after root planing: A scanning electron microscopic study. *Journal of periodontology*, 64(6), 547-552.
- Ito, K., Hindman, R.E., O'Leary, T.J. & Kafrawy, A.H. (1985) Determination of the presence of rootbound endotoxin using the local Schwartzman phenomenon (LSP). *J. Periodontol.* 56, 8-17.
- Ivanovski, S., Li, H., Daley, T. & Bartold, P.M. (2000). An immunohistochemical study of matrix molecules associated with barrier membrane-mediated periodontal wound healing. *Journal of Periodontal Research*, 35: 115-126. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0765.2000.035003115.x>
- Jang, A. T., Lin, J. D., Choi, R. M., Choi, E. M., Seto, M. L., Ryder, M. I., Gansky, S. A., Curtis, D. A., & Ho, S. P. (2014). Adaptive properties of human cementum and cementum dentin junction with age. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*, 39, 184–196. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2014.07.015>
- Janiszewska-Olszowska, J., Drozdziak, A., Tandacka, K., & Grocholewicz, K. (2020). Effect of air-polishing on surface roughness of composite dental restorative material - comparison of three different air-polishing powders. *BMC oral health*, 20(1), 30. <https://doi.org/10.1186/s12903-020-1007-y>

- Jaryal, S., Chhina, J., Kaur, G., & Mann, S. (2021). LASER IN PERIODONTOLOGY- A REVIEW. *International Journal of Medical Science And Diagnosis Research*, 5(5).
- Jassim, S. D. (2019). Laser Applications in Periodontology. In *Public Health in Developing Countries-Challenges and Opportunities*. IntechOpen.
- Jotikasthira, N. E., Lie, T., & Leknes, K. N. (1992). Comparative in vitro studies of sonic, ultrasonic and reciprocating scaling instruments. *Journal of clinical periodontology*, 19(8), 560–569. <https://doi.org/10.1111/j.1600-051x.1992.tb00684.x>
- Karacaoglu, F., & Orhan, K. (2021). Comparison of the effects of different instrumentation techniques on root surface roughness and cement loss using micro-computerized tomography: An in-vitro study. *International journal of dental hygiene*, 10.1111/idh.12543. Advance online publication. <https://doi.org/10.1111/idh.12543>
- Khatiblou, F. A., & Ghodssi, A. (1983). Root surface smoothness or roughness in periodontal treatment. A clinical study. *Journal of periodontology*, 54(6), 365–367. <https://doi.org/10.1902/jop.1983.54.6.365>
- Khounghanian, R. M., & Osman, H. I. (2006). Energy dispersive X-ray analysis of periodontally diseased and nondiseased human teeth using scanning electron microscopy. *Egypt Dent J*, 52, 1455-65.
- Kirkham, J., Brookes, S. J., Zhang, J., Wood, S. R., Shore, R. C., Smith, D. A., Wallwork, M. L., & Robinson, C. (2001). Effect of experimental fluorosis on the surface topography of developing enamel crystals. *Caries research*, 35(1), 50–56. <https://doi.org/10.1159/000047431>
- Kishida, M., Sato, S., & Ito, K. (2004). Effects of a new ultrasonic scaler on fibroblast attachment to root surfaces: a scanning electron microscopy analysis. *Journal of periodontal research*, 39(2), 111–119. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0765.2004.00715.x>
- Kocher, T., Langenbeck, N., Rosin, M., & Bernhardt, O. (2002). Methodology of three-dimensional determination of root surface roughness. *Journal of periodontal research*, 37(2), 125–131. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0765.2002.00341.x>

- Kolind, K., Kraft, D., Bøggild, T., Duch, M., Lovmand, J., Pedersen, F. S., Bindlev, D. A., Bünger, C. E., Foss, M., & Besenbacher, F. (2014). Control of proliferation and osteogenic differentiation of human dental-pulp-derived stem cells by distinct surface structures. *Acta biomaterialia*, 10(2), 641–650. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2013.11.006>
- Kuehn, M., Hausner, M., Bungartz, H. J., Wagner, M., Wilderer, P. A., & Wuertz, S. (1998). Automated confocal laser scanning microscopy and semiautomated image processing for analysis of biofilms. *Applied and environmental microbiology*, 64(11), 4115–4127. <https://doi.org/10.1128/AEM.64.11.4115-4127.1998>
- Kumar, M., Sequeira, P. S., Peter, S., & Bhat, G. K. (2005). Sterilisation of extracted human teeth for educational use. *Indian journal of medical microbiology*, 23(4), 256–258.
- Kumar, P., Das, S. J., Sonowal, S. T., & Chawla, J. (2015). Comparison of Root Surface Roughness Produced By Hand Instruments and Ultrasonic Scalers: An Invitro Study. *Journal of clinical and diagnostic research : JCDR*, 9(11), ZC56–ZC60. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2015/13744.6828>
- Kundukad, B., Seviour, T., Liang, Y., Rice, S. A., Kjelleberg, S., & Doyle, P. S. (2016). Mechanical properties of the superficial biofilm layer determine the architecture of biofilms. *Soft matter*, 12(26), 5718–5726. <https://doi.org/10.1039/c6sm00687f>
- Kunzler, T. P., Huwiler, C., Drobek, T., Vörös, J., & Spencer, N. D. (2007). Systematic study of osteoblast response to nanotopography by means of nanoparticle-density gradients. *Biomaterials*, 28(33), 5000–5006. <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2007.08.009>
- Laurell, L., & Pettersson, B. (1988). Periodontal healing after treatment with either the Titan-S sonic scaler or hand instruments. *Swedish dental journal*, 12(5), 187–192.
- Lavu, V., Sundaram, S., Sabarish, R., & Rao, S. R. (2015). Root Surface Bio-modification with Erbium Lasers- A Myth or a Reality??. *The open dentistry journal*, 9, 79–86. <https://doi.org/10.2174/1874210601509010079>
- Laxman, K. V., Ghosh, S., Dhingra, K., & Patil, R. (2015). Effect of Er: YAG or Nd:YAG Laser Exposure on Fluorosed and Non-Fluorosed Root Surfaces:

- An In Vitro Study. *Laser therapy*, 24(2), 93–101.
<https://doi.org/10.5978/islsm.15-OR-08>
- Lee, G. J., Park, K. H., Park, Y. G., & Park, H. K. (2010). A quantitative AFM analysis of nano-scale surface roughness in various orthodontic brackets. *Micron* (Oxford, England : 1993), 41(7), 775–782.
<https://doi.org/10.1016/j.micron.2010.05.013>
- LeGeros, R. Z., Bleiwas, C. B., Retino, M., Rohanizadeh, R., & LeGeros, J. P. (1999). Zinc effect on the in vitro formation of calcium phosphates: relevance to clinical inhibition of calculus formation. *American journal of dentistry*, 12(2), 65–71.
- Leitão J. (1982). Surface roughness and porosity of dental amalgam. *Acta odontologica Scandinavica*, 40(1), 9–16.
<https://doi.org/10.3109/00016358209019804>
- Leknes, K. N., Lie, T., Wikesjö, U. M., Bogle, G. C., & Selvig, K. A. (1994). Influence of tooth instrumentation roughness on subgingival microbial colonization. *Journal of periodontology*, 65(4), 303–308.
<https://doi.org/10.1902/jop.1994.65.4.303>
- Leon, L. E., & Vogel, R. I. (1987). A comparison of the effectiveness of hand scaling and ultrasonic debridement in furcations as evaluated by differential dark-field microscopy. *Journal of periodontology*, 58(2), 86–94.
<https://doi.org/10.1902/jop.1987.58.2.86>
- Li, B., & Logan, B. E. (2004). Bacterial adhesion to glass and metal-oxide surfaces. *Colloids and surfaces. B, Biointerfaces*, 36(2), 81–90.
<https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2004.05.006>
- Lie, T., & Leknes, K. N. (1985). Evaluation of the effect on root surfaces of air turbine scalers and ultrasonic instrumentation. *Journal of periodontology*, 56(9), 522–531. <https://doi.org/10.1902/jop.1985.56.9.522>
- Lin, Z., Strauss, F. J., Lang, N. P., Sculean, A., Salvi, G. E., & Stähli, A. (2021). Efficacy of laser monotherapy or non-surgical mechanical instrumentation in the management of untreated periodontitis patients. A systematic review and meta-analysis. *Clinical oral investigations*, 25(2), 375–391.
<https://doi.org/10.1007/s00784-020-03584-y>

- Lopes, B. M., Marcantonio, R. A., Thompson, G. M., Neves, L. H., & Theodoro, L. H. (2008). Short-term clinical and immunologic effects of scaling and root planing with Er:YAG laser in chronic periodontitis. *Journal of periodontology*, 79(7), 1158–1167. <https://doi.org/10.1902/jop.2008.070600>
- Lu, X., & Leng, Y. (2003). Quantitative analysis of osteoblast behavior on microgrooved hydroxyapatite and titanium substrata. *Journal of biomedical materials research. Part A*, 66(3), 677–687. <https://doi.org/10.1002/jbm.a.10022>
- MacNeil, R. L., & Somerman, M. J. (1999). Development and regeneration of the periodontium: parallels and contrasts. *Periodontology 2000*, 19, 8–20. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0757.1999.tb00144.x>
- Mariotti A. (2003). Efficacy of chemical root surface modifiers in the treatment of periodontal disease. A systematic review. *Annals of periodontology*, 8(1), 205–226. <https://doi.org/10.1902/annals.2003.8.1.205>
- Maritato, M., Orazi, L., Laurito, D., Formisano, G., Serra, E., Lollobrigida, M., Molinari, A., & De Biase, A. (2018). Root surface alterations following manual and mechanical scaling: A comparative study. *International journal of dental hygiene*, 16(4), 553–558. <https://doi.org/10.1111/idh.12349>
- Maruyama, H., Aoki, A., Sasaki, K. M., Takasaki, A. A., Iwasaki, K., Ichinose, S., Oda, S., Ishikawa, I., & Izumi, Y. (2008). The effect of chemical and/or mechanical conditioning on the Er:YAG laser-treated root cementum: analysis of surface morphology and periodontal ligament fibroblast attachment. *Lasers in surgery and medicine*, 40(3), 211–222. <https://doi.org/10.1002/lsm.20609>
- Minovska, A., & Atanasovska-Stojanovska, A. (2014). Претклиничка пародонтологија. Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Македонија. ISBN 978-608-244-097-2
- Minovska, A., & Petrovski., M. (2014) Praktikum po pretklinicka parodontologija. Univerzitet „Goce Delcev“ - Stip
- Minovska, Ana (2016) Пародонтологија 1 Клиничка. University "Goce Delcev"- Stip, Stip, Macedonia.
- Mittal, A., Nichani, A. S., Venugopal, R., & Rajani, V. (2014). The effect of various ultrasonic and hand instruments on the root surfaces of human single rooted

- teeth: A Planimetric and Profilometric study. *Journal of Indian Society of Periodontology*, 18(6), 710–717. <https://doi.org/10.4103/0972-124X.147405>
- Mohan, R., Agrawal, S., & Gundappa, M. (2013). Atomic force microscopy and scanning electron microscopy evaluation of efficacy of scaling and root planing using magnification: A randomized controlled clinical study. *Contemporary clinical dentistry*, 4(3), 286–294. <https://doi.org/10.4103/0976-237X.118347>
- Nakagaki H, Weatherell JA, Strong M, Robinson C. Distribution of fluoride in human cementum. *Arch Oral Biol*. 1985;30(2):101-4. doi: 10.1016/0003-9969(85)90100-1. PMID: 3857026.
- Nakata, T. M., Stepnick, R. J., & Zipkin, I. (1972). Chemistry of human dental cementum: the effect of age and fluoride exposure on the concentration of ash, fluoride, calcium, phosphorus and magnesium. *Journal of periodontology*, 43(2), 115–124.
- Nakib, N. M., Bissada, N. F., Simmelink, J. W., & Goldstine, S. N. (1982). Endotoxin penetration into root cementum of periodontally healthy and diseased human teeth. *Journal of periodontology*, 53(6), 368–378. <https://doi.org/10.1902/jop.1982.53.6.368>
- Nanci, A. and Bosshardt, D.D. (2006), Structure of periodontal tissues in health and disease*. *Periodontology* 2000, 40: 11-28.
- Neiders, M. E., Eick, J. D., Miller, W. A., & Leitner, J. W. (1972). Electron probe microanalysis of cementum and underlying dentin in young permanent teeth. *Journal of dental research*, 51(1), 122–130. <https://doi.org/10.1177/00220345720510010501>
- Nyman, S., Sarhed, G., Ericsson, I., Gottlow, J., & Karring, T. (1986). Role of "diseased" root cementum in healing following treatment of periodontal disease. An experimental study in the dog. *Journal of periodontal research*, 21(5), 496–503. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0765.1986.tb01485.x>
- Oda, S., Nitta, H., Setoguchi, T., Izumi, Y., & Ishikawa, I. (2004). Current concepts and advances in manual and power-driven instrumentation. *Periodontology* 2000, 36, 45–58. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0757.2004.03674.x>

- Offenbacher, S., Barros, S. P., Singer, R. E., Moss, K., Williams, R. C., & Beck, J. D. (2007). Periodontal disease at the biofilm-gingival interface. *Journal of periodontology*, 78(10), 1911–1925.
- Okte, E., Unsal, B., Bal, B., Erdemli, E., & Akbay, A. (1999). Histological assessment of root cementum at periodontally healthy and diseased human teeth. *Journal of oral science*, 41(4), 177–180.
<https://doi.org/10.2334/josnurd.41.177>
- Ota-Tsuzuki, C., Martins, F. L., Giorgetti, A. P. O., de Freitas, P. M., & Duarte, P. M. (2009). In vitro adhesion of *Streptococcus sanguinis* to dentine root surface after treatment with Er: YAG laser, ultrasonic system, or manual curette. *Photomedicine and laser surgery*, 27(5), 735-741.
- Özyürek, T., Yılmaz, K., Uslu, G., & Plotino, G. (2018). The effect of root canal preparation on the surface roughness of WaveOne and WaveOne Gold files: atomic force microscopy study. *Restorative dentistry & endodontics*, 43(1), e10. <https://doi.org/10.5395/rde.2018.43.e10>
- Pacha-Olivenza, M. Á., Tejero, R., Fernández-Calderón, M. C., Anitua, E., Troya, M., & González-Martín, M. L. (2019). Relevance of Topographic Parameters on the Adhesion and Proliferation of Human Gingival Fibroblasts and Oral Bacterial Strains. *BioMed research international*, 2019, 8456342.
<https://doi.org/10.1155/2019/8456342>
- Padmanabhan, P. (2019). Lasers and its Application in Periodontology: A Review. *Indian Journal of Public Health Research & Development*, 10(11).
- Paghdwala A. F. (1991). Does the laser work on hard dental tissue?. *Journal of the American Dental Association* (1939), 122(1), 79–80.
- Park, J. Y., Lee, D. H., Lee, E. J., & Lee, S. H. (2009). Study of cellular behaviors on concave and convex microstructures fabricated from elastic PDMS membranes. *Lab on a chip*, 9(14), 2043–2049.
<https://doi.org/10.1039/b820955c>
- Pathak, M. U., Shetty, V., & Kalra, D. (2016). Trace Elements and Oral Health: A Systematic Review. *Journal of Advanced Oral Research*, 7(2), 12–20. <https://doi.org/10.1177/2229411220160203>
- Pattem, J., Davrandi, M., Aguayo, S., Allan, E., Spratt, D., & Bozec, L. (2018). A Multi-scale Biophysical Approach to Develop Structure-Property

- Relationships in Oral Biofilms. *Scientific Reports*, 8, 5691.
<http://doi.org/10.1038/s41598-018-23798-1>
- Petrovski, M., & Terzieva-Petrovska, O. (2018). *Basics Of Geriatric Dentistry*. LAP LAMBERT Academic Publishing. ISBN 978-620-2-05734-9
- Pinero J. (1998). Nd:YAG-assisted periodontal curettage to prevent bacteria before cardiovascular surgery. *Dentistry today*, 17(3), 84–87.
- Poleník P. (1993). Zinc in etiology of periodontal disease. *Medical hypotheses*, 40(3), 182–185. [https://doi.org/10.1016/0306-9877\(93\)90208-8](https://doi.org/10.1016/0306-9877(93)90208-8)
- Polimeni, G., Xiropaidis, A. V., & Wikesjö, U. M. (2006). Biology and principles of periodontal wound healing/regeneration. *Periodontology 2000*, 41, 30–47.
<https://doi.org/10.1111/j.1600-0757.2006.00157.x>
- Polson, A. M., & Caton, J. (1982). Factors influencing periodontal repair and regeneration. *Journal of periodontology*, 53(10), 617–625.
<https://doi.org/10.1902/jop.1982.53.10.617>
- Ponche, A., Bigerelle, M., & Anselme, K. (2010). Relative influence of surface topography and surface chemistry on cell response to bone implant materials. Part 1: Physico-chemical effects. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine*, 224(12), 1471–1486.
- Ponsonnet, L., Comte, V., Othmane, A., Lagneau, C., Charbonnier, M., Lissac, M., & Jaffrezic, N. (2002). Effect of surface topography and chemistry on adhesion, orientation and growth of fibroblasts on nickel–titanium substrates. *Materials Science and Engineering: C*, 21(1-2), 157-165.
- Poornima, R., Meena, A. K., & Pratibha, G. (2019). Comparison of root surface roughness produced by air polishing combined with hand instrumentation or ultrasonic instrumentation: an in vitro study. *General dentistry*, 67(4), 75–77.
- Profili, F., Sparabombe, S., Tawse Smith, A., D'Isidoro, O., & Quaranta, A. (2019). The effect of miniaturized manual versus mechanical instruments on calculus removal and root surface characteristics: An in vitro light microscopic study. *Clinical and experimental dental research*, 5(5), 519–527.
<https://doi.org/10.1002/cre2.218>
- Quirynen, M., Bollen, C. M., Papaioannou, W., Van Eldere, J., & van Steenberghe, D. (1996). The influence of titanium abutment surface roughness on plaque

- accumulation and gingivitis: short-term observations. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 11(2), 169–178.
- Quirynen, M., Marechal, M., Busscher, H. J., Weerkamp, A. H., Darius, P. L., & van Steenberghe, D. (1990). The influence of surface free energy and surface roughness on early plaque formation. An in vivo study in man. *Journal of clinical periodontology*, 17(3), 138–144. <https://doi.org/10.1111/j.1600-051x.1990.tb01077.x>
- Rechmann, P., & Henning, T.H. (1995). Selective ablation of subband supragingival calculus with a frequency-doubled Alexandrite laser. *Proc SPIE*, 2394, 203–210.
- Ren, Y-F.. (2011). Dental erosion: etiology, diagnosis and prevention. *ADA: The academy of dental therapeutic and stomatology*, 2011.
- Rex, T., Kharbanda, O. P., Petocz, P., & Darendeliler, M. A. (2005). *Physical properties of root cementum: Part 4. Quantitative analysis of the mineral composition of human premolar cementum. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 127(2), 177–185. doi:10.1016/j.ajodo.2003.12.022
- Rimondini, L., Farè, S., Brambilla, E., Felloni, A., Consonni, C., Brossa, F., & Carrassi, A. (1997). The effect of surface roughness on early in vivo plaque colonization on titanium. *Journal of periodontology*, 68(6), 556–562. <https://doi.org/10.1902/jop.1997.68.6.556>
- Romanos G. E. (1994). Clinical applications of the Nd:YAG laser in oral soft tissue surgery and periodontology. *Journal of clinical laser medicine & surgery*, 12(2), 103–108. <https://doi.org/10.1089/clm.1994.12.103>
- Rosales-Leal, J. I., Rodríguez-Valverde, M. A., Mazzaglia, G., Ramón-Torregrosa, P. J., Díaz-Rodríguez, L., García-Martínez, O., ... Cabrerizo-Vílchez, M. A. (2010). *Effect of roughness, wettability and morphology of engineered titanium surfaces on osteoblast-like cell adhesion. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 365(1-3), 222–229. doi:10.1016/j.colsurfa.2009.12.017
- Sachdeva A, P. N. (2018). Effect of conventional and microwave glazing on surface roughness of metal ceramics: An atomic force microscopy analysis. *Indian J Dent Res* , 352-357

- Salavadhi, S. S., Chintalapani, S., Ramachandran, R., Nagubandi, K., Ramiseti, A., & Boyapati, R. (2017). Atomic Force Microscopy: A three-dimensional reconstructive tool of oral microbiota in gingivitis and periodontitis. *Journal of Indian Society of Periodontology*, 21(4), 264–269.
http://doi.org/10.4103/jisp.jisp_209_17
- Santos, C.R., Tonetto, M., Presoto, C.D., Bandeca, M., Júnior, O.O., Calabrez-Filho, S., & Andrade, M. (2012). Application of Er:YAG and Er, Cr:YSGG lasers in cavity preparation for dental tissues: a literature review. *World Journal of Dentistry*, 3, 340-343.
- Sasaki, K. M., Aoki, A., Ichinose, S., & Ishikawa, I. (2002). Morphological analysis of cementum and root dentin after Er:YAG laser irradiation. *Lasers in surgery and medicine*, 31(2), 79–85. <https://doi.org/10.1002/lsm.10074>
- Sasaki, K. M., Aoki, A., Masuno, H., Ichinose, S., Yamada, S., & Ishikawa, I. (2002). Compositional analysis of root cementum and dentin after Er:YAG laser irradiation compared with CO2 lased and intact roots using Fourier transformed infrared spectroscopy. *Journal of periodontal research*, 37(1), 50–59. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0765.2002.00657.x>
- Saygin, N. E., Giannobile, W. V., & Somerman, M. J. (2000). Molecular and cell biology of cementum. *Periodontology 2000*, 24, 73–98.
<https://doi.org/10.1034/j.1600-0757.2000.2240105.x>
- Schmidlin, P. R., Beuchat, M., Busslinger, A., Lehmann, B., & Lutz, F. (2001). Tooth substance loss resulting from mechanical, sonic and ultrasonic root instrumentation assessed by liquid scintillation. *Journal of clinical periodontology*, 28(11), 1058–1066. <https://doi.org/10.1034/j.1600-051x.2001.281111.x>
- Schwarz, F., Aoki, A., Sculean, A., Georg, T., Scherbaum, W., & Becker, J. (2003). In vivo effects of an Er:YAG laser, an ultrasonic system and scaling and root planing on the biocompatibility of periodontally diseased root surfaces in cultures of human PDL fibroblasts. *Lasers in surgery and medicine*, 33(2), 140–147. <https://doi.org/10.1002/lsm.10201>
- Schwarz, F., Pütz, N., Georg, T., & Reich, E. (2001). Effect of an Er:YAG laser on periodontally involved root surfaces: an in vivo and in vitro SEM

- comparison. *Lasers in surgery and medicine*, 29(4), 328–335.
<https://doi.org/10.1002/lsm.1125>
- Schwarz, F., Sculean, A., Berakdar, M., Georg, T., Reich, E., & Becker, J. (2003). Clinical evaluation of an Er:YAG laser combined with scaling and root planing for non-surgical periodontal treatment. A controlled, prospective clinical study. *Journal of clinical periodontology*, 30(1), 26–34.
<https://doi.org/10.1034/j.1600-051x.2003.300105.x>
- Schwarz, F., Sculean, A., Berakdar, M., Georg, T., Reich, E., & Becker, J. (2003). Periodontal treatment with an Er:YAG laser or scaling and root planing. A 2-year follow-up split-mouth study. *Journal of periodontology*, 74(5), 590–596.
<https://doi.org/10.1902/jop.2003.74.5.590>
- Schwarz, F., Sculean, A., Berakdar, M., Szathmari, L., Georg, T., & Becker, J. (2003). In vivo and in vitro effects of an Er:YAG laser, a GaAlAs diode laser, and scaling and root planing on periodontally diseased root surfaces: a comparative histologic study. *Lasers in surgery and medicine*, 32(5), 359–366. <https://doi.org/10.1002/lsm.10179>
- Schwarz, F., Sculean, A., Georg, T., & Reich, E. (2001). Periodontal treatment with an Er: YAG laser compared to scaling and root planing. A controlled clinical study. *Journal of periodontology*, 72(3), 361–367.
<https://doi.org/10.1902/jop.2001.72.3.361>
- Selvig, K, A, & Zander, H, A, (1962) Chemical analysis and microradiography of cementum and dentin from periodontally diseased human teeth. *Journal of Periodontology* 33, 303-310.
- Seyedmajidi, S. A., Seyedmajidi, M., Moghadamnia, A., Khani, Z., Zahedpasha, S., Jenabian, N., Jorsaraei, G., Halalkhor, S., & Motalebnejad, M. (2014). Effect of zinc-deficient diet on oral tissues and periodontal indices in rats. *International journal of molecular and cellular medicine*, 3(2), 81–87.
- Shafagh I. (1986). Plaque accumulation on cast gold complete crowns polished by a conventional and an experimental method. *The Journal of prosthetic dentistry*, 55(3), 339–342. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(86\)90116-2](https://doi.org/10.1016/0022-3913(86)90116-2)
- Shen, J. Z., & Kosmač, T. (2014). *Advanced ceramics for dentistry*. Waltham, MA: Butterworth-Heinemann.

- Solís Moreno, C., Santos, A., Nart, J., Levi, P., Velásquez, A., & Sanz Moliner, J. (2012). Evaluation of root surface microtopography following the use of four instrumentation systems by confocal microscopy and scanning electron microscopy: an in vitro study. *Journal of periodontal research*, 47(5), 608–615. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0765.2012.01473.x>
- Štamfelj, I., Vidmar, G., Cvetko, E., & Gašperšič, D. (2008). Cementum thickness in multirooted human molars: A histometric study by light microscopy. *Annals of Anatomy-Anatomischer Anzeiger*, 190(2), 129-139.
- Steinfort, J., Deblauwe, B. M., & Beertsen, W. (1990). The inorganic components of cementum- and enamel-related dentin in the rat incisor. *Journal of dental research*, 69(6), 1287–1292. <https://doi.org/10.1177/00220345900690061301>
- Стевановиќ, М. (2004). Микроелементи, исхрана и кариес, Стоматолошки факултет, Скопје. ISBN 9989-9538-7-2
- Stout, K. J., Sullivan, P. J., Dong, W. P., Mainsah, E., Luo, N., Mathia, T., & Zahouani, H.(2000) Development of methods for the characterization of roughness in three dimensions, Penton Press, London
- Strange, A. P., Aguayo, S., Ahmed, T., Mordan, N., Stratton, R., Porter, S. R., Parekh, S., & Bozec, L. (2017). Quantitative nanohistological investigation of scleroderma: an atomic force microscopy-based approach to disease characterization. *International journal of nanomedicine*, 12, 411–420. <https://doi.org/10.2147/IJN.S118690>
- Su, W. T., Chu, I. M., Yang, J. Y., & Lin, C. D. (2006). The geometric pattern of a pillared substrate influences the cell-process distribution and shapes of fibroblasts. *Micron (Oxford, England : 1993)*, 37(8), 699–706. <https://doi.org/10.1016/j.micron.2006.03.007>
- Sundaram, S., Ramaseshan, R., Dash, S., & Rao, S. R. (2014). Evaluation of the nanostructure of cervical third cementum in health and chronic periodontitis: An in vitro study. *Journal of Indian Society of Periodontology*, 18(5), 560–566. <http://doi.org/10.4103/0972-124X.142440>
- Takeda, F. H., Harashima, T., Kimura, Y., & Matsumoto, K. (1999). A comparative study of the removal of smear layer by three endodontic irrigants and two

- types of laser. *International endodontic journal*, 32(1), 32–39.
<https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.1999.00182.x>
- Talebi-Ardakani, M. R., Torshabi, M., Karami, E., Vajar, N., Rezaei Esfahrood, Z., Meimandi, M., & Mojahedi, S. M. (2017). Comparison of Er:YAG Laser and Hand Instrumentation on the Attachment of Cultured Human Gingival Fibroblasts to Periodontally Involved Root Surfaces. *Journal of lasers in medical sciences*, 8(Suppl 1), S51–S55.
<https://doi.org/10.15171/jlms.2017.s10>
- Taru, S. C., Jawade, R. B., Baghele, O. N., Bhandari, V. D., & Ugale, G. M. (2017). Magnesium and zinc levels in individuals having generalized chronic periodontitis. *Journal of the International Clinical Dental Research Organization*, 9(2), 71.
- Tewfik, H.M., Garnick, J.J., Schuster, G.S. & Sharawy, M.M. (1994). Structural and Functional Changes of Cementum Surface Following Exposure to A Modified Nd:YAG Laser. *Journal of Periodontology*, 65: 297-302.
- Theodoro, L. H., Haypek, P. , Bachmann, L. , Garcia, V. G., Sampaio, J. E., Zezell, D. M. & Eduardo, C. d. (2003). Effect of Er:YAG and Diode Laser Irradiation on the Root Surface: Morphological and Thermal Analysis. *Journal of Periodontology*, 74, 838-843.
- Tholt de Vasconcellos, B., Miranda-Júnior, W. G., Prioli, R., Thompson, J., & Oda, M. (2006). Surface roughness in ceramics with different finishing techniques using atomic force microscope and profilometer. *Operative dentistry*, 31(4), 442–449. <https://doi.org/10.2341/05-54>
- Thomas, D., Rapley, J., Cobb, C., Spencer, P., & Killoy, W. (1994). Effects of the Nd:YAG laser and combined treatments on in vitro fibroblast attachment to root surfaces. *Journal of clinical periodontology*, 21(1), 38-44.
- Thomas, T.R. (1999). *Rough Surfaces*, 2nd ed., Imperial College Press, London, U.K.
- Ting, C. C., Fukuda, M., Watanabe, T., Aoki, T., Sanaoka, A., & Noguchi, T. (2007). Effects of Er,Cr:YSGG laser irradiation on the root surface: morphologic analysis and efficiency of calculus removal. *Journal of periodontology*, 78(11), 2156–2164. <https://doi.org/10.1902/jop.2007.070160>

- Tomasi, C., Schander, K., Dahlén, G., & Wennström, J. L. (2006). Short-term clinical and microbiologic effects of pocket debridement with an Er:YAG laser during periodontal maintenance. *Journal of periodontology*, 77(1), 111–118.
<https://doi.org/10.1902/jop.2006.77.1.111>
- Tsaira, A., Karagiannidis, P., Sidira, M., Kassavetis, S., Kugiumtzis, D., Logothetidis, S., ... & Michalakis, K. (2016). Theoretical considerations and a mathematical model for the analysis of the biomechanical response of human keratinized oral mucosa. *Frontiers in physiology*, 7, 364.
- Tsubokawa, M., Aoki, A., Kakizaki, S., Taniguchi, Y., Ejiri, K., Mizutani, K., Koshy, G., Akizuki, T., Oda, S., Sumi, Y., & Izumi, Y. (2018). In vitro and clinical evaluation of optical coherence tomography for the detection of subgingival calculus and root cementum. *Journal of oral science*, 60(3), 418–427.
<https://doi.org/10.2334/josnusd.17-0289>
- Tsurumaki, J. D. N., Souto, B. H. M., Oliveira, G. J. P. L. D., Sampaio, J. E. C., Marcantonio Júnior, E., & Marcantonio, R. A. C. (2011). Effect of instrumentation using cures, piezoelectric ultrasonic scaler and Er, Cr: YSGG laser on the morphology and adhesion of blood components on root surfaces: a SEM study. *Brazilian dental journal*, 22, 185-192.
- Vahabi, S., Nazemi Salman, B., & Javanmard, A. (2013). Atomic force microscopy application in biological research: a review study. *Iranian journal of medical sciences*, 38(2), 76–83.
- Valois, C. R., Silva, L. P., & Azevedo, R. B. (2005). Atomic force microscopy study of stainless-steel and nickel-titanium files. *Journal of endodontics*, 31(12), 882–885. <https://doi.org/10.1097/01.don.0000164132.27285.2c>
- Vastardis, S., Yukna, R. A., Rice, D. A., & Mercante, D. (2005). Root surface removal and resultant surface texture with diamond-coated ultrasonic inserts: an in vitro and SEM study. *Journal of clinical periodontology*, 32(5), 467-473.
- Vidal, C. M. P., Zhu, W., Manohar, S., Aydin, B., Keiderling, T. A., Messersmith, P. B., & Bedran-Russo, A. (2016). Collagen-collagen interactions mediated by plant-derived proanthocyanidins: a spectroscopic and atomic force microscopy study. *Acta Biomaterialia*, 41, 110–118.
<http://doi.org/10.1016/j.actbio.2016.05.026>

- Vitte, J., Benoliel, A. M., Pierres, A., & Bongrand, P. (2004). Is there a predictable relationship between surface physical-chemical properties and cell behaviour at the interface?. *European cells & materials*, 7, 52–63.
<https://doi.org/10.22203/ecm.v007a06>
- Walsh, J. T., Jr, & Cummings, J. P. (1994). Effect of the dynamic optical properties of water on midinfrared laser ablation. *Lasers in surgery and medicine*, 15(3), 295–305. <https://doi.org/10.1002/lsm.1900150310>
- Wassmann, T., Kreis, S., Behr, M., & Buegers, R. (2017). The influence of surface texture and wettability on initial bacterial adhesion on titanium and zirconium oxide dental implants. *International Journal of Implant Dentistry*, 3, 32.
<http://doi.org/10.1186/s40729-017-0093-3>
- Webster, T. J., & Ejiogor, J. U. (2004). Increased osteoblast adhesion on nanophase metals: Ti, Ti6Al4V, and CoCrMo. *Biomaterials*, 25(19), 4731–4739.
<https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2003.12.002>
- Whitehouse, D.J. (1994). *Handbook of Surface Metrology*, Institute of Physics Publishing, Bristol, U.K.
- Wilson, J. R. (1958). The use of ultrasonics in periodontal treatment. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 8(1), 161-166.
- Wirth, C., Grosogogeat, B., Lagneau, C., Jaffrezic-Renault, N., & Ponsonnet, L. (2008). Biomaterial surface properties modulate in vitro rat calvaria osteoblasts response: Roughness and or chemistry?. *Materials Science and Engineering: C*, 28(5-6), 990-1001.
- Wirthiin, M. R., Pederson, E. D., Hancock, E. B., Lambert, B. L. & Leonard, E, P (1979) The hypermineralization of diseased root surfaces. *Journal of Periodontology* 5Q, 125-127.
- Xu, C., & Wang, Y. (2012). Chemical composition and structure of peritubular and intertubular human dentine revisited. *Archives of oral biology*, 57(4), 383–391. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2011.09.008>
- Yaghini J, Naghsh N, Attaei E, Birang R, Birang E. Root Surface Roughness After Scaling and Root Planing with Er:YAG Laser Compared to Hand and Ultrasonic Instruments by Profilometry. *J Dent (Tehran)*. 2015;12(12):899-905.

- Yamaguchi, H., Kobayashi, K., Osada, R., Sakuraba, E., Nomura, T., Arai, T., & Nakamura, J. (1997). Effects of irradiation of an erbium:YAG laser on root surfaces. *Journal of periodontology*, 68(12), 1151–1155.
<https://doi.org/10.1902/jop.1997.68.12.1151>
- Yamaguchi, M., Oishi, H., & Suketa, Y. (1988). Zinc stimulation of bone protein synthesis in tissue culture: activation of aminoacyl-tRNA synthetase. *Biochemical pharmacology*, 37(21), 4075-4080.
- Yamamoto, H., Sugahara, N., & Yamada, N. (1966). Histopathological and microradiographic study of the exposed cementum from periodontally diseased human teeth. *The Bulletin of Tokyo Medical and Dental University*, 13(3), 407-421.
- Yamamoto, T., Hasegawa, T., Yamamoto, T., Hongo, H., & Amizuka, N. (2016). Histology of human cementum: Its structure, function, and development. *The Japanese dental science review*, 52(3), 63–74.
<https://doi.org/10.1016/j.jdsr.2016.04.002>
- Yoon, S. H., Brudevold, F., Smith, F. A., Gardner, D. E., & Soni, N. (1960). Distribution of fluorine in teeth and alveolar bone. *Journal of the American Dental Association* (1939), 61, 565–570.
<https://doi.org/10.14219/jada.archive.1960.0235>
- Yoshida, Y., Van Meerbeek, B., Snauwaert, J., Hellemans, L., Lambrechts, P., Vanherle, G., Wakasa, K., & Pashley, D. H. (1999). A novel approach to AFM characterization of adhesive tooth-biomaterial interfaces. *Journal of biomedical materials research*, 47(1), 85–90.
[https://doi.org/10.1002/\(sici\)1097-4636\(199910\)47:1<85::aid-jbm12>3.0.co;2-h](https://doi.org/10.1002/(sici)1097-4636(199910)47:1<85::aid-jbm12>3.0.co;2-h)
- Yukna, R. A., Scott, J. B., Aichelmann-Reidy, M. E., LeBlanc, D. M., & Mayer, E. T. (1997). Clinical evaluation of the speed and effectiveness of subgingival calculus removal on single-rooted teeth with diamond-coated ultrasonic tips. *Journal of periodontology*, 68(5), 436–442.
- Zafar M. S. (2016). Comparing the effects of manual and ultrasonic instrumentation on root surface mechanical properties. *European journal of dentistry*, 10(4), 517–521. <https://doi.org/10.4103/1305-7456.195162>

- Zhang, J., Luo, X., Barbieri, D., Barradas, A. M., de Bruijn, J. D., van Blitterswijk, C. A., & Yuan, H. (2014). The size of surface microstructures as an osteogenic factor in calcium phosphate ceramics. *Acta biomaterialia*, 10(7), 3254–3263. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2014.03.021>
- Zhao, Y., Yin, Y., Tao, L., Nie, P., Tang, Y., & Zhu, M. (2014). Er:YAG laser versus scaling and root planing as alternative or adjuvant for chronic periodontitis treatment: a systematic review. *Journal of clinical periodontology*, 41(11), 1069–1079. <https://doi.org/10.1111/jcpe.12304>
- Zharikov, E.V., Zhekov, V.I., Kulevskii, L.R., Murina, T.M., Osiko, W., Prokhorov, A.M., Smirnov, W., Starikov, B.P., & Timoshehkin, M.I. (1975). Stimulated emission from Er³⁺ ions in yttrium aluminum garnet crystals at $\lambda = 2.94 \mu\text{m}$. *Sov J Quantum Electron*, 4, 1039-1040.
- Zreiqat, H., Evans, P., & Howlett, C. R. (1999). Effect of surface chemical modification of bioceramic on phenotype of human bone-derived cells. *Journal of Biomedical Materials Research: An Official Journal of The Society for Biomaterials, The Japanese Society for Biomaterials, and The Australian Society for Biomaterials*, 44(4), 389-396.