

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

**Катедра за стоматолошка протетика**

**Емилија Бајрактарова Ваљакова**

**ЕВАЛУАЦИЈА НА ЕФИКАСНОСТА НА КЕРАМИЧКО-  
ЦЕМЕНТНОТО ПОВРЗУВАЊЕ КАЈ ЦЕЛОСНО  
КЕРАМИЧКИТЕ СИСТЕМИ - студија *in vitro***

**докторска дисертација**

**Ментор: проф. д-р Љубен Гутувчевски**

**Коментор: проф. д-р Анита Грозданов**

**Скопје, 2014**

**Ментор: проф. д-р Љубен Гугувчевски**

Стоматолошки факултет – УКИМ, Скопје

**Коментор: проф. д-р Анита Грозданов**

Технолошко-Металуршки факултет – УКИМ, Скопје

**ЧЛЕНОВИ НА РЕЦЕНЗЕНТСКА КОМИСИЈА:**

проф. д-р Јагода Бајевска

проф. д-р Никола Гиговски

проф. д-р Силвана Георгиева

проф. д-р Анита Грозданов

проф. д-р Љубен Гугувчевски

**Дата на одбрана: 10.04.2014 година**

**СТОМАТОЛОШКИ НАУКИ – СТОМАТОЛОШКА ПРОТЕТИКА**

*На моите најмили - Сашко, Ана и Григориј  
- со љубов*

## БЛАГОДАРНОСТ

На мојот ментор проф. д-р Љупчо Гутувчевски му должам посебна почит и благодарност за разбирањето, поддршката и корисните сугестии при изработката на овој труд.

На мојот коментор, проф. д-р Анита Грозданов од Технолошко-Металуршкиот факултет во Скопје и изразувам почит и благодарност за целокупната поддршка и соработка, корисните совети, сугестии и драгоцената помош околу реализацијата на мојот престој на Стоматолошкиот факултет во Лувен, каде беа извршени испитувањата планирани во оваа докторска дисертација.

Посебна почит и благодарност изразувам и на проф. д-р Bartholomeus Van Meerbeek, раководител на BIOMAT - Leuven Research Cluster, оддел на Стоматолошкиот факултет за испитување на дентални материјали при Католичкиот универзитет KU Leuven, во Лувен, Белгија, за неговата несебична помош, времето одвоено за корисни дискусии, сугестии и моето вклучување во истражувачкиот тим.

На д-р Jan De Munck, д-р сци, му благодарам за помошта околу прецизирањето на методолошките постапки, а на д-р Kumiko Yoshihara за помошта околу снимањето на примероците со СЕМ. На останатите колеги од истражувачкиот тим на BIOMAT: Evelise M. Souza, Takashi, Ivana, Annelies, Masanao, Pong, Carla, Xi и Partha им благодарам за пријателскиот однос и вниманието, што придонесе полесно да ги поминам напорните часови поминати во BIOMAT.

За помошта околу ФТИР спектроскопијата им благодарам на Катерина Старкоска, дипломиран фармацевт и Маја Шишовска, лаборант при Институтот за јавно здравје на Р. Македонија, референтна лабораторија за испитување и контрола на лекови.

На моите колеги од Клиниката за фиксна стоматолошка протетика при Универзитетскиот стоматолошки клинички центар „Св. Пантелејмон“ им благодарам за поддршката, соработката, колегијалниот и пријателскиот однос.

На мојот сопруг, дипл. ел. инж. Сашко Ваљаков, му благодарам за разбирањето и комплетната поддршка, без која овој труд не би било лесно да се реализира. На синот Григориј и ќерката Ана - радост во мојот живот, им благодарам за трпението и толеранцијата за времето кое не можев да им го посветам. Благодарност изразувам и на г-ѓа Ленка Ваљакова, за драгоцената помош, поддршката и големото разбирање.

На проф. д-р Бона Бајрактарова и дипл. ел. инж. Драган Бајрактаров – моите родители, им благодарам за усмерувањето кон вистинските животни вредности.

Благодарност до Министерството за образование и наука на Република Македонија за финансиската помош, а на ПроМедика благодарност воедно и за помошта околу обезбедувањето на дел од керамиките предвидени за испитување. Благодарност исказувам и до: Ivoclar Vivadent – Лихтенштајн, VITA Zahnfabrik – Германија, 3M ESPE – Германија, Dentsply – Германија, Kuraray Noritake – Јапонија и Danville – Швајцарија за донираните материјали користени во истражувањето.

Емилија Бајрактарова Ваљакова



|                                                                                            |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>КРАТКА СОДРЖИНА .....</b>                                                               | <b>IX</b>  |
| <b>SUMMARY .....</b>                                                                       | <b>XII</b> |
| <b>КРАТЕНКИ .....</b>                                                                      | <b>XVI</b> |
| <b>1. ВОВЕД .....</b>                                                                      | <b>1</b>   |
| <b>2. ПРЕГЛЕД НА ЛИТЕРАТУРА .....</b>                                                      | <b>3</b>   |
| <b>2.1. КЕРАМИЧКИ МАТЕРИЈАЛИ .....</b>                                                     | <b>3</b>   |
| <b>2.2. CAD/CAM ТЕХНОЛОГИЈА .....</b>                                                      | <b>4</b>   |
| <b>2.3. СРЕДСТВА ЗА ЦЕМЕНТИРАЊЕ .....</b>                                                  | <b>5</b>   |
| <b>2.4. ТЕХНИКИ ЗА ПОДГОТОВКА НА КЕРАМИЧКИТЕ ПОВРШНИ<br/>        ЗА ЦЕМЕНТИРАЊЕ .....</b>  | <b>7</b>   |
| 2.4.1. Средства за механичка алтерација на керамичките површини ..                         | 7          |
| 2.4.2. Средства за механичко-хемиска алтерација на керамичките<br>површини .....           | 10         |
| 2.4.3. Средства за хемиска алтерација на керамичките површини .....                        | 11         |
| 2.4.4. Дентални атхезиви .....                                                             | 14         |
| <b>2.5. АТХЕЗИВНА ЗОНА .....</b>                                                           | <b>15</b>  |
| <b>2.6. ЛАБОРАТОРИСКО СТАРЕЕЊЕ НА<br/>        МАТЕРИЈАЛИТЕ .....</b>                       | <b>15</b>  |
| <b>2.7. ТЕСТОВИ ЗА МЕРЕЊЕ НА СИЛАТА НА ВРЗУВАЊЕ .....</b>                                  | <b>15</b>  |
| <b>3. ЦЕЛ НА ТРУДОТ.....</b>                                                               | <b>18</b>  |
| <b>4. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД .....</b>                                                          | <b>19</b>  |
| <b>4.1. МАТЕРИЈАЛИ .....</b>                                                               | <b>19</b>  |
| 4.1.1. Керамички материјали .....                                                          | 19         |
| 4.1.2. Композитни цементи .....                                                            | 23         |
| 4.1.3. Средства за механичка алтерација на керамичките површини..                          | 24         |
| 4.1.4. Средство за механичко-хемиска алтерација на керамичките<br>површини .....           | 25         |
| 4.1.5. Средство за хемиска алтерација на керамичките површини .....                        | 26         |
| 4.1.6. Дентални атхезиви .....                                                             | 26         |
| <b>4.2. МЕТОДИ.....</b>                                                                    | <b>27</b>  |
| 4.2.1. Подготовка на примероците .....                                                     | 27         |
| 4.2.2. Тест за одредување на микро-затегнувачката сила на<br>врзувањето - $\mu$ TBST ..... | 35         |
| 4.2.3. Одредување на типот на фрактурата со стерео микроскопија....                        | 36         |
| 4.2.4. Скенирачка Електронска Микроскопија (SEM) .....                                     | 37         |

|                                                                                                                                                                     |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.2.5. Одредување на просечното губење на керамичкиот материјал по спроведувањето на одредени третмани .....                                                        | 39         |
| 4.2.6. Фурие-Трансформирачка Инфрацрвена Спектроскопија (FTIR) .....                                                                                                | 40         |
| 4.2.7. Статистичка обработка .....                                                                                                                                  | 40         |
| <b>4.3. ПРИЛОГ КОН МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД – дополнителни факти и сознанија .....</b>                                                                                     | <b>41</b>  |
| <b>5. РЕЗУЛТАТИ .....</b>                                                                                                                                           | <b>47</b>  |
| <b>6. ДИСКУСИЈА .....</b>                                                                                                                                           | <b>89</b>  |
| <b>6.1. ЕФИКАСНОСТ НА ОСТВАРЕНАТА ВРСКА ПОМЕЃУ ИСПИТУВАНИТЕ КЕРАМИЧКИ МАТЕРИЈАЛИ И КОМПОЗИТНИ ЦЕМЕНТИ ПО СПРОВЕДЕНИТЕ ТРЕТМАНИ .....</b>                            | <b>89</b>  |
| <b>6.1.1. Vitablocks Mark II .....</b>                                                                                                                              | <b>89</b>  |
| Vitablocks Mark II / Clearfil Esthetic Cement .....                                                                                                                 | 89         |
| Vitablocks Mark II / Panavia Self Adhesive Cement .....                                                                                                             | 91         |
| Влијание на хемискиот состав на цементите (Panavia SA Cement и Clearfil Esthetic Cement) врз ефикасноста на керамичко-цементната врска кај Vitablocks Mark II ..... | 92         |
| <b>6.1.2. IPS Empress CAD .....</b>                                                                                                                                 | <b>93</b>  |
| IPS Empress CAD / Clearfil Esthetic Cement .....                                                                                                                    | 93         |
| IPS Empress CAD / Panavia Self Adhesive Cement .....                                                                                                                | 95         |
| Влијание на хемискиот состав на цементите (Panavia SA Cement и Clearfil Esthetic Cement) врз ефикасноста на керамичко-цементната врска кај IPS Empress CAD .....    | 96         |
| <b>6.1.3. IPS e.max CAD .....</b>                                                                                                                                   | <b>96</b>  |
| IPS e.max CAD / Clearfil Esthetic Cement .....                                                                                                                      | 96         |
| IPS e.max CAD / Panavia Self Adhesive Cement .....                                                                                                                  | 99         |
| Влијание на хемискиот состав на цементите (Panavia SA Cement и Clearfil Esthetic Cement) врз ефикасноста на керамичко-цементната врска кај IPS e.max CAD .....      | 100        |
| <b>6.1.4. Vita Enamic .....</b>                                                                                                                                     | <b>100</b> |
| Vita Enamic / Clearfil Esthetic Cement .....                                                                                                                        | 100        |
| Vita Enamic / Panavia Self Adhesive Cement .....                                                                                                                    | 101        |
| Влијание на хемискиот состав на цементите (Panavia SA Cement и Clearfil Esthetic Cement) врз ефикасноста на керамичко-цементната врска кај Vita Enamic .....        | 102        |
| <b>6.1.5. Lava Ultimate CAD/CAM Restorative .....</b>                                                                                                               | <b>103</b> |
| Lava Ultimate CAD/CAM Restorative / Clearfil Esthetic Cement .....                                                                                                  | 103        |
| Lava Ultimate CAD/CAM Restorative / Panavia SA Cement .....                                                                                                         | 104        |
| Влијание на хемискиот состав на цементите (Panavia SA                                                                                                               |            |

|                                                                                                                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Cement и Clearfil Esthetic Cement) врз ефикасноста на керамичко-цементната врска кај Lava Ultimate CAD/CAM Restorative .....                                | 105 |
| <b>6.1.6. Celtra Duo</b> .....                                                                                                                              | 106 |
| Celtra Duo / Clearfil Esthetic Cement .....                                                                                                                 | 106 |
| Celtra Duo / Panavia Self Adhesive Cement .....                                                                                                             | 106 |
| Влијание на хемискиот состав на цементите (Panavia SA Cement и Clearfil Esthetic Cement) врз ефикасноста на керамичко-цементната врска кај Celtra Duo ..... | 107 |
| <b>6.2. ВЛИЈАНИЕТО НА ЛАБОРАТОРИСКОТО СТАРЕЕЊЕ НА МАТЕРИЈАЛИТЕ ВРЗ ЈАЧИНАТА НА КЕРАМИЧКО-ЦЕМЕНТНАТА ВРСКА</b> .....                                         | 107 |
| <b>6.3. АНАЛИЗА НА ТИПОТ НА ФРАКТУРА СО ПОМОШ НА СТЕРЕО МИКРОСКОПИЈА</b> .....                                                                              | 119 |
| <b>6.4. АНАЛИЗА НА МОРФОЛИГИЈАТА НА КЕРАМИЧКИТЕ ПОВРШНИ ПОДЛОЖЕНИ НА РАЗЛИЧНИ ТРЕТМАНИ (SEM)</b> .....                                                      | 125 |
| <b>6.5. ОДРЕДУВАЊЕ НА ПРОСЕЧНОТО ГУБЕЊЕ НА КЕРАМИЧКИОТ МАТЕРИЈАЛ ПО СПРОВЕДУВАЊЕТО НА ПЕСКАРЕЊЕ И СИЛИКАТИЗАЦИЈА</b> .....                                  | 138 |
| <b>6.6. СТЕПЕН НА ПОЛИМЕРИЗИРАНОСТ НА КОМПОЗИТНИТЕ ЦЕМЕНТИ – ФУРИЕ-ТРАНСФОРМИРАЧКА ИНФРАЦРВЕНА СПЕКТРОСКОПИЈА</b> .....                                     | 140 |
| <b>6.7. КОРЕЛАЦИИ ПОМЕЃУ ИСПИТУВАНИТЕ ФАКТОРИ</b> .....                                                                                                     | 140 |
| <b>7. ЗАКЛУЧОЦИ</b> .....                                                                                                                                   | 143 |
| <b>8. ЛИТЕРАТУРА</b> .....                                                                                                                                  | 146 |
| <b>9. ДОДАТОК</b> .....                                                                                                                                     | 159 |

## КРАТКА СОДРЖИНА

### ЕВАЛУАЦИЈА НА ЕФИКАСНОСТА НА КЕРАМИЧКО-ЦЕМЕНТНОТО ПОВРЗУВАЊЕ КАЈ ЦЕЛОСНО КЕРАМИЧКИТЕ СИСТЕМИ- студија *in vitro*

Еден од значајните елементи кои придонесуваат за севкупната ефикасност на керамичката реставрација е стабилноста на врската која се гради помеѓу (целосно)керамичката реставрација и средството за цементирање. Во таа насока, за обезбедување на солидна керамичко-цементна врска, неопходно е спроведување на одредени третмани на врзните површини, како нивна подготовка пред цементирањето.

Целта на оваа докторска дисертација е преку *in vitro* испитувања да се добијат сознанија за ефикасноста на керамичко-цементното поврзување кај целосно керамичките системи, односно за јачината на поврзување меѓу различните (по состав) керамики и средствата за цементирање, во зависност од третманот на керамичката површина.

За реализација на поставената цел, испитувано е влијанието на: флуороводородната киселина, пескарењето на керамичката површина со зрна од  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , пескарењето на керамичката површина со зрна од  $\text{Al}_2\text{O}_3$  обложени со  $\text{SiO}_2$  (силикатизирање), силанизирањето на керамичката површина, улогата на 10-MDP мономерот како конститuent во композитниот цемент, продолженото чување во дестилирана вода (стареење на материјалот) врз јачината на врзувањето, утврдување на количината на изгубен материјал во текот на пескарењето на керамичката површина, утврдување на типот на фрактура како резултат на различниот третман на керамичките површини, утврдување на морфологијата на третираната керамичка површина, времетраењето на нагризување со HF киселина врз морфологијата на керамичката површина и утврдување на степенот на полимеризација на композитните цемента.

За реализација на поставените цели користени се следните материјали: керамички материјали - Vitablocks Mark II, IPS Empress CAD, IPS e.max CAD, Vita Enamic, Lava Ultimate CAD/CAM Restorative и Celtra Duo; композитни цемента - Clearfil Esthetic Cement и Panavia Self Adhesive Cement; средства за механичко третирање - флуороводородна киселина (HF) - IPS Ceramic Etching Gel и пескарење со алуминиум оксидни зрна ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 27  $\mu\text{m}$ ); средство за механичко-хемиско третирање - алуминиум оксидни зрна чија површина е модифицирана со силициум диоксид, CoJet песок ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \times \text{SiO}_2$ , 30  $\mu\text{m}$ ); средство за хемиско третирање - керамички прајмер (средство за силанизирање) Monobond<sup>®</sup> Plus; дентален атхезив - Heliobond.

Методот на работа опфати: подготовка и третмани на експерименталните примероци, спроведување на микрозатегнувачки ( $\mu\text{TBS}$ ) тест, одредување на типот на фрактурата со помош на стерео микроскоп и скенирачки електронски микроскоп - SEM, одредување на просечното губење на керамичкиот материјал, примена на трансферна инфрацрвена спектроскопија - FTIR.

Керамичките примероци се подготвени со димензии 12x14x5.50 mm. Според основниот третман на керамичката површина (за секоја керамика посебно), формирани се 3 групи: прва (SiC) група/ третман со силициум карбидна (SiC) хартија, втора ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) група/ третман со SiC хартија и пескарење со алуминиум оксидни ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) зрна (27  $\mu\text{m}$ ) и трета (CoJet) група/ третман со SiC хартија и пескарење со песок од алуминиум оксидни зрна обложени со силициум диоксид (30  $\mu\text{m}$ ) со помош на CoJet-апарат.

Според спроведените дополнителни третмани, формирани се 4 групи: Con - контролна група/ нанесена е само смола за поврзување, без полнило; HF -

група/ нагизување со HF киселина (5% гел), со различно времетраење (20 s, 30 s или 60 s) во зависност од типот на керамиката; S – група/ третман со средство за силанизирање (60 s); HF + S група (комплетна процедура)/ нагизување со HF киселина и нанесување на средство за силанизирање (60 s).

По спроведените третмани, керамичките површини се премачкувани со Heliobond, без светлосна полимеризација. Потоа, две керамички плочки (третираны на ист начин) се спојувани меѓусебно со композитен цемент, чија полимеризација опфаќа: 2 min т.н. примарно врзување под влијание на амбиенталната светлина и 400 s - вкупно време на светлосна полимеризација.

Податоците се обработени со помош на компјутерска статистичка програма. Одредувани се: средна вредност, стандардна девијација, стандардна грешка, one-way ANOVA, Tukey HSD-тест (Honestly Significant Difference) и Студентов t-тест за значајност на разликите помеѓу независни примероци.

Ефикасноста на керамичко-цементното поврзување е од значење за севкупниот квалитет и ефикасноста на целосно керамичките реставрации (системи). Во остварувањето на солидна керамичко-цементна врска учествуваат повеќе фактори меѓусебно испреплетени, со одреден ефект, што треба да се знае кога се планира изработка на целосно керамичка протетска реставрација. Резултатите од оваа дисертација укажуваат токму на тоа – според избраната керамика да биде селектиран и соодветен цемент, а од дополнителните третмани да биде избран оној, што ќе овозможи формирање на најјака врска меѓу двата супстрата. За испитуваните керамики е посочен најефикасниот метод за подготовка на керамичката површина.

Генерално, без дополнителен третман, врската која се гради помеѓу керамиките (со исклучок на Vita Enamic и Lava Ultimate CAD/CAM Restorative) и употребените цемента е слаба, независно од основниот третман; секако, вредноста на јачината на остварената врска се разликува помеѓу одделните типови керамики, што се објаснува со хемискиот состав на керамиката и употребениот цемент. Vita Enamic и Lava Ultimate CAD/CAM Restorative (керамики со специфичен состав) градат подобра врска со композитните цемента и без дополнителен третман (освен кај основниот третман со SiC хартија, кога за цементирање на Lava Ultimate се користи Clearfil E Cement.

Најсоодветен третман на реставрациите изработени од Vitablocks Mark II за атхезивно цементирање со Panavia SA Cement е силикатизација на површината проследена со силанизирање (41.56 MPa), а при употреба на Clearfil Esthetic Cement - SiC/HF+S (50.20 MPa).

Силанизирањето како дополнителен третман е најефикасен за атхезивно цементирање на реставрациите изработени од IPS Empress CAD. Најјака врска со Clearfil Esthetic Cement се гради кога керамичкиот прајмер се нанесува на претходно пескарена површина (56.55 MPa), а обработката со SiC хартија е третманот (основен) каде силанизирањето обезбедува најјака врска со Panavia SA Cement-от (49.92 MPa).

Најефикасен третман за поврзување на литиумдисиликатната керамика IPS e.max CAD со Clearfil Esthetic Cement е силикатизирање проследено со нагизување со HF и силанизирање (73.50 MPa).

Најјака керамичко-цементна врска (57.77 MPa) остваруваат реставрациите изработени од Vita Enamic со Clearfil Esthetic Cement, при комбиниран третман со силикатизација, проследена со нагизување со флуороводородна киселина и силанизирање (CoJet/ HF+S).

Истиот третман е најефикасен (59.46 MPa) кога наведениот цемент се користи за цементирање на керамиката Lava Ultimate CAD/CAM Restorative. Но, песарењето на врзните површини со алуминиум оксидни зрна е третманот што дава најјаките керамичко-цементни врски (64.19 MPa) кога оваа хибридна керамика се цементира со Panavia SA Cement-от.



Третманот  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{HF}$  на керамичката површина на Celtra Duo остварува најдобра врска со Clearfil Esthetic Cement (62.04 MPa); Panavia SA Cement-от, не е погоден за цементирање на реставрации изработени од Celtra Duo.

Лабораториското стареење на материјалите постигнато со продолжено чување на примероците во водена бања, влијае врз јачината на формираната керамичко-цементна врска и е поврзано со видот на спроведените третмани на врзните керамички површини, пред цементирањето. Ефектот е различен кај различните керамики, а зависи и од видот на цементот. Стареењето на материјалите генерално негативно влијае врз керамичко-цементните врски – се намалува јачината на поврзувањето, во поголема или помала мера, а во некои случаи, иако многу ретко влијае и на извесно зголемување на јачината на керамичко-цементното врзување.

Третманите на керамичките врзни површини ја менуваат нејзината (површинска) морфологија, која зависи од видот на третманот е со поизразена или помалку изразена релјефност. Анализата на SEM микрофотографиите потврдуваат дека морфологијата на керамичката површина што е резултат на обработката со силициум карбидна хартија, не е погодна за ретенција на композитниот цемент, а пескарењето не обезбедува задоволителна (механички) ретензивна површина, како онаа која се обезбедува со нагризивање со киселина.

Стереомикроскопската анализа на површините добиени при кршењето на примероците покажа присуство на атхезивни, кохезивни и мешовит тип фрактури во керамичко-цементниот супстрат. Типот на фрактура не секогаш одговара на јачината на изградената врска; зависи од хемискиот состав на цементот употребен за атхезивно цементирање, од типот на самата керамика но и од видот на спроведениот третман на керамичката површина.

Кај повеќето керамики, исклучиво атхезивен тип на фрактура се јавува кај примероците од контролните групи кај сите основни третмани (каде генерално јачината на поврзување е многу мала). Мешовит тип на фрактури одговараат на високите вредности за јачината на врските добиени по спроведување на микрозатегнувачкиот тест.

При пескарење или силикатизација на врзните површини, доаѓа до откршување на делови од керамиката која се третира. Најголемо губење на материјалот по спроведеното пескарење се јавува кај Vita Enamic (0.00392 g), а најмало губење на керамичката маса се забележува кај Celtra Duo (0.00137 g). Пескарењето ( $\text{Al}_2\text{O}_3$  зрна, 27  $\mu\text{m}$ ) на керамичките површини доведува до поголемо губење на керамичкиот материјал во споредба со силикатизацијата ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot x\text{SiO}_2$  зрна, 30  $\mu\text{m}$ ).

Стоматологот протетичар, треба да ги има предвид сите фактори кои имаат влијание врз јачината на керамичко-цементната врска, а тоа значи – избор на најефикасен третман на врзните површини на целосно керамичката реставрација (непосредно пред цементирањето), избор на најпогоден цемент за цементирање на реставрацијата – компатибилен со избраната керамика, како и директното изведување на сите постапки, вклучително и самото цементирање.

**Клучни зборови:** дентална керамика, композитен цемент, керамичко-цементно поврзување,  $\mu\text{TBS}$ , пескарење, силикатизација, флуороводородна киселина, силанизација, SEM, FTIR, атхезивен/кохезивен тип на фрактура.

Резултатите презентирани во оваа докторска дисертација се добиени во истражувања / експерименти реализирани во референтната лабораторија за истражување на дентални материјали - Dental Biomaterial Sciences KU Leuven – BIOMAT, Department of Oral Health Sciences (BIOMAT-Leuven Research Cluster), Факултет на Стоматолошкиот факултет при Католичкиот универзитет KU Leuven, Leuven, Белгија, раководител проф. д-р Bartholomeus Van Meerbeek.

## SUMMARY

### Evaluation of the efficiency of ceramic-cement bond - study in vitro

One of the important elements that contribute to the overall efficiency of the ceramic restoration is the stability of the bond that is built between the all ceramic restoration and the luting cement. In this direction, for providing a strong ceramic - cement bond, it is necessary to implement certain treatments over the ceramic surfaces, as their preparation before cementing.

The aim of this study is to evaluate the influence of different ceramic surface treatments as well as two different resin composite luting cements over the efficiency of the bond strength between various CAD/CAM ceramics and composite cements. The following effects of the different ceramic surface (pre-)treatments on the luting performance of a composite cement were assessed: effect of HF acid-etching, effect of silane treatment, effect of tribochemical silica coating, effect of sandblasting on the ceramic surface, effect of 10-MDP (phosphoric acid monomers) as a component in resin luting cement, effect of in-water storage (ageing) on ceramic luting performance for the different ceramic surface (pre-)treatments, determining the amount of material lost during the sandblasting and silicatization, determining the mode of failure due to different treatment of the ceramic surface, determining the morphology of the treated ceramic surface, effect of different etching periods on the surface morphology and determining the degree of the polymerization of the composite cement.

The materials that were used in this study are: *Ceramic materials* - IPS Empress CAD and IPS e.max CAD, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein; Lava Ultimate, 3M ESPE, Neuss, Germany; Vita Mark II and Vita Enamic for Cerec/inLab, VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany; Celtra Duo, Dentsply, Konstanz, Germany; *Composite cements* - Clearfil Esthetic Cement and Panavia Self Adhesive Cement, Kuraray Noritake, Okayama, Japan; *Materials for surface treatments* - IPS Ceramic Etching Gel, Monobond Plus and Heliobond, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein; Aluminum Oxide (27 µm particle size), Danville, Zürich, Switzerland; CoJet, 3M ESPE (30 µm particle size), Seefeld, Germany.

Method of work includes: preparation and treatment of experimental samples, conducting of microtensile bond strength (µTBS) test, determining the mode of failure using stereo microscope and scanning electronic microscope SEM, determining the average ceramic material loss, applying transfer infrared spectroscopy FTIR.

Ceramic blocks were sectioned with diamond blade into thirds, so that 3 equal sections were obtained from one ceramic block. Cementation surfaces of all ceramic sections were grounded flat for surface standardization using 320- and 600- grit silicon-carbide abrasive paper. Using the diamond blade, the surfaces were then divided into 4 parts (shallow groove). Ceramic sections were ultrasonically cleaned for 10 min in distilled water. After that all ceramic sections (for each ceramic separately) were randomly divided into 3 groups according to treatment of surface substrates: the first (SiC) group was left as is, second (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) group was sandblasted using 27-µm grain-sized aluminum oxide particles, and the third (CoJet) group involved airborne particles abrasion with 30-µm aluminum oxide particles modified with silica.

Using a razor blade, the ceramic surface was divided in quarters depending on the subsequent treatment:

Con - control group/ the ceramic surface was not additionally treated before cementing. Surface was covered only with the fluid unfilled bonding resin Heliobond; HF - Group/ the ceramic surface was etched with 5% hydrofluoric acid (HF) gel. The

etching time protocol differs for each ceramic type following directions of the respective manufacturer (20 s, 30 s or 60 s); S – group/ the silane coupling agent was applied in a thin coat and allowed to react for 60 s; HF+S group (complete procedure)/ etching with HF acid and silanization (60 s).

The treated surfaces were covered with Heliobond that was not light-cured.

After the abovementioned ceramic (pre-)treatment procedures were carried out, two ceramic blocks (having received the same treatment) were luted together (sandwich block) using one of the dual-curing composite cements: Clearfil Esthetic Cement or Panavia SA Cement using a constant load of 1kg for 10 min with the interface (cementation surface) oriented perpendicular to the vertical load. The composite cement was left to set in a primarily self-curing mode for the first 2 min (in presence of ambient room light) and 400 s - total time of light polymerization using a polywave high-power LED light-curing (Biophase 20i, 'high-power' mode, 1000 mW/cm<sup>2</sup>). The blocks were stored in distilled water for 24 h at 37°C prior to micro-specimen preparation (rectangular micro-bars of 1.6 x 1.6 mm wide and 10 mm long with adhesive area of  $\pm 2.56$  mm<sup>2</sup>). Next, all micro-bars were trimmed at the cement interface to a cylindrical dumbbell shape with a diameter of about 1.1 mm using the MicroSpecimen Former. Then, the micro-bars from each block/ surface treatment were randomly assigned into two subgroups according to the two different aging conditions. Half of the specimens were tested after being stored in distilled water for 1 week at 37°C. The other half were tested after 5-month storage in distilled water (Clearfil Esthetic Cement) and 4-month storage for Panavia SA Cement. For the  $\mu$ TBS test, the ends of each micro-bar were fixed to a BIOMAT jig using cyanoacrylate glue. The jig was fixed into a universal testing machine (LRX material testing device, Lloyd), and stressed in tensile until failure at a crosshead speed of 1 mm/min. The  $\mu$ TBS was expressed in MPa, as derived by dividing the imposed force (N) at the time of fracture by the bond area (mm<sup>2</sup>). The mode of failure/fracture was determined light-microscopically at a magnification of 50x using a stereo-microscope.

The data was processed and analyzed using a computer statistic software application. Assessed are: mean, standard deviation, standard error, one-way ANOVA, Tukey HSD- test (Honestly Significant Difference) and Student t- test for significance of differences between independent samples.

Efficiency of ceramic-cement bonding is important for the overall quality and efficiency of all ceramic restorations (systems). To achieve strong ceramic - cement bond, the following should be considered: chemical composition of ceramics and cements used for cementing the restoration and their compatibility, choosing the appropriate treatment of the ceramic surface before luting, and certainly correct execution of all procedures, including the luting procedure. All these factors are intertwined, interacting between each other with some effect, that one should need to know when planning an all - ceramic prosthetic restoration.

The results of this dissertation indicate precisely this fact - according to selected ceramics, appropriate selection of the cement to be done which (according to its chemical composition) is most compatible with, and out of additional treatments the one to be chosen that will allow the formation of the strongest bond between the two substrates. On the studied ceramics, the most effective method for ceramic surface preparation is indicated.

Generally, with no additional treatment, the bond that builds between ceramics (except Vita Enamic and Lava Ultimate CAD/CAM Restorative) and the used cements is weak, regardless of the basic treatment; of course, the value of the bond strength varies between different types of ceramics, as explained by ceramics and composite cements chemical composition.

When Panavia SA (contains 10 -MDP monomer) composite cement is used for cementing, generally the bond with ceramics in case of no additional treatment, is very weak, regardless of the basic treatment. Again exceptions are Vita Enamic and Lava Ultimate CAD/CAM Restorative ceramics; of course, there is a difference in



values, in terms of basic treatment (from minimum of 14.52 MPa when using only SiC paper, to a maximum of 64.19 MPa for basic treatment with  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , at Lava Ultimate, and 15.48 and 24.87 MPa for SiC or CoJet basic treatments at Vita Enamic).

The most appropriate treatment of restorations made of Vitablocks Mark II for adhesive cementing with Panavia Self Adhesive Cement is silicatisation of the surface followed by silanization (41.56 MPa), and in case of use of Clearfil Esthetic Cement - SiC/HF+S (50.20 MPa).

Silanization as an additional treatment is most efficient at adhesive cementing of the restorations made of IPS Empress CAD. The strongest bond with Clearfil Esthetic Cements builds when the ceramic primer is applied on previously sandblasted surface (56.55 MPa) and the preparation with SiC paper is the treatment (basic) where silanization obtains the strongest bond with Panavia SA cement (49.92 MPa).

The most efficient method for a strong bond between lithium disilicate-based ceramic IPS e.max CAD and Clearfil Esthetic Cement is silicatisation followed by etching with HF and silanization (73.50 MPa).

Strongest ceramic-cement bond (57.77 MPa) is noted in restorations made of Vita Enamic with Clearfil Esthetic Cement, with treatment of ceramic surfaces that include silicatisation, followed by etching with hydrofluoric acid and silanization (CoJet/HF+S).

The same treatment is most efficient (59.46 MPa) when the mentioned cement is used for Lava Ultimate CAD/CAM restorative ceramic cementing. Sandblasting of the bonding surfaces with aluminum oxide grains is the treatment that builds the strongest ceramic-cement bonds (64.19 MPa) when this hybrid ceramic is cemented with Panavia SA Cement.

Treatment  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{HF}$  on the ceramic surface of Celtra Duo accomplished best bond with Clearfil Esthetic Cement (62.04 MPa); Panavia SA Cement, is not suitable for cementing restorations made of Celtra Duo.

Laboratory aging of the materials obtained by prolonged storage of the specimens into water-bath affects the ceramic-cement bond strength and is connected with the type of the treatments applied over the bonding ceramic surfaces, before the cementation. The effect is different on different ceramics and depends on the type of cement also. The aging of the materials generally has negative impact over the ceramic-cement bond- causing bonding strength weakening, to a greater or lesser extent, and in some cases, although very rarely, it leads to increased bond strength between ceramic and cement.

Treatments of the ceramic bonding surfaces change its (surface) morphology. Analysis of the SEM images confirmed that the morphology of the ceramic surface which is result of treatment with silicon carbide paper, is not appropriate for retention of the composite cement, and sandblasting does not provide satisfactory (mechanical) retention surface, as one obtained by acid etching.

Stereomicroscopic analysis of the surfaces obtained after sample testing, has shown presence of adhesive, cohesive and mixed type of fractures in the ceramic-cement substrate. Mode of failure does not always correspond to the strength of the bond obtained; depends on the chemical composition of the cement used for adhesive luting, from the ceramic type itself but also on the type of treatment conducted on the ceramic surface.

At most of the ceramics, adhesive type of failure occurs in the control groups samples exclusively, at all basic treatments (where the bond strength is generally weak). Mixed types of failure correspond to the high bond strength values obtained after microtensile bond strength test is conducted. After sandblasting or silicatisation are conducted, comes to fracturing of parts of ceramic being treated (cohesive failures in ceramic).

The weight of the material lost by the ceramic surface (pre-) treatments was measured by weighting the samples before and after the (pre-) treatment. The

greatest loss of material following a sandblasting occurs in Vita Enamic (0.00392 g). Minimum loss of ceramic material can be observed at Celtra Duo (0.00137 g). Sandblasting (27  $\mu\text{m}$   $\text{Al}_2\text{O}_3$  grains) of ceramic surfaces leads to greater loss of ceramic material, compared with silicatisation (30  $\mu\text{m}$   $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot x\text{SiO}_2$  grains).

All factors that affect the strength of ceramic-cement bond should be considered, and that means - choosing the most appropriate, the most effective treatment for bonding surfaces of all - ceramic restoration (just before cementing), choosing the most appropriate (compatible with selected ceramic) cement, as well as correct execution of all procedures, including the cementing itself.

**Key words:** dental ceramics, composite cements, ceramic - cement bonding,  $\mu\text{TBS}$ , sandblasting, silicatisation, hydrofluoric acid, silanization, SEM, FTIR, adhesive/cohesive mode of failure.

The results presented in this doctoral thesis is based on the survey/ conducted experiments in the reference laboratory for testing of dental materials - Dental Biomaterial Sciences KU Leuven - BIOMAT, Department of Oral Health Sciences (BIOMAT-Leuven Research Cluster), Department of Faculty of Dentistry at Catholic University KU-Leuven, in Leuven, Belgium, head prof. Dr. Bart Van Meerbeek.

## **КРАТЕНКИ**

**КП** – керамичка површина

**CI EC** – Clearfil Esthetic Cement

**Pan SAC** – Panavia Self Adhesive Cement

**к-ц** – керамичко-цементна (врска)

**10-MDP** – 10-Methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate (мономер)

**Bis-GMA** – Bisphenol A diglycidylmethacrylate

**UDMA** – Urethane dimethacrylate

**TEGDMA** – Triethyleneglycol dimethacrylate

**SiC** хартија – силициум-карбидна хартија

## 1. ВОВЕД

Сегашноста и иднината на современата протетика се во целосно керамичките реставрации. Беспрекортната естетика но и функционалноста што ја нудат керамичките материјали ги ставија во сенка метал-порцеланските изработки.

Долго време недостаток на целосно керамичките системи беше нивната цврстина. Во таа смисла, тие не можеа да се споредат со метал-порцеланските реставрации. За изработка на коронки во постериорната (постканинската) регија каде што се генерира голем цвакопритисок, но и кај мостовните конструкции каде што секој член треба да прифати и пренесе јаки сили на единица површина, без притоа изработката да се деформира или скрши, метал-порцеланските реставрации имаа приоритет при изборот.

Денес, како резултат на квалитативниот развој на керамичките материјали, и кај таквите клинички случаи, надоместоците може целосно да се изработат од керамички материјали [1]. Најновите хибридни керамики во себе ги сублимираат позитивните својства и на керамичките и на композитните материјали. Поради тоа, при изработка на коронки над импланти, особено во моларната регија, овие керамики претставуваат материјал на избор. Тоа се должи на нивната способност за апсорпција и амортизација на интраоралното оптоварување и рамномерно распределување на цвакалните сили.

Современите керамички материјали ги покриваат сите индикации за фиксна протетска рехабилитација: од фасети, инлеи, онлеи и интрадикуларни колчиња, до коронки, мостовни конструкции и супраструктури над импланти (фасети и коронки во фронталната регија – каде што приоритетна е естетиката, инлеи, онлеи и соло коронки во премоларната и моларната регија каде што се бараат цврстина, еластичност и естетика, до големи мостовни конструкции каде што посебно значење имаат цврстината, рамномерното пренесување на цвакопритисокот и секако – естетиката).

Паралелно со развојот на керамичките материјали, тече и развојот на средствата што служат за подготовка и цементирање на целосно керамичките реставрации, како значајни елементи за севкупната успешност на овие реставрации.

Современата дентална индустрија нуди голем број средства за цементирање со различни својства. За цементирање на протетските изработки порано се користеше цинк-фосфатниот цемент, потоа карбоксилатните и стаклесто-јономерните цемента, а денес во подем се смолесто-модифицираните стаклесто-јономерни цемента и композитните цемента [2].

Атхезивните цемента кои се базираат врз смола (полимер), имаат особина да се врзат за забните структури и реставрацијата (истовремено зајакнувајќи ги) и да ги намалат микропропустливоста на меѓуграничната површина – реставрација/заб, постоперативната осетливост, маргинално пребојување и можноста за појава на рекурентен кариес.

Развојот на атхезивните материјали и техники е во функција на успешноста на цементирањето и долгогодишното опстојување и користење на целосно керамичките реставрации. За клиничкиот успех на овие реставрации, значење има и добрата, сигурна врска меѓу средството за цементирање и керамиката. Таа може да се обезбеди преку примена на повеќе разновидни постапки за подготовка (алтерација) на керамичката површина, и тоа: нагризување со киселина, пескарење, силанизирање, силикатизирање и комбинација од наведените методи.

Која постапка за подготовка на керамичката површина ќе биде спроведена, зависи од хемискиот состав на керамиката од која се изработува

реставрацијата. Керамиките чијшто хемиски состав е базиран врз силициум диоксид („конвенционални“ или стаклести керамики) спаѓаат во групата керамики кај кои при подготовката на површината за цементирање се користат киселини за нагризување (etchable). Тука спаѓаат фелдспатните, керамиките зајакнати со леуцити, литиум дисиликатните керамики [3-8] и некои од новите хибридни керамики. Според принципот на дејствување, хемиските средства за нагризување (киселините) селективно ја раствораат стаклестата матрица и/или леуцитните кристали на керамиката. На тој начин се создава нерамна, порозна површина, со што се зголемува нејзината плоштина и се олеснува продорот на неполимеризираниот композитен цемент во настанатите микроретенции [9].

Нагризувањето со флуороводородна киселина нема влијание врз т.н. зајакнати керамики, како што се керамиките од густо синтеруван алуминиум триоксид [10,11] и циркониум диоксидните керамики стабилизирани со итриум оксид [12,13]. Зголемувањето на механичката цврстина, преку зголемување на количината на кристали и намалувањето на процентот на стаклото (силициум диоксид), доведува до создавање на киселинско-отпорни керамики (non-etchable), кај кои третманот со која било киселина нема да доведе до задоволителна промена на површината што ќе обезбеди соодветно врзување со композитниот полимер [3,5,6,11,13-16].

Пескарењето на керамичката површина со зрна од  $Al_2O_3$  се смета за метод што обезбедува микромеханичка ретенција. За да се постигне оптимална сила на врзување за композитниот цемент, без притоа да се наштети на физичките карактеристики на керамичкиот материјал, од голема важност се изборот на соодветна големина на зрната и условите под кои се изведува пескарењето.

За поврзување на композитниот цемент со керамиката и за постигнување на компатибилност меѓу двата материјала, керамичката површина мора хемиски да се измени. За таа цел се користи силанот, како промотор на адхезијата помеѓу керамичките материјали од неорганска природа и композитните цементи што претставуваат органско/неоргански соединенија; во таа функција, силанот се користи и кај новите хибридни керамики, кои покрај неорганскиот содржат и органски – полимерен дел.

За подготовка на реставрациите изработени од зајакнати керамики за цементирање, се применува современа техника означена како силикатизација [17]. Високата температура што се создава во текот на овој процес (како резултат на удирањето на алуминиум оксидните зрна обложени со силициум диоксид, врз површината на керамиката) овозможува одредени компоненти од употребениот абразив да се вградат во третираната површина [18]; на таков начин се обезбедува микро-механичка ретенција, која придонесува за керамичко-цементното поврзување. Истовремено, со зголемувањето на процентот на силициум на керамичката површина се овозможува ефикасна силанизација, при што таа станува хемиски многу пореактивна за врзување со полимерот [19].

Врз врската на композитниот цемент со керамичката површина влијаат и оралниот медиум и факторот време: силата на поврзување се менува со текот на времето, односно со стареењето на материјалот во оралната средина.

Проследувајќи ја светската стручна литература посветена на современите протетски реставративни материјали и техники, а имајќи ја предвид важноста на керамичко-цементното поврзување (врз што може да влијаат одредени фактори), како и потребата од нивно постојано подобрување – со цел унапредување на севкупниот квалитет и ефикасност на керамичките реставрации – истражувањето на ова поле стана предизвик и поттик за изработката на оваа докторска дисертација.



## 2. ПРЕГЛЕД НА ЛИТЕРАТУРА

### 2.1. КЕРАМИЧКИ МАТЕРИЈАЛИ

Денталните керамики спаѓаат меѓу најдобрите реставративни стоматолошки материјали поради одличните естетски карактеристики, хроматската стабилност, биокompatибилноста, нискиот степен на ретенција на плак и апсорпција на течности, големата тврдост и отпорност на абразија, ниската термална спроводливост и хемиската инертност [20].

Меѓутоа, и покрај големиот број целосно керамички материјали за клиничка употреба, анализата на Congrad и сор. [21] покажала дека сè уште не постои универзален материјал или систем што би се применувал во секоја клиничка ситуација. Успешното користење на различните целосно керамички системи зависи од способноста на клиничарот да изврши соодветен избор на керамичкиот материјал и средството за цементирање и да предложи соодветен план на терапија за секој пациент посебно. Според Zagone (2011), идеалниот целосно керамички материјал треба да нуди одлична естетика, вклучувајќи транспарентност и трансмисија на светлина, да ја следи природната боја на забите, а во исто време да поседува и оптимални механички карактеристики (висока јачина и фрактурна цврстина), како и способност за ограничено ширење на пукнатините, кои можат да се јават во услови на функционални и парафункционални оптоварувања; сите овие карактеристики се од значење за долготрајноста на протетските изработки.

Физичките особини на материјалите се важни при одредувањето на успешноста на целосно керамичките реставрации, но тие сами по себе не можат во целост да го објаснат нивното клиничко „однесување“. Тоа потекнува оттаму што кога производителите ги даваат физичките карактеристики на материјалите не ги вклучуваат факторите што можат да влијаат врз нивниот квалитет и обично ги наведуваат во нивната непрекорна состојба. Податоци од стручната литература укажуваат дека овие особини може да се променат (понекогаш и драстично), при спроведувањето на различните клинички и лабораториски процедури, но и кога реставрациите се изложени на надворешни влијанија, вклучувајќи ја и оралната средина во која ја остваруваат својата функција [22].

По претставувањето на првата фелдспатна порцеланска коронка (Land, 1903), интересот за неметални и биокompatibilни реставративни материјали секојдневно се зголемува [23]. Првиот успешен обид за зајакнување на фелдспатниот порцелан (со додавање 50% алуминиум оксид) бил промовиран во 1965 година, од Mc Lean и Hughes. На тој начин, механичките и физичките карактеристики на фелдспатниот порцелан биле значајно подобрени [24].

Денталните керамики се дефинираат како мултифазни соединенија, базирани врз силициум (силикати) и оксиди. Составени се од дисперзирана кристална фаза, опколена со транспарентна стаклеста фаза. Повеќето нови керамики содржат поголем процент кристали. Тоа придонесува за зголемување на стабилноста на материјалот при изработката на реставрациите, а ја зголемува и нивната отпорност на стресови во оралната средина. Количината, распределбата и големината на кристалите ги одредуваат естетските карактеристики и биомеханичката цврстина на керамичките реставрации [25].

Интересни се податоците од стручната литература што се однесуваат на фелдспатната керамика Vita Mark II. Според нив, забите реставрирани со инлеи од оваа керамика се отпорни на фрактури како и природните интактни заби [26,27], а клиничкото „преживување“ на реставрациите изработени од оваа керамика, по 10-годишна употреба, според Reiss и сор. [28] изнесува 95%. Според Bottino, нагризивањето на фелдспатната керамика со флуороводородна



киселина предизвикува најголема промена на керамичката површина [29]. Ваквата морфологија (утврдена со SEM) на керамичката површина, овозможува погодни услови за ретенција на композитниот цемент при цементирање на реставрациите изработени од оваа керамика.

Со подобрување на карактеристиките на фелдспатната керамика се добиени стаклестите керамики (леуцитни и литиум дисиликатни керамики). Зголемената застапеност на кристалите во стаклестата матрица, придонесува за зголемена јачина на материјалот и поголема отпорност на фрактура.

Најновите керамички материјали (литиум силикатна керамика зајакната со циркониум оксид, смолести нанокерамички материјали, хибридна полимерно-инфилтрирана керамика) исто така ја следат насоката на подобрување на својствата на денталните керамики. Добра транспарентност на керамиките може да се постигне единствено со поголема содржина на стаклестата фаза, а оптимална јачина – преку поголема застапеност на кристалната фаза. Со појавата на Celtra Duo керамиката (промовирана во март 2013 година), задоволени се двата значајни услови што треба да ги исполни еден реставративен материјал: добра естетика и солидна јачина на материјалот. Тоа е постигнато со зголемување на количината на стаклестата фаза и со употреба на литиум силикатни (наместо литиум дисиликатни) кристали и циркониум оксид.

И покрај употребата на керамики со голема јачина, како што се алуминиум и циркониум диоксидните керамики, целосно керамичките системи сè уште имаат релативно висок степен на неуспешност, поради кршливоста на порцеланите што служат за фасетирање; од друга страна, поради својата голема тврдост, овие порцелани предизвикуваат висок степен на абразија на природните заби-антагонисти (He Li-Hong, 2011). Веќе подолго време, цел на истражувачите е создавање материјал што ќе поседува слични механички карактеристики како природниот хуман емајл, односно дентин. Новата полимерно-инфилтрирана керамика (Vita Enamic, промовирана во јануари 2013 год.) е успешен чекор кон постигнувањето на таа цел. Ова е првата хибридна дентална керамика со двојна, меѓусебно испреплетена мрежна структура. Високиот процент на застапеност на керамичките честички придонесува за зголемување на цврстината на материјалот (добижувајќи се до својствата на интактниот емајл), а полимерната фаза ги обезбедува својствата слични на дентинот. Според Morgan (2013), абразивните карактеристики на оваа керамика се слични на емајлот [30,31]. Токму поради составот на Vita Enamic, при појава на пукнатина во керамиката, нејзиното ширење е оневозможено [32].

Кон крајот на 2011 година е промовирана првата полимерна нано керамика Lava™ Ultimate CAD/CAM Restorative, која во споредба со другите полимери поседува поголема отпорност на абразија и стабилност на рабовите на реставрацијата. Како резултат на специфичниот состав (RNC - Resin Nano Ceramic), оваа керамика има модул на еластичност сличен на дентинот.

## 2.2. CAD/CAM ТЕХНОЛОГИЈА

CAD/CAM технологијата е промовирана во раните 70-ти години од минатиот век [33]. Методот, веќе подолго време се применува за обработка на целосно („тврда“ обработка) и делумно синтерувани керамички блокови („мека“ обработка); последниве, по процесот на термичка обработка (синтерување или кристализација) ги добиваат максималната цврстина, форма и боја [34]. Една од предностите на примената на оваа технологија е што за изработка на денталните реставрации се користат хомогени и фабрички стандардизирани керамички блокови, чиј квалитет е загарантиран од страна на производителот. Микроструктурата на керамиките не се менува во текот на производствениот процес; тие ги задржуваат оригиналните физички карактеристики на

материјалот [35]. Изработените реставрации речиси и да немаат внатрешни дефекти. Наспроти ова, кај класичниот начин на изработка на реставрациите со нанесување на порцеланска маса и нејзино печење, можноста за вметнување на воздушни меурчиња во масата може да резултира со порозност на изработената реставрација [36,37].

### 2.3. СРЕДСТВА ЗА ЦЕМЕНТИРАЊЕ

За цементирање на индиректните стоматолошки изработки се користат повеќе видови дентални цемента, во основа класифицирани како цемента базирани на вода и полимеризирачки цемента – базирани на смола [38-40]. За разлика од првите, композитните атхезивни цемента градат одредена хемиско-механичка врска и за забите, и за реставративните материјали [41,42].

Поради своите позитивни својства, за цементирање на целосно керамичките реставрации се препорачуваат композитните цемента. Врзувајќи се и за забните структури и за реставрацијата, се намалува микропропустливоста на меѓуграничната површина (реставрација/заб), се намалува постоперативната осетливост, маргинално пребојување и можноста за појава на рекурентен кариес. *In-vitro* испитувањата покажале дека отпорноста на кршење на целосно керамичките реставрации цементиран со атхезивна техника е поголема, во споредба со онаа што се постигнува кога цементирањето е извршено со конвенционалните средства (фосфатни или стаклесто-јономерни цемента) [43,44]. Имајќи го предвид механизмот за формирање на микропукнатини, а со цел тие да бидат одбегнати, внатрешната површина на целосно керамичките коронки треба да биде покриена со полимер [45].

Контракцијата што се јавува при полимеризација на атхезивните цемента, може да ја зголеми јачината на целосно керамичките реставрации преку создавање компресивни стресови во самата керамика [46,47].

За обезбедување добра врска помеѓу композитните цемента и супстратите, односно реставративните материјали од една страна и забните структури од друга страна, потребно е да се спроведат одредени постапки. Овие постапки се технички/манипулативно-осетливи, со голема можност за грешки при нивното спроведување. Самоатхерирачките полимерни композитни цемента се произведени токму со таа цел: лесно да се врзуваат за забните структури, без потреба од претходен третман; ваквиот ефект е постигнат со додавање на метакрилатни мономерии во составот на цементот (3M ESPE. RelyX Unicem self-adhesive universal resin cement – technical product profile; 2009).

Поради самонагризувачките карактеристики (self-etch) на полимерните композитни цемента, кои во својот состав го содржат мономерот 10-Methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate, при цементирањето на реставрациите, нема потреба забните структури да се нагризуваат со фосфорна киселина. Според Yoshida, 10-MDP мономерот е способен да формира силни јонски врски со калциумот од денталните структури [48]. Најјаква керамичко-цементна врска Kuhn (2012) востановил при цементирање на стаклестите керамики со Clearfil SA цементот, кој во својата структура содржи 10-MDP мономер [49]. Garcia (2012) констатирал повисоки вредности за јачината на керамичко-цементната врска, кога леуцитните керамики биле цементиран со самоатхерирачки композитен цемент, отколку кога цементирањето било извршено со конвенционален композитен цемент [50]. Aboushelib (2009) утврдил дека цементот што содржи MDP-мономер обезбедува значително подобра врска за леуцитната и циркониум оксидната керамика, без разлика на третманот на врзувачката површина [51]. Како резултат на врската меѓу фосфатните мономерии и алуминиум/циркониум оксидите, композитните цемента што содржат MDP мономер градат јака и долготрајна врска со керамиките отпорни на киселина [53-60]. Според Leitte, Panavia F

композитниот цемент, што содржи MDP-мономер, обезбедува поголема јачина на врската со алуминиум оксидната керамика, наспроти Bis-GMA – композитниот цемент RelyX [52]. Özcan не забележала значајна разлика во остварената врска помеѓу MDP и Bis-GMA композичните цемента, кога како метод за алтерација на керамичката површина се користело силикатирање [11]. Според Matsumura, MDP-мономерот остварува различен ефект врз керамичко-цементното поврзување, според тоа во чиј состав се наоѓа – во керамичкиот прајмер или во композитниот цемент [53].

Во споредба со традиционалните композитни цемента, самоатхерирачките цемента имаат послаба самополимеризирачка способност (Vrochari, 2009), послаби физички карактеристики, поголема хидрофилност и подложност на побрза хидролитичка деградација (Chen, 2012). Abo (2012) утврдил поголема јачина на композитно-цементната врска при употреба на конвенционалните композитни цемента, отколку при користење на самоатхерирачките цемента; според авторот, ова е делумно резултат на постапките што се спроведуваат за подготовка на керамичката површина при употреба на конвенционалните композитни цемента [56,57]. De Munck (2004) е еден од авторите што исто така востановил дека самоатхерирачкиот цемент гради послаба врска со забните структури отколку конвенционалните композитни цемента [58].

Според Inokoshi (2013), Clearfil Esthetic Cement-от обезбедува појака керамичко-цементна врска отколку Panavia F цементот, кој покажал позитивен ефект само кога керамичката површина била силикатирана [59]. Силанизирањето остварува различен ефект врз јачината на керамичко-цементното врзување, во зависност од составот на цементот. Силанизираните керамички површини градат послаба врска со Bis-GMA цементот; кога композитниот цемент во својот состав содржи MDP мономер, остварената врска е појака [60].

Од денталните композити најчесто се користат мономерите Bis-GMA, UDMA и TEGDMA. Составот и количината на мономерите во композитите се различни и токму оваа варијабилност ја одредува хемиската стабилност на полимерот [61]. Зголемувањето на количината на TEGDMA и UDMA во цементите на база на bisphenol-A-glycidyl dimethacrylate (Bis-GMA) ја зголемува нивната хидрофилност, што се одразува врз нивните механички карактеристики [62].

Хемискиот состав не само на композичните цемента туку и на прајмерите и средствата за врзување може да има влијание врз хидролизата на силиксанските врски создадени на меѓуграничната површина, како резултат на различниот степен на апсорпција на водата од страна на компонентите - poly-TEGDMA, poly-Bis-GMA, poly-UDMA и HEMA [63,64]. Апсорпцијата на водата започнува веднаш по контактот со водената средина, достигнувајќи го својот максимум за време од 1-2 месеци, кога мрежата е целосно заситена [65]. Експанзијата на полимерните композити може да ја компензира иницијалната полимеризациска контракција на композичните цемента [66,67], но понатамошната апсорпција може да има обратен ефект – да резултира со експанзивен стрес [66]. Намалената јачина на керамичко-цементната врска, според Lee и сор. [68], се јавува како резултат на хидролитичка деградација на врските помеѓу композитниот цемент и керамичката површина. Потврда за ова е наодот дека поголема дебелина на цементниот слој обезбедува поголема јачина на керамичко-цементната врска. Хидролитичката деградација на силиксанските врски (за време на чувањето на примероците во водена бања) е поинтензивна во случај кога постои помала површинска интеракција помеѓу керамиката и композитниот цемент. Методот што опфаќа пескарење и нагризување на керамичките површини со киселина подобро го заштитува комплексот – силиан/композитен цемент од разградувачкиот процес [69].

## 2.4. ТЕХНИКИ ЗА ПОДГОТОВКА НА КЕРАМИЧКИТЕ ПОВРШНИНИ ЗА ЦЕМЕНТИРАЊЕ

### 2.4.1. Средства за механичка алтерација на керамичките површини

За механичка алтерација на керамичките површини, како подготовка на реставрациите за цементирање, се користат следниве методи: пескарење со алуминиум оксидни зрна и нагризување на врзните површини со киселини.

#### Пескарење

Пескарењето предизвикува создавање на рапава, микро-ретентивна површина, која овозможува подолготрајна и поефикасна механичка врска меѓу реставрацијата и средството за цементирање [70]. Големината на зрната има влијание врз настанатите промени на керамичката површина, а ова пак врз јачината на керамичко-цементната врска. Spohr (2003), Salvio (2007) и Torres (2009) дошле до заклучок дека рапавоста на врзните површини на литиум дисиликатната IPS Empress II керамика, постигната при пескарење со алуминиум оксидни зрна со големина од 50  $\mu\text{m}$ , обезбедила услови за подобра микромеханичка ретенција на композитниот цемент, отколку кога за истата цел биле користени поголеми зрна [71]; пескарењето со  $\text{Al}_2\text{O}_3$  зрна со големина од 100  $\mu\text{m}$  било проследено со поголема застапеност на фрактурите од атхезивен тип [72].

При симулација на репаративен процес, Shinohara и сop. (2013) утврдиле дека третманот на керамичката површина на Lava Ultimate CAD/CAM Restorative со дијамантски борер резултира со најслаба керамичко-цементна врска, а пескарењето со 50  $\mu\text{m}$   $\text{Al}_2\text{O}_3$ , проследено со апликација на атхезив, обезбедува најјака врска [73]. Според Yoshida, пескарењето на керамичките површини е ефикасен метод што обезбедува значајно зголемување на јачината на врзување, без оглед на спроведениот термички третман [74]. Наспроти ова, Shimakura (2007) смета дека пескарењето има слаб ефект врз микроморфологијата на третираните керамики, поради нивната кршлива природа и минимална можност за пластична деформација [75]. По извршената SEM анализа на пескарените површини на IPS e.max CAD керамиката, Magne и Cascione (2006) востановиле дека, и покрај постигнатата релјефна морфологија, овие површини не содржат подминирани регии или порозности [76]. Наспроти ова, по извршеното пескарење и третирање со киселина на истата керамика, Maguo (2012) востановил присуство на вдлабнатини и микрорупкнатини, односно порозна, микроретентивна површина. Според овој автор, ако нагризувањето со киселина се спроведува на претходно пескарена површина со  $\text{Al}_2\text{O}_3$  зрна од 50  $\mu\text{m}$ , врската што се гради со Clearfil SA композитниот цемент е појака, независно од типот на употребената киселина; најслаба керамичко-цементна врска била добиена кога третманот се состоел само од пескарење [77].

Пескарењето како метод е погоден за механичко алтерирање на површините на „јаките“ керамики; поради нивниот хемиски состав, третирањето со флуороводородна киселина не го дава очекуваниот ефект [14]. Според Yamaguchi (2012), пескарењето на циркониум диоксидните керамики ги зголемува рапавоста и порозноста на третираните површини и моќта на керамиката за навлажнување. Големината на зрната за пескарење ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) е во правопрпорционален однос со постигнатата рапавост на третираната површина: употребата на поголеми зрна резултира со поголема просечна рапавост на површината. Меѓутоа, максимално зголемување на површинската слободна енергија и најјаките врски со композитниот цемент обезбедува само силикатизацијата извршена со големина на зрната од 30  $\mu\text{m}$  [78].

Според Kern и Thompson, пескарењето извршено со алуминиум оксидни зрна од 100  $\mu\text{m}$  предизвикува големо губење на материјалот кај керамиките



базирани на силициум диоксид, поради што оваа процедура не се препорачува за подготовка на ваквите реставрации за атхезивно цементирање [19]. Zhang и сор. забележале големо општетување на керамичките површини во длабочина од околу 4  $\mu\text{m}$  и интензивна појава на микропукнатини - резултат на пескарењето со  $\text{Al}_2\text{O}_3$  зрна од 50  $\mu\text{m}$  [79]. Според Bottino (2008), пескарењето како абразивен процес овозможува отстранување на контаминирани слоеви (лабаво прикрупени на керамичката површина) и создавање на рапава површина, која обезбедува одреден степен на механичко вклетување на атхезивот [29]. Од друга страна, на површината на фелдспатната керамика пескарена со алуминиум оксидни зрна може да се забележат делови од абразивниот агенс, и остри рабови кои според Phoenix и Shen [80] веројатно се резултат на микропукнатините настанати од удар на зрната врз керамичката површина; тие може да претставуваат точки на концентриран стрес и причина за настанување на фрактура во керамичкиот материјал [81].

При пескарењето, честички од алуминиум триоксид може да се вградат во површината на супстратот што се третира, а нивната количина се зголемува со зголемување на притисокот под кој се врши пескарењето [82]. Како резултат на наталожувањето на споменатите честички на керамичката површина, по спроведувањето на овој третман изградената керамичко-цементна врска е послаба [83]. По нанесувањето средство за силанизирање, на површината се формираат алуминиум оксидни врски кои се хидролитички нестабилни и негативно влијаат врз врската со композитниот цемент [84].

### Киселини

За механичка алтерација на врзните површини на керамичките реставрации се користат флуороводородна киселина, кисел фосфатен флуорид и амониум хидроген дифлуорид. SEM анализите на Underhill, Blatz и Della Bona покажале дека со примена на киселиот фосфатен флуорид, како средство за механичка алтерација, се формира површина со плитки и хомогено дистрибуирани вдлабнатини, за разлика од тридимензионалната порозна структура со длабоки канали, која се создава по третирањето на керамичката површина со флуороводородна киселина [85-87]. Овој слаб ефект на киселиот фосфатен флуорид се должи на ниските концентрации на флуороводородната киселина и флуоридните јони, кои влегуваат во неговиот состав [13,16,85].

Според Aida, Kato, Della Bona и Anusavice, употребата на HF киселината резултира со поголема рапавост на керамичката површина, во споредба со другите киселини, кои може да се користат за оваа цел [88,89,16,86]. Во согласност со овој заклучок е и сознанието на Brentel и сор. (2007), според кои флуороводородната киселина обезбедува појака керамичко-цементна врска, во споредба со APF-киселиот фосфатен флуорид, без разлика на спроведениот термички третман [90]. Saracoglu (2004) согледал дека за добивање на добра врска меѓу пресуваните керамики и композитните цемента, добро е нагризувањето да се врши со флуороводородна киселина [91]. Оваа киселина, преку растворање на силикатните компоненти на целосно керамичките реставрации (фелдспатни, леуцитни, литиум дисиликатни, флуорапатитни, некои хибридни керамики), предизвикува создавање на порозна структура – микромеханички, ретентивни простори на керамичката површина, во кои лесно се инфилтрира неполимеризираниот (течен) композитен цемент [92].

Микропорозноста што се добива со нагризување на стаклестите керамики со HF киселина е слична на микропорозноста што се јавува при нагризување на емајловата површина. По третирањето со киселина, утврдено е зголемување на рапавоста на керамичката површина за трипати, а за четирипати се зголемува нејзината плоштина. Резултат од ова е значајно зголемување на механичката ретенција, а со тоа и зголемување на јачината на керамичко-цементната врска [93]. Преку растворање и отстранување на стаклестата фаза од матрицата, по



третманот со HF киселина, керамичката површина добива порозна структура, со големина на порите од 3-4  $\mu\text{m}$ . Со продолжување на времето на нагризување, длабочината на порите се зголемува; нагризувањето од 5 минути ја менува површината на фелдспатните керамики во длабочина од 5-7  $\mu\text{m}$ , а кај стаклестите керамики, до 10  $\mu\text{m}$  [94]. Кај леуцитната керамика, третираната површина добива изглед на саке, а кај литиум дисиликатната керамика третманот резултира со експонирање на литиум дисиликатните кристали [70].

За третирање на керамичките површини можат да се користат различни концентрации на флуороводородна киселина. Поради растворањето на стаклестата матрица, керамичките површини третирани со повисока концентрација на HF киселина (52%) во текот на 90 секунди добиваат униформна кристална структура, а користењето киселини со пониска концентрација (20%) доведува до растворање на кристалната фаза, создавајќи аморфна структура со изразита порозност [95].

Времето на дејствување на флуороводородната киселина има влијание врз степенот на промените во микроструктурата на керамичките површини. Според Wolf, колку што е подолго времето на дејствување на киселината, толку е поголема рапавоста на керамичката површина, меѓутоа нагризувањето подолго од 60 секунди ја зголемува појавата на кохезивни фрактури во керамиката [96]. Третирањето на Vita Mark II керамиката со 5% флуороводородна киселина со различно времетраење, резултира со зголемување на површинската рапавост и јачината на керамичко-цементната врска (време на третирање до 120 секунди); но, продолженото дејствување на киселината (180 секунди), според Chen има спротивен ефект [97]. Нагризувањето на керамиката со флуороводородна киселина во времетраење од 120 секунди, обезбедува соодветна јачина на керамичко-цементната врска [98]. Негативен ефект од продолженото нагризување (4 min) забележал Nagayassu [99]. Zogheib и сор. (2011) востановиле дека продолженото нагризување со киселина ја зголемува просечната рапавост на третираната површина, но иако незначајно, ја намалува јачината на свиткување кај IPS e.max CAD керамиката. SEM анализата потврдила минимални промени во структурата на керамичката површина при нагризување од 20 и 60 секунди, а дејствувањето на киселината од 90 и 180 секунди резултирало со поизразена морфологија и протружени литиум дисиликатни кристали во однос на околната матрица [100].

De Menezes (2009) утврдил поголема јачина на врската помеѓу IPS Empress II керамиката и Panavia F композитниот цемент, кога површините биле третирани со HF киселина во споредба со третманот на пескарење. Намалување на јачината на врската по 6-месечно чување во вода било забележано единствено кај керамиките без претходен третман. Лабораториското (симулирано) стареење на материјалите предизвикало зголемување на јачината на керамичко-цементната врска [101].

Според Kim, ефектот од спроведениот третман, пред сè, зависи од хемискиот состав на керамиката. Овој автор, како најсоодветен метод за третирање на литиум дисиликатната керамика, го посочува нагризувањето со флуороводородна киселина, а силикатизацијата ја посочува како третман, што има позитивно влијание врз јачината на врската на композитните цемента со алуминиум и циркониум оксидните керамики [102]. Според Valandro и сор. [103], флуороводородната киселина не резултира со позитивен ефект при третирање на керамиките со кристална структура.

Monticelli со сор. (2006) укажуваат на можните негативни последици од користењето на флуороводородната киселина врз керамичките материјали. При третирање на керамиките базирани врз силициум диоксид со оваа киселина, било констатирано создавање на нерастворливи силикофлуоридни соли, кои како споредни продукти може да останат на третираната површина

[104]. Ако тие не се отстранат, може да го попречат врзувањето на смолата за керамичката површина, намалувајќи ја јачината на врска [105].

Özcan и Vallittu утврдиле повисоки вредности на стандардната девијација на јачината на врзување помеѓу композитниот цемент и литиум дисиликатната керамика третирана со флуороводородна киселина, во однос на другите методи применети за подготовка на керамичката површина [6]. Причина за тоа може да бидат слабо атхерираните преципитати (производ на хемиската реакција на киселината со силициум диоксидот од керамичката) депонирани на дното од вдлабнатините и каналчињата. Доколку не се отстранат, јачината на керамичко-композитната врска се намалува до 50% [106,107]. Преципитатите не можат целосно да се отстранат преку обично плакнење со вода, без употреба на ултразвучна бања [41].

Флуороводородната киселина се карактеризира со голема токсичност и разорност. Поради тоа, се користи исклучиво во лабораториски услови со примена на соодветни заштитни средства, а се налага користење на што е можно пониски концентрации и неутрализација на растворот по нејзиното користење [108]. Како средство за механичка алтерација, HF киселината може да се одбегне само доколку се утврди дека и со примена на други методи може да се постигне адекватна врска помеѓу композитниот цемент и керамичката површина.

#### 2.4.2. Средства за механичко-хемиска алтерација на керамичките површини

За механичко-хемиска алтерација на врзните површини (како подготовка на керамичките реставрации за атхезивно цементирање), се користи методот на силикатизација. Се изведува со помош на алуминиум оксидни зрна обложени со силициум диоксид, кои под јак притисок и со голема брзина удираат на површината што се третира. Механичката енергија од честичките се пренесува на супстратот како кинетичка, при што на местото на ударот на честичката доаѓа до промена на температурата (до 120 °C); ова овозможува одредени компоненти од абразивот да се вградат во третираната површина (трибохемија), во длабочина од 15 µm. По спроведениот третман, површината на керамичката е силико-модифицирана – покриена со слој од кварц (SiO<sub>2</sub> со дебелина од 0.1 µm), што обезбедува механичка микроретенција [109]. Со зголемување на количината на силициумот на керамичката површина, следната фаза – силанизацијата е поефикасна, при што површината станува хемиски многу пореактивна за врзување со композитниот цемент.

Според De Melo (2008), силикатизацијата не треба да биде третман на избор за подготовка на стаклестите керамики за атхезивно цементирање, поради тоа што овие керамики содржат оптимална количина на силициум диоксид, кој учествува во создавањето на механичко-хемиски врски со композитните цемента [8].

Ефектот на силикатизирањето врз силата на врзување меѓу циркониум оксидната керамика и композитниот цемент го испитувал Iino [110]. Најголема сила на врзување востановил кога третманот на керамичката површина, покрај силикатизирањето, вклучувал и силанизирање и примена на средство за врзување – bond. Според Blatz, силикатизирањето и силанизирањето на алуминиум оксидната керамичка површина значајно ја зголемуваат јачината на врзување, особено кога е користен композитен цемент на база на фосфатен мономер; продолженото чување на примероците во вода и спроведеното термоциклирање резултираат со значајно намалување на силата на врзување [6]. Кога за цементирање на густо синтеруваната алуминиум оксидна керамика е користен композитен цемент што содржи 10-MDP мономер, силикатизацијата обезбедува значително поголема сила на врзување во споредба со пескарењето [111].

Поголема јачина на керамичко-цементното врзување се постигнува со силикатизација на керамичката површина, меѓутоа, ефектот од силикатизирањето на циркониум оксидната керамика се губи доколку примероците се третираат во ултразвучна бања [112]. До слични резултати дошол и Lorente (2010), кој утврдил дека при ултразвучно чистење речиси целосно се отстрануваат гранулираната површина и лабаво прикренените честички на керамичката површина, поради што значајно се намалува количината на силициум и алуминиум – која инаку се зголемува за време на силикатизацијата [113].

Според Sato (2008) и Guess (2010), треба да се внимава на условите под кои се изведуваат третманите (пескарењето и силикатизацијата) на керамичката површина; треба да се имаат предвид фазната трансформација на циркониумовата решетка од тетрагонална во моноклинска и можноста за намалување на издржливоста на реставрациите изработени од оваа керамика [114,115].

#### 2.4.3. Средства за хемиска алтерација на керамичките површини

Според хемискиот состав, средствата за хемиска алтерација на врзните површини (како чекор во подготовката на керамичките реставрации за атхезивно цементирање) може да се поделат во три главни групи: средства што служат за хемиско третирање на керамики базирани на силициум диоксид, средства што служат за хемиско третирање на керамики базирани на метални оксиди и универзални средства за третирање на керамики, кои во својот состав содржат различни функционални метакрилатни мономери.

Употребата на средство за силанизирање во стоматолошката практика е воведена во 1977 година [116]. Оттогаш се произведени голем број средства, со различен хемиски состав. Најупотребувано средство за силанизирање на денталните материјали е 3-Methacryloxypropyltrimethoxysilane [117]. При нанесување на средство за силанизирање, на керамичката површина се формира слој составен од три различни структури, од кои единствено внатрешна структура е хидролитички стабилна [118,119].

Со спроведување на различен пристап при изведувањето на силанизацијата, Hooshmand утврдил дека најдобра врска помеѓу леуцитната керамика и композитниот полимер остварил методот што опфаќа нанесување на силанот со четкичка, сушење со загреан воздух, плакнење на површината со зовриена вода, повторно сушење со топол воздух и на крај нанесување тенок слој на атхезив. Со примената на овој метод, претходно третирање на керамичката површина станува непотребно [120].

Fabianelli (2010) востановил дека сушењето на средството за силанизирање со загреан воздух резултира со значајно зголемување на јачината на врзување; највисоки вредности биле обезбедени со апликација само на силан, без третирање со киселина [121].

Силаните функционираат како медијатори што ја промовираат атхезијата помеѓу органските и неорганските материји, преку двојна реактивност. Реактивните органски групи (метакрилатни мономери) во молекулите на силанот хемиски се врзуваат за метакрилатните групи во смоестата матрица на композитните цемента (Bis-GMA и TEGDMA) преку реакција на адициона полимеризација, формирајќи директни ковалентни врски и добро структурирана полимерна мрежа. Врската со керамиките се гради преку реакција на кондензација помеѓу хидроксилните групи на керамичката површина и силанолските групи на хидролизираниите силански молекули, при што се формира силоксански полимолекуларен слој, а се ослободува и молекул вода како спореден продукт.

Според Meng, долготрајноста на врската на стаклестите керамики не се должи на механичката ретенција постигната со нагризување на површината со киселина, туку на промената на брзината на деградација на силанот, нанесен на керамичката површина третирана со киселина; зголемувањето на атхезивната површина ја намалува брзината на деградација на силанот [122]. Новите силани покажуваат поголема хидрофобност и подобрена хидролитичка стабилност, што овозможува создавање на подолготрајна керамичко-цементна врска [123].

Силаните, исто така, ја зголемуваат површинската енергија на третираната керамика и ја подобруваат можноста на површината за навлажнување, овозможувајќи подобар контакт и инфилтрација на атхезивот во микроскопските порозности на површината, создадени со нагризување со киселина или пескарење [124].

Керамиката третирана со киселина има променета pH вредност и зголемена концентрација на хидроксилни јони на површината [125]. Во истиот контекст, бројот на хидроксилните групи на површината на циркониум оксидната керамика се зголемува по спроведувањето на методот на силикатизација; колку што е поголем бројот на хидроксилните групи на површината на третираната керамика, толку е поголем степенот на врзување на средството за силанизирање со керамичката површина [126].

Средствата за силанизација значајно ја подобруваат јачината на врската; кога постапката не вклучува силанизација, без разлика на тоа кој тип третман е спроведен на порцеланската површина, јачината на поврзување помеѓу композитот и порцеланот е многу слаба [127]. Според Lu, силанизирањето на керамичката површина е значаен чекор во обезбедувањето солидна врска со композитниот цемент. Јачината на врзување, која се добива по спроведеното нагризување и силанизирање, е повисока во споредба со таа што се постигнува кога единствен третман е нагризувањето на керамичката површина со киселина [128,129].

Della Bona и сор. утврдиле дека хемиската атхезија постигната со силанизирање на керамичките површини обезбедила значајно појака врска со композитниот цемент, отколку микромеханичката ретенција обезбедена преку третман со киселини [16]. Добиените резултати кореспондирале со извршената топографска анализа, која потврдила постоење на интерфацијални фрактури, кои започнуваат со формирање на пукнатини во преостанатата стаклеста фаза. Ваков тип фрактури не се забележани кај керамичките што биле третирани само со силан. Од сето ова може да се заклучи дека хемиската врска реализирана со силан е најважниот механизам одговорен за атхезија на композитниот цемент за керамичката површина [86]. Во друга студија, Della Bona утврдил дека литиум дисиликатната керамика Empress II остварува појака врска со композитниот цемент во споредба со леуцитната – Empress I, при што силанизирањето на леуцитната керамика и комбинираниот третман од нагризување со киселина и силанизирање на литиум дисиликатната керамика се покажале како најефикасни третмани за споменатите керамики. Силанизирањето на Empress II како единствен третман остварило послаба врска со композитниот цемент во однос на комбинираниот третман, но и кога тој се состоел само од третирање со 9.6% HF киселина. Флуороводородната киселина значајно ја ослабила површината на леуцитната керамика, што резултирало со најслаба керамичко-цементна врска, кога овој третман се спроведувал засебно [87].

Според Spohr, последователното силанизирање значајно ја подобрува керамичко-цементната врска кај сите три начини на механичка алтерација на керамичката површина (нагризување со киселина, пескарење со  $Al_2O_3$  со големина на зрна од 50 и 100  $\mu m$ ). Кохезивен тип фрактура се појавил само кај оние примероци што биле третирани со киселина и силан, а чисто атхезивни



фрактури се појавиле само кај пескарениите керамики што не биле силанизирани [71].

Blatz не утврдил значајна разлика во силата на врзување по 12 000 циклуси и 180 дена чување во водена бања, доколку третманот на фелдспатната керамичка површина вклучувал и апликација на силан [130]. Според Brentel и сор. (2007), најефикасен третман за обезбедување на добра врска помеѓу фелдспатната керамика и композитниот цемент е оној што се состои од нагризување на површината со киселина и силанизирање. Употребата на средство за силанизирање е важен чекор во подготовката на фелдспатниот тип керамика [90,131].

Според Reusmans, нагризувањето на керамичката површина со киселина е клучен фактор што влијае врз јачината на врската помеѓу ProCAD фелдспатната керамика и композитниот цемент, при што флуороводородната киселина остварува подобра врска во однос на фосфорната. Силанизирањето со Monobond-S и апликацијата на хидрофобна атхезивна смола (Heliobond) по третирањето со HF киселината имале негативно влијание врз јачината на врската, иако поголемиот број мешани фрактури во оваа група укажува на нешто подобра ефикасност на врзувањето. Ефектот од силанизирањето и апликацијата на атхезивот биле позитивни единствено кога нагризувањето било извршено со фосфорна киселина [132].

De Carvalho и сор. (2011) утврдиле дека третманот од нагризување на фелдспатната керамика со киселина и силанизирање значајно ја зголемува јачината на керамичко-цементното врзување (за околу 50%) во однос на керамиките што биле третирани само со силан [133]. Patel (2011) смета дека силанизирањето на керамичките површини има слаб ефект врз керамичко-цементното поврзување, но ако на овој третман му претходи пескарење на површината со  $110 \mu\text{m Al}_2\text{O}_3$ , јачината на врската се зголемува. Солидна врска се гради кога претходно пескарена површина ќе се нагризе со HF киселина, по што следува апликација на силан. Третман што обезбедува најдобро врзување за композитниот цемент, според Patel, се состои од нагризување на врзните површини со киселина и апликација на силан [134].

И покрај тоа што пескарењето на керамиката (со  $50 \mu\text{m Al}_2\text{O}_3$ ) резултира со порапава површина во споредба со третманот на нагризување со киселина, сепак, поголема јачина на врзување Pollington (2010) и Guarda (2013) постигнале кога примениле третман што се состоел од нагризување со киселина и силанизирање, отколку пескарење проследено со силанизирање [135,136].

Резултатите на Panah (2008) покажуваат дека најсоодветниот метод за третирање на IPS Empress 2 се состои од пескарење на керамичката површина со  $50 \mu\text{m Al}_2\text{O}_3$ , проследено со нагризување со HF киселина и силанизирање. Кога третманот се состоел од комбинација само на механички методи – пескарење проследено со нагризување со киселина, врската што била остварена била нешто подобра во однос на апликацијата само на киселина или силан. Кога третманите на керамичката површина биле спроведувани поединечно, најслаба врска остварило пескарењето, а помеѓу нагризувањето со киселина и силанизирањето (спроведени поединечно) не постоела разлика [137]. Според Filho, пескарењето претставува неефикасна процедура за подготовка на керамичката површина, доколку не биде проследено и со друг третман. Силанизацијата има најголем придонес во подобрувањето на јачината на керамичко-композитната врска, повеќе од кој било друг третман за постигнување механичка ретенција и претставува важен и неодминлив чекор при подготовката на керамичката реставрација за атхезивно цементирање [138].

Во последните години е забрзан развојот на нови средства кои во својот состав покрај силанот содржат и други активни мономерии, што овозможуваат хемиско менување на површините не само на стаклестите туку и на алуминиум-



оксидните и циркониум-оксидните керамики. За овие материјали, типичен е големиот афинитет кон фосфорната киселина [139].

Shimakura и сор. (2007) не утврдиле разлика во јачината на врзување помеѓу леуцитната керамика и композитниот цемент, кога третманот се состоел од пескарење со  $25\ \mu\text{m}\ \text{Al}_2\text{O}_3$  или силикатизирање со  $30\ \mu\text{m}\ \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot x\text{SiO}_2$ . Нанесувањето керамички прајмери резултирало со зголемување на јачината на врската, а поефикасно се покажало средството за силанизирање, отколку прајмерот што содржел 10-MDP мономер. Комбинацијата од овие два прајмера значајно ја зголемила јачината на врската независно од спроведениот третман. Најјака врска била констатирана кога третманот се состоел од силикатизација проследена со апликација на комбинацијата од овие два прајмера [75].

#### 2.4.4. Дентални атхезиви

Примарна цел на денталните атхезиви е да обезбедат добра врска помеѓу забните структури и композитните реставрации или композитните цементи [140]. Најчесто употребувани мономерни во атхезивните системи се диметакрилатите Bis-GMA, UDMA и TEGDMA. Како резултат на малата молекуларна тежина, Bis-GMA покажува мала полимеризациска контракција и брзо стврднување, а настанатиот полимер се карактеризира со супериорни механички својства како резултат на густовмрежената структура [141].

Новите светлосно-полимеризирачки атхезиви, овозможуваат формирање сигурни врски со денталните материјали кои се користат за изработка на фиксни протетски реставрации, задржувајќи ја јачината и по спроведувањето на тестовите за лабораториско стареење на материјалите [142].

Во секојдневната клиничка практика, атхезивите се користат за обезбедување на сигурна врска помеѓу композитните цементи и врзните површини на керамичките реставрации. Hooshmand забележал зголемување на јачината на керамичко-цементната врска, кога по спроведената силанизација, на керамичката површина била нанесена смола без полнило [120]. Значајно појака керамичко-композитна врска по апликација на атхезивот е забележана и во случај кога керамичката површина претходно е нагризена со киселина и силанизирана; тоа се поврзува со способноста на атхезивот за инфилтрирање и зголемената способност за навлажување на третираната површина [143]. Спротивно на ова, Passos со сор. (2008) утврдил намалување на силата на врзување, кога на третираната фелдспатна керамичка површина аплицирале атхезив; причината за ваквото однесување на атхезивот авторот ја лоцира во присуството на НЕМА (покрај Bis-GMA), која поседува хидрофилни карактеристики [144]. Според Reumans и сор. (2007), ефектот на применетиот атхезив е различен при користење на различни киселини. Позитивен ефект од аплицирањето на атхезивот се забележува во случај кога керамичките површини се нагризуваат со фосфорна киселина; кога третманот се состои од употреба на флуороводородна киселина, употребениот атхезив придонесува за намалување на јачината на керамичко-цементната врска [132].

Според Ghassemieh (2007), разликите во вредностите на јачината на врзување во самата група (за микростапчиња добиени од еден ист блок, третиран на ист начин) веројатно се јавуваат поради нерамномерната дебелина на атхезивот настаната во текот на неговата апликација, како и пукнатини што можат да се јават на рабовите или централните делови на атхезивот [145]. Затоа за добивање на што е можно потенок и похомоген слој, нанесувањето и распределувањето на атхезивот на керамичката површина треба да се изведуваат многу внимателно.

## 2.5. АТХЕЗИВНА ЗОНА

Според Della Bona и Mecholsky, терминот атхезивна зона се дефинира како регија во која атхезивното средство реагира со двата супстрата, со цел градење врска помеѓу нив [87]. Во овој докторски труд, атхезивната зона е дефинирана како зона составена од: 1) меѓугранична регија помеѓу атхезивот и композитниот цемент, во која се јавуваат молекуларна интеракција и хемиски врски помеѓу двата материјала; 2) атхезив и 3) меѓугранична регија помеѓу атхезивот и денталната керамика, вклучувајќи ја површинската регија на керамиката која е третирана со различни методи.

## 2.6. ЛАБОРАТОРИСКО СТАРЕЕЊЕ НА МАТЕРИЈАЛИТЕ

Постојат повеќе *in vitro* методи предложени како замена за клиничките услови поради кои доаѓа до нарушување/пропаѓање на атхезивната врска [146, 147]. Сепак, пролонгираното чување на поврзаните супстрати во водена бања, претставува поприроден начин за симулирање на условите на оралната средина [147,148] и истиот е применет и во ова истражување.

## 2.7. ТЕСТОВИ ЗА МЕРЕЊЕ НА СИЛАТА НА ВРЗУВАЊЕ

Тестовите за мерење на силата на врзување претставуваат корисна и неопходна процедура за скрининг на новите продукти и за испитување на експериментални/нови материјали со цел – подобрување на нивните својства пред нивната промоција на денталниот пазар како готови продукти [149]. Постојат четири различни тестови за испитување на силата на врзување на денталните материјали со забните структури, кои користат два типа сили: сили на смолкнување и сили на затегнување.

### Тест за мерење на силата на смолкнување (SBS-тест)

Кога се дејствува со сили на смолкнување (SBS-тест), оптоварувањето се врши паралелно на површината на врзување. Van Noort со своите соработници [150] утврдил дека при изведувањето на овој тест може да се појават и сили на виткање, така што колку што е поголемо растојанието меѓу местото на дејствување на силата и меѓуграничната површина на атхерент-супстратот, толку се поголеми силите на извиткување [151,152]. Со анализа на конечни елементи, Della Bona и Van Noort утврдиле дека тестот на смолкнување повеќе ја мери јачината на супстратот отколку јачината на интерфацијалната регија [153].

### Тест за мерење на силата на затегнување (TBS-тест)

При спроведување на конвенционалниот тест на затегнување (TBS-тест), можат да се појават компресивни стресови. Најзначајно ограничување на конвенционалните тестови, за одредување на силите на смолкнување и затегнување, е постоењето на голем број кохезивни фрактури во супстратите, најчесто предизвикани од нерамномерната распределба на стресот. Оттаму произлегува дека вредностите добиени при изведувањето на овие тестови се одраз на кохезивната јачина на супстратите, а не на силата на врзување во атхезивната зона. Од овие причини, со конвенционалните тестови не може да се добие реална слика за јачината на постигнатата врска во атхезивната зона и за квалитетот на атхезивниот систем што се користи за поврзување.

### Микрозатегнувачки тест ( $\mu$ TBS-тест)

За надминување на погореспоменатите ограничувања на конвенционалните тестови, Sano во 1994 година го претставил

микрозатегнувачкиот тест ( $\mu$ TBS-тест) за испитување на силата на врзување на денталните материјали со забните структури. Авторите увиделе дека јачината на затегнувачката сила на врзување била обратнопропорционална на големината на врзната површина; кај помали врзни површини биле утврдени поголеми вредности на силата на врзување. Затоа е предложено плоштината на зоната на атхезија да биде помала од  $2 \text{ mm}^2$ . Успешноста на овој тест била потврдена со стопроцентната (100%) застапеност на атхезивниот тип на фрактури на меѓуграничната површина [154].

Микропримероците кај кои се одредува силата на врзување се добиваат преку сечење на макросистеми, при што се добиваат стапчиња со потребните димензии. Во текот на овој процес, настанува триење помеѓу дијамантското сечило и супстратот, при што и покрај постојаното ладење на површините со вода, се создаваат висока температура и вибрации. Механичкиот стрес создаден при оваа процедура може да предизвика предвремени фрактури во атхезивната зона. Abreu (2011) утврдил позитивен сооднос меѓу брзината со која се изведува сечењето и бројот на предвременно разделените примероци [155]. Акумулираниот стрес не завршува секогаш со предвременно разделување. Многу често, доаѓа до создавање и ширење на пукнатини и фрактури, кои влијаат врз резултатите добиени при спроведувањето на  $\mu$ TBS-тестот; поради тоа, овие резултати не ја претставуваат реалната вредност на јачината на врска помеѓу двата супстрата.

За одбегнување на можноста за појава на пукнатини во атхезивната зона, предложен е метод за состружување на микростапчињата во ниво на меѓуграничната површина (trimming метод, MicroSpecimen Former, University of Iowa, Iowa, USA), кој се изведува со помош на дијамантски борер; атхезивната зона на пресек е во форма на круг [145]. За овој метод е карактеристично тоа што е технички многу осетлив; при неговото изведување се предизвикува дополнителен стрес, што се одразува врз бројот на примероците што се раздвојуваат пред самото тестирање. Според Shono, примероците кај кои јачината на врска е помала од 13 МПа, тешко можат да го „преживеат“ стресот кој се создава при изведувањето на овој метод [156]. Поосетливи во таа смисла се материјалите со релативно крплива природа и примероците каде што врска на поврзување е послаба [157]. Димензиите на примерокот ( $<1.5 \text{ mm}$ ), исто така, влијаат врз неговата способност да го „преживее“ стресот од процедурата за намалување на обемот на атхезивната зона [158]. За намалување на појавата на предвременно разделување во пределот на атхезивната зона, Phrukkanon предложил нејзината минимална плоштина да изнесува  $1.1 \text{ mm}^2$  [159]. И покрај изнесените забелешки, Ghassemieh (2007) и Armstrong (2010) сметаат дека овој метод треба да се применува, затоа што овозможува прецизно дефинирање на регијата за тестирање и рамномерна распределба на стресот при спроведувањето на микрозатегнувачкиот тест [149,145].

Микропримероците што се добиваат со сечење на подготвените блокови (со прецизните машини за сечење) може да бидат во форма на стапче или плочка, а со дополнителна обработка може да добијат форма на песочен часовник или форма на тег. Формата на пресекот во ниво на атхезивната зона може да биде: четвртест, правоаголен или кружен. Формата на примерокот и особено на атхезивната зона имаат значајно влијание врз распределувањето на стресот (при апликација на сила) и неговата хомогеност.

Кај примероците со форма на тег (регијата што се тестира е со цилиндрична форма), постои похомогено распределување на стресот во споредба со примероците со форма на стапче или форма на песочен часовник. Постепеното намалување на дијаметарот од рамото на примерокот кон атхезивната зона, рамномерно го насочува и распределува стресот во регијата на атхезивната зона [160].

За време на поставувањето на примероците во машината за изведување на микрозатегнувачкиот тест, постои можност за несовпаѓање на оската на применетата сила со оската на микропримерокот. Постоенето на агол од само еден степен помеѓу оската на дејствување на силата на затегнување и оската на примерокот, предизвикува значајни промени во распределувањето на стресот во примерокот. Ова резултира со концентрација на стресот на едната страна или раб од примерокот.

Малите димензии и кршливоста на примероците што се користат при тестирање на микрозатегнувачката сила на врзување, наложуваат употреба на специјално дизајнирани кивети, кои се вметнуваат во машините за изведување на тестот, за кои микропримероците се прицврстуваат со помош на цијано-акрилатен лепак. Врз вредностите што се добиваат за јачината на врзување и типот на фрактурата при користењето на овој тест, имаат влијание обликот и големината на експерименталниот примерок што се тестира, како и начинот на неговото прицврстување за киветата, во текот на тестирањето. Стрес анализата покажала директна зависност помеѓу начинот на фиксирање и распределувањето на стресот, при што сили на смолкнување биле забележани кај микропримероците што биле зацврстени само со едната површина. Со зголемување на површините што биле зацврстени за металната кивета, се јавило похомогено и правилно распределување на стресот, со концентрирање на затегнувачките сили во ниво на меѓуграничната површина [160].

Pashley (1995), Armstrong (2009) и Van Meerbeek (2010) во своите ревијални прегледи направиле критички осврт на микрозатегнувачкиот тест, дефинирајќи ги неговите предности и недостатоци. Како позначајни предности се наведуваат: настанување на поголем број атхезивни и помал број кохезивни фрактури за време на тестирањето, можност за тестирање на површини со неправилна форма, тестирање на многу мали површини што се погодни за SEM/TEM анализа на фрактурната површина, забрзано лабораториско стареење на атхезивната зона како резултат на помалото растојание потребно за дифузија на течности, со примената на овој тест може да се добијат два до четири пати повисоки вредности за јачината на врзување во споредба со оние што би се добиле при користење на стандарден макрозатегнувачки тест. Како позначајни недостатоци на овој тест се наведуваат: мала можност за мерење на многу ниски вредности на јачината на врзување ( $<5$  МПа), можност да се јават кохезивни фрактури блиску или на местото каде што примерокот е прицврстен за киветата со лепак и тоа што примерокот мора да има минимални димензии за да може успешно да се прицврсти за киветата за тестирање.

### **Микросмолкнувачки тест за силата на врзување ( $\mu$ SBS-тест)**

Овој тест се спроведува без потреба од сечење на материјалот за добивање на микропримероци, со што се избегнува можноста за создавање пукнатини во материјалите што се тестираат. Од друга страна, отстранувањето на полиетиленските туби што се користат при подготвувањето на примероците со помош на скалпел, може да доведе до стрес во зоната на врзување и предвремено разделување на супстратите [162].

### 3. ЦЕЛ НА ТРУДОТ

Цементирањето на керамичките реставрации претставува значајна фаза во протетската естетско-функционална рехабилитација на пациентите. Од изборот на средството за цементирање, подготовката на керамичката површина и спроведувањето на самиот чин на цементирање, зависи дали оваа финална постапка ќе обезбеди соодветна оптимална адхезија на изработената керамичка реставрација за забните структури.

Цел на истражувањето планирано во рамките на оваа докторска дисертација е да се испита јачината на поврзување меѓу керамиките различни по состав и средствата за цементирање, во зависност од претманот на керамичката површина. Во таа насока, испитувано е влијанието на одделни фактори/третмани врз ефикасноста на керамичко-цементното поврзување, и тоа:

1. да се утврди влијанието на пескарењето на керамичката површина со зрна од алуминиум триоксид врз јачината на врзување;
2. да се утврди влијанието на пескарењето на керамичката површина со зрна од алуминиум триоксид обложени со силициум диоксид – силикатизирање – врз јачината на врзување;
3. да се утврди влијанието на нагризувањето на керамичката површина со флуороводородна киселина врз јачината на врзување;
4. да се утврди влијанието на силанизирањето на керамичката површина врз јачината на врзување;
5. да се утврди улогата на киселиот фосфатен мономер (10-MDP) како конституент во композитниот цемент врз јачината на врзување;
6. да се утврди влијанието на пролонгираното чување во дестилирана вода – стареење на материјалот врз јачината на врзување;
7. да се утврди количината на загубен материјал во текот на алтерација на керамичките површини;
8. да се утврди типот на фрактура како резултат на различниот третман на керамичките површини;
9. да се утврди морфологијата на третираните керамички површини;
10. да се утврди влијанието на времетраењето на нагризување со флуороводородна киселина врз морфологијата на керамичките површини;
11. да се утврди степенот на полимеризација на композитните цемента;
12. да се воспостават корелациите помеѓу испитуваните фактори.

Анализата на резултатите добиени во рамките на оваа докторска дисертација треба да даде одговор на прашањето за влијанието на некои третмани на керамичката површина врз јачината/квалитетот на поврзување со композитните цемента, како и за нивниот придонес за севкупната ефикасност на протетските керамички реставрации. Стекнатите сознанија треба да придонесат за збогатување на знаењата од овој домен на стоматолошката протетика.



## 4. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД

За реализација на поставените цели, користени се следниве материјали и методи:

### 4.1. МАТЕРИЈАЛИ

- 4.1.1. Керамички материјали
- 4.1.2. Композитни цементи
- 4.1.3. Средства за механичка алтерација на керамичките површини
- 4.1.4. Средство за механичко-хемиска алтерација на керамичките површини
- 4.1.5. Средство за хемиска алтерација на керамичките површини
- 4.1.6. Дентален атхезив

### 4.2. МЕТОДИ

- 4.2.1. Подготовка на примероците
- 4.2.2. Мерење на микрозатегнувачката сила на врзување
- 4.2.3. Одредување на типот на фрактура со помош на стереомикроскопија
- 4.2.4. Скенирачка електронска микроскопија (SEM)
- 4.2.5. Одредување на просечното губење на керамичкиот материјал
- 4.2.6. Фурие трансформирачка инфрацрвена спектроскопија (FTIR)
- 4.2.7. Статистички методи

### 4.1. МАТЕРИЈАЛИ

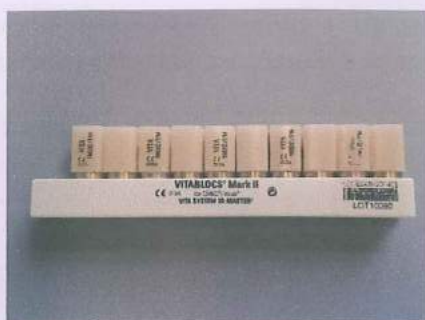
#### 4.1.1. Керамички материјали

- Vitablocks Mark II, for Cerec/inLab, VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany
- IPS Empress CAD, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein
- IPS e.max CAD, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein
- Vita Enamic, for Cerec/inLab, VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany
- Lava Ultimate CAD/CAM Restorative, 3M ESPE, Neuss, Germany
- Celtra Duo, Dentsply, Konstanz, Germany.

**Vitablocks Mark II** за Cerec/inLab, VITA Zahnfabrik, Bad, Säckingen, Germany

Vita Mark II блоковите (Слика 1) се фелдспатни керамички монохроматски блокови со јачина на свиткување од 140-170 МПа и модул на еластичност од 45 GPa. Микроструктурата на оваа керамика е претставена од фини кристали (20% wt) хомогено потопени во околната стаклеста матрица.

Vita Mark II керамиката е присутна на денталниот пазар од 1990 година и од неа се произведени повеќе од 20 милиони реставрации. Служи за изработка на инлеи, онлеи, фасети, делумни и целосни коронки во фронталната и постериорната регија. Vita Mark II се смета за златен стандард на квалитетот кога е во прашање фелдспатниот тип керамика и токму од тие причини, таа е користена за споредба на карактеристиките на керамичките материјали при изработката на овој докторски труд.



А



Б (x5000)

Сл. 1. А) Vitablocs Mark II керамика  
Б) Изглед на керамичката површина по нагризување со HF киселина (SEM)

#### 4.1.1.2. IPS Empress CAD, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein

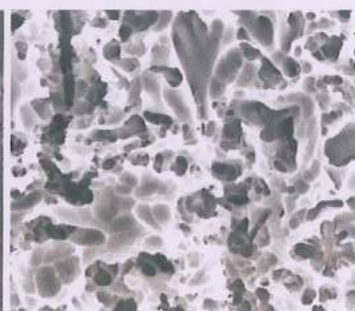
IPS Empress CAD претставува стаклеста керамика (Слика 2) зајакната со леуцити. Се состои од стаклеста матрица и кристална фаза, која опфаќа 34-45% од вкупниот волумен. Леуцитните кристали  $KAlSi_2O_6$  (со дијаметар од 1-5  $\mu m$ ) придонесуваат за зголемување на јачината на материјалот. Јачината на свиткување на IPS Empress CAD е 160 MPa.



А



Б (x5000)



В (x5000)

Сл. 2. А) IPS Empress CAD керамика  
Б) Кристална структура – леуцитни кристали (SEM)  
В) Изглед на керамичката површина по нагризување со HF киселина (SEM)

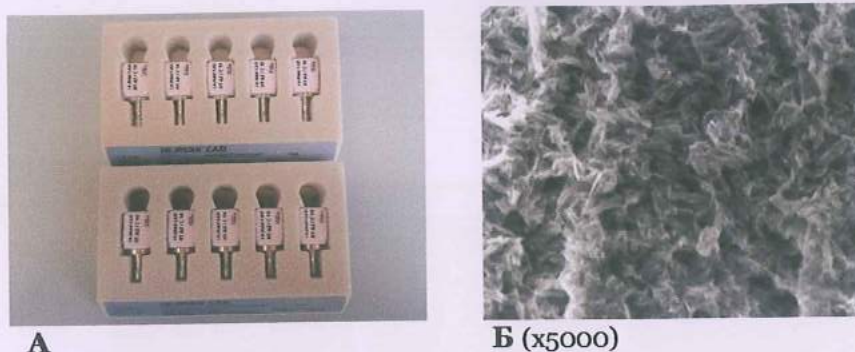
IPS Empress керамиката се употребува повеќе од 20 години со изработени повеќе од 33 милиони реставрации. Се користи за изработка на фасети, инлеи, онлеи, делумни коронки и соло коронки во интер и пост канинската регија.

#### 4.1.1.3. IPS e.max CAD, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein

IPS e.max CAD (Слика 3) претставува литиум дисиликатна стаклеста керамика добиена преку неколку постапни етапи (lithiumorthosilicate  $\rightarrow$  lithiummetasilicate  $\rightarrow$  lithiumdisilicate). Блоковите се излеваат како транспарентни стаклести инготи составени од литиум ортосиликат. Преку процес на делумна кристализација (доаѓа до формирање на литиум метасиликатни кристали), блоковите се трансформираат во интермедијарна кристална фаза (сина фаза), која овозможува брза обработка во CAD-CAM системот. По обработката на блокот во САМ единицата, реставрацијата се кристализира во Programat CS на 850 °C, достигнувајќи ја финалната состојба. Во текот на овој процес, настанува микроструктурна трансформација при што се формираат литиум дисиликатни кристали ( $Li_2Si_2O_5$ ), кои на керамичкиот објект му ги даваат финалната пребоеност и јачина од  $360 \pm 60$  MPa. Целосно



кристализираните IPS e.max CAD блокови содржат околу 70% фини литиум дисиликатни кристали вградени во стаклестата матрица.



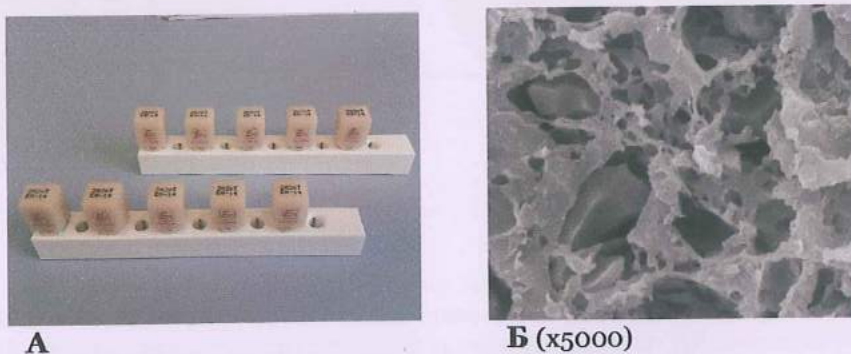
Сл. 3. А) IPS e.max CAD керамика

Б) Кристална структура – литиум дисиликатни кристали; изглед на керамичката површина по нагризување со HF киселина (SEM)

IPS e.max керамиката е иновирана пред околу 10 години. CAD/CAM блоковите служат за изработка на фасети, инлеи, онлеи, делумни коронки, соло коронки во интер и пост канинската регија, супраструктура над импланти, мостови со три члена во фронталната и премоларната регија, како и за изработка на структурата (фасети) над циркониум оксидна основа.

#### 4.1.1.4. Vita Enamic, за Cerec/inLab, VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany

Vita Enamic (Слика 4) е првата хибридна дентална керамика со двојна мрежеста структура. Керамичката фелдспатна мрежа (86 wt%) со фина структура е зајакната со полимерна мрежа (14 wt%). Во Vita Enamic се сублимирани позитивните карактеристики и на керамиката и на композитот. Карактеристиките на овој хибриден материјал се означуваат како приближно идентични на оние на природните заби; поседува абразивни карактеристики слични на емајлот и еластичност слична на дентинот. Има јачина на свиткување од 150-160 МПа и модул на еластичност од 30 GPa.

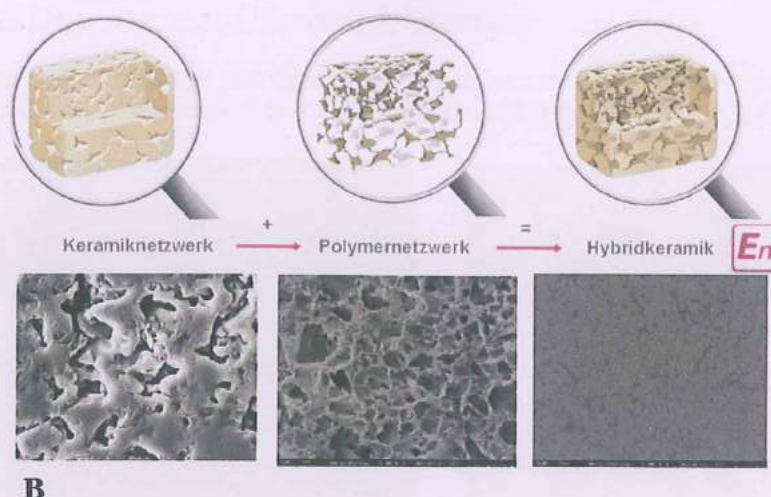


Сл. 4. А) Vita Enamic керамика

Б) Изглед на керамичката површина по нагризување со HF киселина (SEM)

CAD/CAM блоковите служат за изработка на минимално инвазивни реставрации, фасети, инлеи, онлеи, како и коронки на забите од интер и пост канинската регија. На денталниот пазар е промовирана во јануари 2013 година.

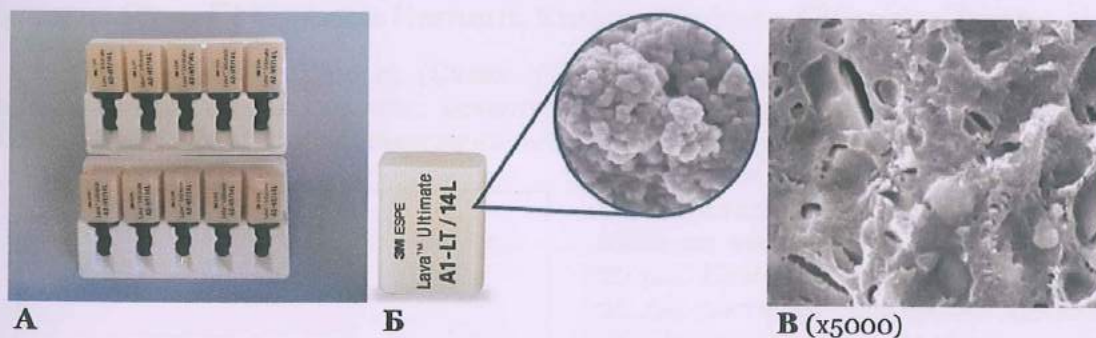




Сл. 4. В) Тридимензионална мрежеста структура (керамичка и полимерна мрежа)

#### 4.1.1.5. Lava™ Ultimate CAD/CAM Restorative, 3M ESPE, Neuss, Germany

Lava™ Ultimate CAD/CAM Restorative (Слика 5) е смоеста нано керамика (RNC - Resin Nano Ceramic) со висока содржина (80% wt) на нано керамички честички (силициум диоксидни, со дијаметар од 20 nm и циркониум диоксидни со дијаметар од 4-11 nm) врзани во полимерна смоеста матрица (околу 20% wt). Јачината на свиткување на оваа керамика изнесува 200 МПа, со модул на еластичност сличен на дентинот (оваа карактеристика на Lava Ultimate Restorative овозможува подобро апсорбирање на оклузалните сили, намалувајќи го стресот што може да се создаде во CAD/CAM реставрациите).



Сл. 5. А) Lava™ Ultimate CAD/CAM Restorative керамика  
 Б) Нано мерни честички, нано кластерни честички  
 В) Изглед на керамичката површина по нагизување со HF киселина (SEM)

Промовирана е во декември 2011 год., а се користи за изработка на инлеи, онлеи, фасети, соло коронки, како и коронки што се изработуваат над импланти, за кои од особена важност е токму високата резилиентност на оваа керамика.



#### 4.1.1.6. Celtra Duo, Dentsply, Konstanz, Germany

**Celtra Duo** претставува литиум силикатна керамика (Слика 6) зајакната со циркониум диоксид (zirconia-reinforced lithium silicate – ZLS).



А



Б (x5000)

Сл. 6. А) Celtra Duo керамика

Б) Кристална структура – литиум силикатни кристали; изглед на керамичката површина по нагризување со HF киселина (SEM)

Литиум силикатните (LiSi) кристали на оваа керамика (со големина од 500-700 nm) се потопени во стаклеста матрица, која содржи 10% целосно растворен циркониум диоксид ( $ZrO_2$ ). Има јачина на свиткување од 210 MPa, а со дополнително печење на керамиката, јачината достигнува до 370 MPa. Celtra Duo керамиката се користи за изработка на инлеи, онлеи, фасети и соло коронки. Промовирана е во март 2013 година.

#### 4.1.2. Композитни цемента

##### 4.1.2.1. Clearfil Esthetic Cement, Kuraray Noritake, Okayama, Japan

Clearfil Esthetic Cement (Слика 7) е двојнополимеризирачки (светлосно и/или самополимеризирачки) цементен систем базиран врз полимери (Bis-GMA и TEGDMA). Содржи вмрежени мономери и неорганско полнило, на кое



Сл. 7. Clearfil Esthetic Cement

волуменски отпаѓаат 49% (или 70% wt) од масата на цементот, со големина на честичките од 0.01  $\mu m$  до 20  $\mu m$ . Цементот доаѓа во пакување од две пасти, со специјални канули за мешање на пастите, што гарантира квалитет на замешаниот цемент. Вака подготвениот композитен цемент се состои од еднаква количина од двете пасти, без присуство на воздушни меурчиња. Се користи за цементирање на реставрации изработени од керамика, хибридни керамики, композитни смоли или метал.



#### 4.1.2.2. Panavia SA Cement, Kuraray Noritake, Okayama, Japan

Panavia SA Cement (Слика 8) е двојнополимеризирачки (светлосно и/или самополимеризирачки) самоатхерирачки композитен цемент. Неорганското наполнило опфаќа 45% од вкупниот волумен, со големина на честичките од 0.04  $\mu\text{m}$  до 20  $\mu\text{m}$ .



Сл. 8. Panavia Self Adhesive Cement

Покрај основните Bis-GMA и TEGDMA, овој цемент содржи и фосфатен мономер (10-Methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate, 10-MDP), поради што се одликува со самонагризувачки и самоатхерирачки карактеристики (пред цементирањето нема потреба од третирање на забните структури со фосфорна киселина и аплицирање на кондиционери и атхезиви). Доаѓа во пакување од две пасти; се користи за цементирање на реставрации изработени од керамика, хибридни керамики, композитни смоли или метал.

#### 4.1.3. Средства за механичка алтерација на керамичките површини

**IPS Ceramic Etching Gel, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein**

IPS Ceramic Etching Gel (Слика 9) претставува <5% гел на флуороводородна киселина, што се користи за создавање на микроретентивна врвна површина (преку растворање на силикатните компоненти) на целосно керамичките реставрации (стаклести и некои хибридни керамики), како нивна подготовка за атхезивно цементирање.



Сл. 9. IPS Ceramic Etching Gel

## Aluminum Oxide (27 $\mu\text{m}$ ), Danville, Zürich, Switzerland



Сл. 10. Aluminum Oxide (27  $\mu\text{m}$ )

За механичка алтерација на врзните површини како подготовка на керамичките реставрации за атхезивно цементирање, најчесто се користи песок од алуминиум оксидни зрна, со големина на зрната од 27  $\mu\text{m}$  (Слика 10). Пескарењето на површината се изведува со цел добивање на микроретентивна површина, која ќе овозможи подолготрајна механичка врска меѓу реставрацијата и средството за цементирање.

### 4.1.4. Средство за механичко-хемиска алтерација на керамичките површини

#### CoJet<sup>™</sup> Sand, 3M ESPE, Seefeld, Germany

CoJet песокот се состои од алуминиум оксидни зрна чија површина е покриена со силициум диоксид (Слика 11) и служи за силикатизација на метални, керамички и композитни материјали.



Сл. 11. CoJet<sup>™</sup> Sand

Површината на керамиката по спроведениот третман е силикомодифицирана – покриена со слој од кварц ( $\text{SiO}_2$ ), што обезбедува механичка микроретенција. Истовремено со зголемувањето на количината на силициумот на керамичката површина, се овозможува нејзина ефикасна силанизација со средство за силанизирање. Овие третмани (силикатизацијата и силанизирањето) имаат позитивен ефект врз хемиската реактивност на керамичката површина за врзување со смолестиот композитен цемент.



#### 4.1.5. Средства за хемиска алтерација на керамичките површини

##### Monobond<sup>®</sup> Plus, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein

Monobond<sup>®</sup> Plus е универзален прајмер (Слика 12), што го потпомага атхезивното врзување помеѓу композитните цемента и сите видови индиректни реставративни материјали (стаклести и оксидни керамики, метал, композити, композити појачани со влакна), создавајќи долготрајна хемиска врска. Претставува алкохолен раствор (96% wt) на три различни функционални метакрилатни мономерии: силан метакрилат, фосфорен метакрилат и сулфиден метакрилат.

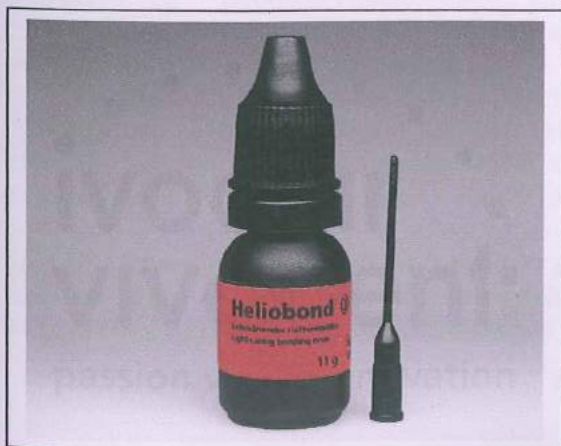
Мономерот (кој е активен за секој супстрат одделно) се врзува за површината на реставрацијата формирајќи слој, при што хидрофилната површина се менува во хидрофобна. Како резултат на ова, атхезивот и композитниот цемент имаат можност неа оптимално да ја навлажнат. Бидејќи во матрицата на композитниот цемент хемиски се вградени слободни метакрилатни групи, при процесот на полимеризација се создава сигурна врска помеѓу цементот и хемиски изменетата реставративна површина (Scientific Documentation Monobond Plus).



Сл. 12. Monobond<sup>®</sup> Plus

#### 4.1.6. Дентални атхезиви

##### Heliobond, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein



Сл. 13. Heliobond

Heliobond (Слика 13) претставува светлоснополимеризирачко средство за врзување. Се состои од Bis-GMA 60% wt и TEGDMA 40% wt. При атхезивно цементирање на протетските реставрации со композитен цемент, Heliobond-от се нанесува во тенок слој, кој не треба да се полимеризира; во спротивно, може да се проблематизира постигнувањето оптимална положба на цементираните реставрации, а резултат од тоа да бидат нарушени оклузални и артикулациски соодноси.



## 4.2. МЕТОДИ

### 4.2.1. Подготовка на примероците

#### Подготовка на керамичките блокови

Со помош на дијамантско сечило-нож (M1D10, Struers, Ballerup, Denmark) монтирано на прецизна машина за сечење (Acutom 50, Struers, Denmark) и со постојано водено ладење, секое керамичко блокче (12x14x18 mm) беше сечено на третини, при што од едно блокче се обезбедуваа три подеднакви плочки со димензии 12 x 14 x 5.50 mm.



Сл. 14. Врзните површини на керамичките плочки се поделени на 4 полиња

Површините што се добиваа со сечење на блоковите беа користени како експериментални (врзни) површини. Со истото дијамантско сечило, врзната површина на секоја керамичка плочка беше поделена на четири (4) полиња, разграничени меѓу себе со засеци длабоки 2 mm (Слика 14).

#### Стандардизација на врзните површини на керамичките плочки

Подготвените керамички плочки беа обработувани во машина за шмирглање и полирање (Buehler Beta, Düsseldorf, Germany), користејќи силициум карбидна абразивна хартија со рапавост од 320 (за груба обработка) и 600 (за фина обработка), под постојано ладење на површините со воден млаз (Слика 15).

Ваквата подготовка на керамичките плочки се спроведуваше со цел стандардизација на морфологијата на површините што ќе се третираат.

Потоа, за да се добијат чисти површини, сите керамички плочки беа ставани во сад со дестилирана вода, во ултразвучна бања (RK 102H, Bandelin, Sonogex, Berlin, Germany) во времетраење од 10 минути, по што керамичките плочки беа сушени со компримиран воздух (без примеси на влага или масло).



Сл. 15. Обработка на керамичките површини со силициум карбидна хартија



На вака подготвените керамички плочки беа спроведувани основни и дополнителни третмани\*, а зависно од видот на третманот, беа формирани групите.

\*Дефинирањето на третманите како основни и дополнителни (Leuven, 2012) е направено со цел за појасно согледување на ефектите од одделните третмани – поединечно и во комбинација.

### Основни третмани

За подготовка на керамичките површини беа применети следниве *основни третмани*:

- употреба на силициум карбидна (SiC), абразивна хартија со грубост/рапавост од 600# (35  $\mu\text{m}$  и 14  $\mu\text{m}$ ); постапката е опишана во текстот за стандардизација на морфологијата на керамичките површини, даден погоре
- пескарее со алуминиум оксидни зрна со пречник од 27  $\mu\text{m}$
- пескарее со алуминиум оксидни зрна обложени со силициум диоксид, со пречник од 30  $\mu\text{m}$  (*силикатизација*).

Во зависност од спроведениот основен третман на керамичката површина, подготвените керамички плочки (за секоја керамика посебно), по случаен избор, беа поделени во **3 групи**.

1. **Прва група:** ја сочинуваат керамички плочки чиешто површини не беа пескарени, а се подготвени со силициум карбидна хартија (во рамките на процесот за стандардизација на морфологијата на керамичките површини). Во понатамошниот текст оваа група е обележана како - **SiC**.
2. **Втора група:** ја сочинуваат керамички плочки чиешто површини беа пескарени со алуминиум оксидни зрна со големина од 27  $\mu\text{m}$  (**Aluminum Oxide**, Danville, Zürich, Switzerland), со помош на апарат за таа намена – Microetcher (Слика 16). Пескарењето се изведуваше вертикално на површината која се третираше, на растојание од 10 mm, во времетраење од 30 секунди и со притисок од 2.8 бари.

Керамичките плочки од оваа група беа дополнително третира-ни во ултразвучна бања во време-траење од 5 min, со цел да се отстранат остатоците од песочни-те зрна и скршените делови од третираната керамичка површи-на.

Во понатамошниот текст, оваа група е обележана како - **Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**.



Сл. 16. Апарат за пескарее со алуминиум оксидни зрна

3. **Третата група** ја сочинуваат керамички плочки чиешто површини беа третирали со **CoJet** – песок од алуминиум оксидни зрна обложени со силициум диоксид, со големина од 30  $\mu\text{m}$  (CoJet, 3M ESPE, Neuss, Germany). Пескарењето се изведуваше со помош на апаратот CoJet Prep (Слика 17), користејќи ги истите параметри применети за втората група: вертикално на површината што се третира, на растојание од 10 mm, во времетраење од 30 секунди и со притисок од 2.8 бари.





По извршената силикатизација, нечистотијата - деловите од песочните зрна и третираната керамичка површина, беше отстранета со компримиран воздух (со мал притисок) во времетраење од 5 секунди.

Во понатамошниот текст, оваа група е обележана како - **CoJet**.

Сл. 17. Апарат за силикатизација (CoJet) на керамичките врзни површини

### Дополнителни третмани

Како дополнителни третмани во подготовката на керамичките површини беа применети:

- третман со флуороводородна киселина,
- силанизирање (употреба на керамички прајмер),
- третман со флуороводородна киселина проследено со силанизирање.



Сл. 18. Подготовка за третман на керамичките површини

За спроведување на дополнителните третмани, четирите полиња на секоја керамичка површина (претходно формирани) беа изолирани меѓусебно користејќи нож за засекување. На тој начин беа формирани четири различни групи:

1. **Con**-контролна група: на керамичката површина не беше изведен (никаков) дополнителен третман (пред цементирањето). Беше нанесувана само смола за врзување, без полнило (Heliobond - Ivoclar Vivadent). Оваа група служеше како „негативна контрола“;
2. **HF**-група: со помош на четкичка за еднократна употреба, на керамичката површина беше нанесуван 5% гел на флуороводородна киселина - **IPS Ceramic Etching Gel** (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein). Времето на дејствување на киселината (нагризување) беше различно во зависност од типот на керамиката, а според препораките на производителите:

|                                |      |
|--------------------------------|------|
| - Vitablocks Mark II           | 60 s |
| - IPS Empress CAD              | 60 s |
| - IPS e.max CAD                | 20 s |
| - Vita Enamic                  | 60 s |
| - Lava Ultimate CAD/CAM Rest.* | 60 s |
| - Celtra Duo                   | 30 s |

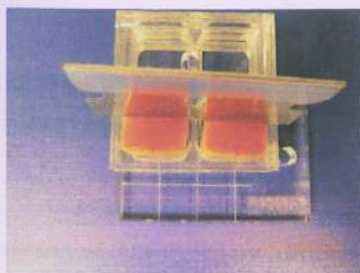


\*Производителот - 3M ESPE не препорачува нагризување на керамичката површина со киселина.

По спроведеното нагризување, керамичките површини беа обилно плакнети со вода (користејќи околу 250 ml вода), 60 s (за отстранување на киселината и распаднатите продукти) и беа сушени со компримиран воздух. Плакнењето беше изведувано во полиетиленска чаша. Поради големата токсичност на флуороводородната киселина и штетноста за околината, течноста од чашата беше третирана со прашок за неутрализација **IPS Ceramic Neutralizing powder** - Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein, составен од 20-50% калциум карбонат ( $\text{CaCO}_3$ ) и 20-50% натриум карбонат ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), во времетраење од 5 min (време потребно да се изврши неутрализацијата);

3. **S-група:** на керамичката површина беше нанесувано универзално средство за хемиско третирање на денталните материјали (во понатамошниот текст *средство за силанизирање*) - **Monobond Plus** (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) во тенок премаз, со четкичка за еднократна употреба. Според препораките на производителот, се оставаше да дејствува 60 секунди. Потоа површината беше сушена со воздушен млаз (за да се предизвика дополнително испарување на растворувачот);
4. **HF+S-група (целосна/комплетна процедура):** керамичката површина се нагризуваше со *флуороводородна киселина IPS Ceramic Etching Gel*, во времетраење предвидено за секоја керамика (наведено погоре). Потоа површината се плакнеше со силен млаз вода 60 секунди и се сушеше со компримиран воздух. На вака подготвената површина, со четкичка (за еднократна употреба) се нанесуваше тенок слој од средството за силанизирање (**Monobond Plus**), со време на дејствување од 60 секунди. Потоа површината се сушеше со нежен воздушен млаз.

По спроведените третмани на секое поле посебно, керамичката површина се премачкуваше со **Heliobond** (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) за подобрување на способноста на керамиката за натопување. Вишокот смола се отстрануваше со компримиран воздух. На тој начин се добиваше многу тенок слој на атхезивот над керамичката површина. Слојот од Heliobond не беше подложен на светлосна полимеризација.



А



Б



В

Сл. 19. Третман на керамичките површини:

- А) Нагризување на керамичките површини со флуороводородна киселина
- Б) Нанесување на керамички прајмер/средство за силанизација
- В) Нанесување на смола без полило



## Постапка на цементирање

По спроведувањето на третманите, две керамички плочки, кои беа третираны на ист начин (како слика во огледало), беа спојувани/цементирани меѓусебно со композитен цемент (Слика 20 А, Б). Дел од примероците беа спојувани со **Clearfil Esthetic Cement** (Kuraray Noritake, Okayama, Japan), дел со **Panavia SA Cement** (Kuraray Noritake, Tokyo, Japan). Цементирањето се изведуваше под постојан (вертикален) притисок од 1 kg, под прав агол на меѓуграничната површина (местото каде што третираните површини меѓусебно се спојуваат со цемент), во времетраење од 10 min. Вишокот од цемент се отстрануваше со четкичка за еднократна употреба.



А



Б



В

Сл. 20. А) и Б) Полимеризацијата на композитниот цемент (ги поврзува двете третираны керамички површини) се изведува под вертикален притисок од 1 kg  
 В) LED ламба за светлосна полимеризација Bluephase® 20i (Ivoclar Vivadent) и Bluephase power meter (Ivoclar Vivadent)

## Полимеризација на композитниот цемент

Полимеризацијата на композитниот цемент започнува уште со истиснувањето на двете пасти (база и катализатор) и нивното автоматско мешање во канулитите, а продолжува и по апликацијата на врзните површини и нивното спојување под притисок. При изведувањето на оваа фаза *in vitro*, заради симулирање на клиничките услови при цементирање на протетските реставрации со композитен цемент, на почетокот, во првите две минути цементот се остава да ја започне т.н. самополимеризирачка фаза – примарно врзување под влијание на амбиенталната светлина. На тој начин приближно се „покрива“ времето што во клиничката постапка е потребно за поставување на протетската реставрација на денталната основа/препарираниот заб во текот на процесот на цементирање. Потоа полимеризацијата продолжува со т.н. полимеризирачка светлина.

Светлосната полимеризација на композитниот цемент се изведуваше со повеќебранова LED ламба за полимеризација Bluephase® 20i (Ivoclar Vivadent), со интензитет на светлината од 1200 mW/cm<sup>2</sup> и бранова должина од 385-515 nm, во „high-power“ програма за полимеризација. LED ламбата енергетски се напојува од нејзината литиум-полимерна батерија, која се полни со поставување на ламбата врз нејзината база (Слика 20 В). За обезбедување на оптимална полимеризација, секоја страна на „сендвич“ блокот се осветлуваше 40 секунди, во пределот на спојот на керамичките плочки со композитниот цемент, паралелно со меѓуграничната површина. По 10 минути од оваа постапка, блокот се ослободуваше од притисокот и секоја од четирите страни на блокот беше дополнително осветлувана по 60 секунди. Вкупното време на



светлосната полимеризација на цементот на еден блок изнесуваше 400 секунди (4 површини x 100 секунди или приближно 7 минути).

Интензитетот на полимеризациската светлина се проверуваше по завршувањето на полимеризацијата на секој блок, со помош на апаратот Bluephase power meter (Ivoclar Vivadent); интензитетот на светлината никогаш не беше помал од 970 mW/cm<sup>2</sup>.

Вака подготвените керамички „сендвич“ блокови (вкупно 180 - по пет за секој основен третман за секоја керамика/композитен цемент) се чуваа во стаклени садови наполнети со дестилирана вода, во инкубатор, каде што температурата се одржуваше на 37°C, во текот на 24 часа.

#### **Подготовка на микростапчињата за спроведување на микрозатегнувачки тест за утврдување на јачината на врската - $\mu$ TBS**

Керамичките („сендвич“) блокови (Слика 21 А) беа фиксирани на специјално дизајнирани основи од плексиглас, а овие пак во прецизната машина за сечење, Accutom 50 (Слика 21 Б, В). Со дијамантскиот нож, со мала брзина и притисок (3000-4000 грм, 0.020-0.070 mm/s), под постојано ладење со вода, керамичките блокови беа сечени на пресеци, почнувајќи од горната површина на блокот, низ керамиката, вертикално на цементниот слој. Сечењето се изведуваше во длабочина до 1 mm од основата на блокот, што овозможуваше примероците да останат фиксирани за неа. Потоа керамичкото блокче (заедно со основата од плексиглас) беше ротирано за 90°, по што следувааше второто сечење, со цел добивање на микростапчиња со димензии 1.6 x 1.6 x 10 mm (атхезивна површина од околу 2.56 mm<sup>2</sup>).

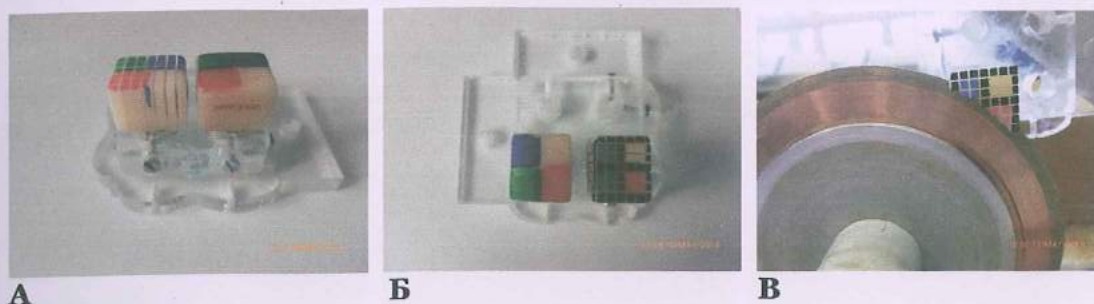


Сл. 21. А) „Сендвич“ блокови (по 5 за секој основен третман)  
 Б) Блокот (фиксиран на основа од плексиглас) е поставен во Accutom  
 В) Позиционирање и сечење на блокот со помош на дијамантско сечило монтирано во Accutom со цел добивање на микростапчиња

При појава на разделување на микростапчињата во ниво на цементниот слој во текот на сечењето, бројот на овие стапчиња беше забележан и земен предвид при статистичките операции за добивање на средните вредности на микрозатегнувачката сила на врзување -  $\mu$ TBS.

Надворешните микростапчиња, како и оние што беа блиску до двата засеци на керамичката површина (со можни дефекти во цементниот слој) беа исклучени, поради можноста да влијаат врз валидноста на резултатите. Само внатрешните микростапчиња беа земени предвид, така што од секој керамички блок беа обезбедувани по 16 микростапчиња - по четири за секој дополнителен третман (Слика 22 А, Б). Микростапчињата беа отсечени 1 mm од основата на керамичкото блокче со помош на дијамантското сечило монтирано во машина за прецизно сечење Isomet, Struers, Denmark (Слика 22 В).



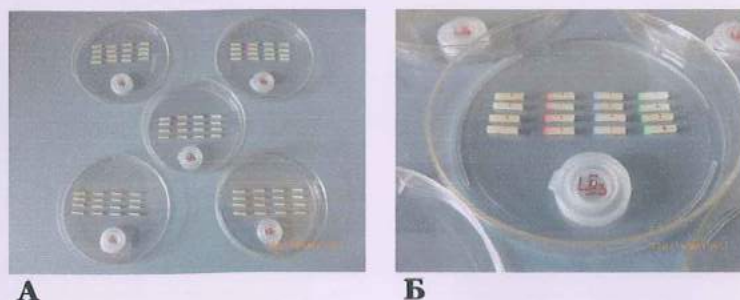


Сл. 22. А) Изглед на керамичките „сендвич“ блокчиња пред и по сечењето во Acutom  
Б) Обележување на експерименталните микростапчиња:

- без боја - не е спроведен дополнителен третман,
- **црвена** боја - дополнителниот третман се состои од нагризување со HF киселина
- **сина** боја - дополнителниот третман се состои од силанизирање на врзната површина со керамички прајмер
- **зелена** боја - по нагризувањето на керамичката површина со HF киселина, истата е силанизирана
- **црна** боја - обележани се микростапчињата што ќе бидат исфрлени од тамошните фази од експериментот поради можните дефекти во цементниот слој

В) Отсекување на микростапчињата од основата на керамичкото блокче со помош на дијамантското сечило монтирано во Isomet

Заради откривање на евентуалните недостатоци во цементниот слој, секое поединечно микростапче беше проверувано под стерео-микроскоп (Wild-Heerbrugg M5A, Switzerland). Истовремено, со маркер беше означуван цементниот слој (Слика 23), поради правилно поставување на микростапчето во машината за обликување на микропримероците - MicroSpecimen Former (University of Iowa, Iowa, USA).



Сл. 23. А) Добиените микростапчиња се обележани според дополнителниот третман и распределени во различни Петриеви шољи според блоковите од кои потекнуваат  
Б) Секое микростапче е обележано во ниво на меѓуграничната зона

### Обработка на микростапчињата – обликување во пределот на атхезивната зона

Со фин дијамантски цилиндричен борер (8882 314 014, Komet, Gebr. Brasseler, Lemgo, Germany) и под постојано ладење со воздушно-воден спреј, секое микростапче беше состружувано во ниво на цементниот слој сè додека не се добиеше цилиндрична (dumbbell shape) форма со дијаметар од околу 1.1 mm (Слика 24). Овој третман се спроведуваше со цел да се намали атхезивната зона за тестирање и отстранување на евентуалните дефекти (микрорупкнатини), кои



би се појавиле при сечењето на керамичките блокчиња за добивање на микро-стапчињата.

Обликувањето на микростапчињата во ниво на атхезивната зона беше изведувано со стандардна полуавтоматска процедура и компјутерските програми Allegra и Multipurpose National Instruments/LabView 6.



Сл. 24. А) Микростапчето монтирано на држач, со дијамантски борер се обликува во меѓуграничната регија со помош на MicroSpecimen Former  
Б) Микростапчињата добиваат изглед на тег по состружувањето во ниво на цементниот слој  
В) Стапчињата од секој блок се чуваат во стаклени шишенца исполнети со дестилирана вода

Дијаметарот на цементната зона на секое микростапче беше мерен со мултинаменски модуларен X-Y-Z микроскоп (Ernst Leitz Wetzlar, Germany), прецизен инструмент за мерење со точност од 0.001 mm.

#### Чување на микростапчињата пред спроведување на $\mu$ TBS- тестот

Микростапчињата од секој керамички блок посебно (обележани со различна боја зависно од спроведениот третман), беа ставани во стаклени шишенца наполнети со дестилирана вода (Слика 25) и складирани во инкубатор на 37°C, седум дена.



Сл. 25. Микропримероците се распределени во стаклени шишенца според типот на керамиката, основниот третман и типот на употребениот композитен цемент, од секое подготвено керамичко блокче одделно



Сл. 26. Подготвените примероци се распределуваат според времето на тестирање: бр.1 и бр.2 се тестираат седум дена по нивната подготовка, бр.3 и бр.4 се тестираат по неколку-месечно чување на примероците во водена бања

Потоа микростапчињата од секој блок/површински третман, по случаен избор, беа поделени во две подгрупи (Слика 26), зависно од спроведените третмани за стареење на материјалот. Тестирањето за одредување на микрозатегнувачката сила на врзување кај половина од примероците беше

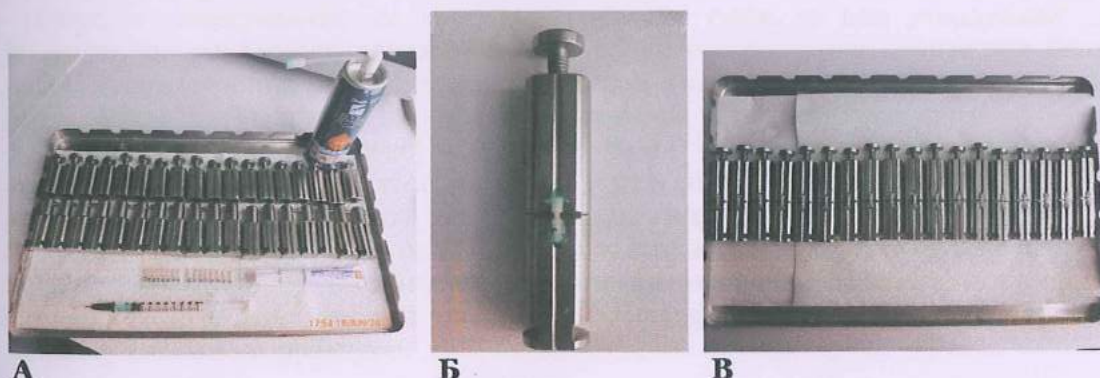


вршено по 7-дневно чување во дестилирана вода, а кај другата половина тестот беше спроведен по пет месеци за примероците цементиран со Clearfil Esthetic Cement, односно четири месеци за оние што беа цементиран со Panavia Self Adhesive Cement (освен кај IPS Empress CAD и IPS e.max CAD керамиките кои беа цементиран со Pan SAC и Celtra Duo за основниот третман CoJet).

Тестот беше спроведен кај микропримероци кои според типот на керамиката, спроведените третмани, типот на композитниот цемент и времето на стерење, формираа вкупно 256 групи.

#### 4.2.2. Тест за одредување на микрозатегнувачката сила на врзувањето - $\mu$ TBS

За спроведување на тестот за одредување на микрозатегнувачката сила на врзување, краевите на секое микростапче беа фиксирани во кивети специјално дизајнирани за спроведување на овој тест, со помош на цијано-акрилатен лепак Model Repair II Blue (Dentsply, Sankin, Japan). Микростапчето беше поставувано во вдлабнатина паралелна со надолжната оска на киветата, при што две од четирите страни на секое стапче беа во допир со киветата; цементниот слој беше во ниво на засекот поставен под прав агол на надолжната оска на киветата (Слика 27). На овој начин се минимизираше можноста за свиткување на микропримерокот во ниво на цементниот слој. Потоа киветата се фиксираше во универзалната машина за тестирање на материјали Lloyd (Lloyd Hampshire, UK) и се подложуваше на дејството на силата на затегнување со брзина од 1 mm/min сè додека не настане кршење на микростапчето, најчесто во ниво на цементниот слој (Слика 28).



Сл. 27. А) Специјално дизајнираните Biomат кивети служат за прицврстување на микропримероците за тестирање на јачината на керамичко-цементната врска

Б) и В) Секој микропримерок со помош на цијаноакрилатен лепак е прицврстен за киветата

Вредностите на јачината на применетите микрозатегнувачки сили потребни за кршење на микростапчињата беа добиени во њутни (N). За добивање реална претстава за јачината на керамичко-цементното врзување (во атхезивната зона), овие вредности беа конвертирани во мегапаскали (MPa)\* според следнава формула:

$$\text{MPa} = \text{N}/\text{mm}^2$$

\* Вредностите изразени во њутни (N) се делат со плоштината на врзната површина изразена во  $\text{mm}^2$ ; плоштината на меѓуграничната површина е пресметувана според формулата:  $P=r^2\pi$ .





Сл. 28. А) Киветата е поставена во носачот на универзалната машина за тестирање на материјали – Lloyd, за спроведување на  $\mu$ TBS тестот  
Б) и В) Графичко и нумеричко (N) претставување на јачината на тензионата сила потребна за кршење на микростапчињата

Доколку се случеше разделување на примерокот (во ниво на цементниот слој) пред тестирањето, вредноста за  $\mu$ TBS се забележуваше како нула и се вклучуваше во статистичката операција за добивање на средна вредност. Се забележуваа бројот на ваквите случаи и фазата (од подготвувањето на микростапчињата) во која се појавило разделувањето (ptf's - pre-test failures).

#### 4.2.3. Одредување на типот на фрактурата со стерео-микроскопија

По тестирањето на примероците во машината за тестирање на материјали - Lloyd и нанесувањето на микрозатегнувачки сили со цел утврдување на јачината на керамичко-цементното врзување, секој скршен примерок беше набљудуван (анализиран) со помош на стерео-микроскоп со зголемување до 50 пати (Wild M5A, Heerbrugg), со цел утврдување на типот на фрактурата.

Поради тоа што секој примерок беше изграден од две керамички микростапчиња (од ист тип керамика) чии површини беа третираны на идентичен начин, а потоа со помош на композитен цемент меѓусебно поврзани/цементирани, на секој примерок изграден од керамика/композитен цемент/керамика, се разликуваа две идентични меѓу-гранични површини. Според супстратите кои беа опфатени со фрактурата, беа идентификувани неколку типови на фрактури:

- **Атхезивна фрактура:** се јавува на керамичко-цементната меѓугранична површина, при што во едното фрактурно парче постои интактен цементен слој, а другото парче претставува интактна керамичка површина; овој тип фрактура во табелите е означен со кратенката **adh**.
- **Кохезивна фрактура во керамиката:** фрактурата се јавува исклучиво во керамичкиот материјал оддалечена од атхезивната зона; едното фрактурно парче се состои само од керамички материјал, а другото покрај керамиките ја содржи и атхезивната зона која е интактна; овој тип фрактура во табелите е означен со кратенката **coh cer**.
- **Мешовит тип фрактура:** оваа фрактура опфаќа неколку поттипови, при што секогаш е опфатена едната, а понекогаш и двете меѓугранични површини:
  - **мешовит тип – атхезивни фрактури и кохезивна фрактура во цементот:** фрактурата се јавува во композитниот цемент, но поради специфичната градба на примероците (постоење на керамички материјал од двете страни на цементниот слој), овој тип фрактура не може да се јави самостојно, туку секогаш е во



комбинација со атхезивен тип на фрактура; двете фрактурни парчиња содржат дел од композитниот цемент и дел од интактната керамичка површина, односно атхезивната зона; овој тип фрактура во табелите е означен со кратенката **adhx2, coh cem**;

- *мешовит тип - атхезивна фрактура и кохезивна фрактура во керамиката*: – овој тип се јавува кога фрактурата започнува од меѓуграничната површина и се протега кон едното керамичко стапче, при што, едното фрактурно парче се состои исклучиво од керамика (на која и недостига дел), а другото фрактурно парче се состои од дел од фрактурираниот керамички материјал што припаѓа на првото стапче, интактен цементен слој и другото керамичко стапче кое е целосно; овој тип фрактура во табелите е означен со кратенката **adh, coh cer**;

- *мешовит тип – атхезивни фрактури, кохезивна фрактура во цементот, кохезивна фрактура во керамиката* – доколку горе наведената фрактура опфати кохезивна фрактура и во цементниот слој се јавуваат фрактурни парчиња со следниот состав: фрактурната површина на едното (интактно керамичко) парче се состои од интактна керамичка површина, дел атхезивна зона, дел од композитниот цемент како и дел од фрактуриран керамички материјал што припаѓа на другото керамичко стапче; додека кај другото фрактурно парче на кое му недостига дел од керамиката се забележува дел од композитниот цемент и дел атхезивна зона; овој тип фрактура во табелите е означен со кратенката **adhx2, coh cem, coh cer**;

- *мешовит тип – атхезивни фрактури, кохезивна фрактура во цементот, кохезивни фрактури во керамиките*: - кога фрактурата се јавува во атхезивната зона опфаќајќи ги двете меѓугранични површини, композитниот цемент и двете керамички стапчиња, тогаш се јавува најсложениот тип на фрактура; обете фрактурни парчиња се состојат од фрактурирано керамичко стапче (на кое му недостига дел), атхезивна зона, дел од композитниот цемент, како и дел –керамички фрагмент што му припаѓа на другото керамичко стапче; овој тип фрактура во табелите е означен со кратенката **adhx2, coh cem, coh cerx2**.

#### 4.2.4. Скенирачка електронска микроскопија (SEM)

##### Подготовка на керамички примероци за SEM – анализа на морфологијата на фрактурните површини

Репрезентативните примероци, кои покажуваа најчесто пројавуван тип фрактура при одреден третман, беа подготвувани за снимање со помош на скенирачка електронска микроскопија – Scanning Electron Microscopy (JSM 6610LV, Jeol). Примероците беа внимателно отстранувани од киветите (во кои беа фиксирани за изведување на микрозатегнувачкиот тест), површината внимателно исчистена со 96% алкохол и фиксирани на соодветни држачи. Потоа, фрактурните површини во присуство на аргон беа обложувани со слој од злато и снимани со помош на SEM.

## Подготовка на керамички примероци за SEM – анализа на морфологијата на керамичките површини по спроведувањето различни третмани

Скенирачката електронска микроскопија се користеше за утврдување на морфолошките промени на керамичките површини, настанати како резултат на спроведените (различни) третмани. За таа цел, со дијамантскиот нож монтиран во апарат за прецизно сечење Acutom, од едно керамичко блокче (за секоја керамика посебно), беа подготвувани по 14 микростапчиња, кај кои беа изведувани различни третмани на керамичката површина, како што следува:

1. Површината не беше подложена на каков било третман (се анализираше веднаш по сечењето со дијамантското сечило);
2. Површината се обработуваше со силициум карбидна хартија со грубост од 320#;
3. Површината се обработуваше со силициум карбидна хартија со грубост од 600#;
4. По спроведената обработка со силициум карбидна хартија со грубост од 600#, керамичката површина се третираше со флуороводородна киселина за временски период пропишан од производителот;
5. По спроведената обработка со силициум карбидна хартија со грубост од 600#, на керамичката површина се наносуваше средство за силанизирање – Monobond Plus, кое се оставаше да дејствува 60 секунди;
6. По спроведената обработка со силициум карбидна хартија со грубост од 600#, керамичката површина се третираше со флуороводородна киселина за временски период пропишан од производителот и по обилното плакнење со вода, се силанизираше со Monobond Plus во времетраење од 60 секунди;
7. По спроведената обработка со силициум карбидна хартија со грубост од 600#, површината се пескареше со зрна од алуминиум оксид;
8. По спроведената обработка со силициум карбидна хартија со грубост од 600# и песарење со зрна од алуминиум оксид, керамичката површина се третираше со флуороводородна киселина за временски период пропишан од производителот;
9. По спроведената обработка со силициум карбидна хартија со грубост од 600# и песарење со зрна од алуминиум оксид, на керамичката површина се наносуваше средство за силанизирање – Monobond Plus, кое се оставаше да дејствува 60 секунди;
10. По спроведената обработка со силициум карбидна хартија со грубост од 600# и песарење со зрна од алуминиум оксид, керамичката површина се третираше со флуороводородна киселина за временски период пропишан од производителот и по обилното плакнење со вода, се силанизираше со Monobond Plus во времетраење од 60 секунди;
11. По спроведената обработка со силициум карбидна хартија со грубост од 600#, површината се силикатизираше – се третираше со CoJet;
12. По спроведената обработка со силициум карбидна хартија со грубост од 600# и силикатизирање со CoJet, керамичката површина се третираше со флуороводородна киселина за временски период пропишан од производителот;
13. По спроведената обработка со силициум карбидна хартија со грубост од 600# и силикатизирање со CoJet, на керамичката површина се наносуваше средство за силанизирање – Monobond Plus, кое се оставаше да дејствува 60 секунди;
14. По спроведената обработка со силициум карбидна хартија со грубост од 600# и силикатизирање со CoJet, керамичката површина се третираше со флуороводородна киселина за временски период пропишан од



производителот и по обилното плакнење со вода, се силанизираше со Monobond Plus, во времетраење од 60 секунди.

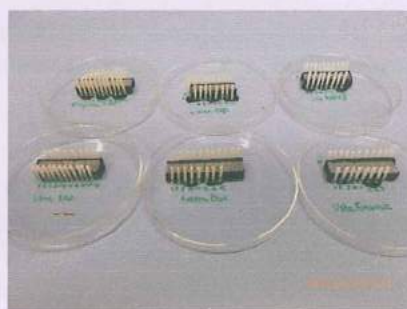
### Подготовка на керамички примероци за SEM – анализа на морфологијата на керамичките површини по нивното третирање со флуороводородна киселина со различно време на дејствување

За утврдување на влијанието на времетраењето на нагризување со флуороводородна киселина врз морфологијата на керамичката површина, подготвени се дополнителни примероци, по 5 за секоја керамика, кај кои е изведена:

1. Обработка на керамичката површина со силициум карбидна хартија со грубост од 600# и третман со флуороводородна киселина во времетраење од **20** секунди.
2. Обработка на керамичката површина со силициум карбидна хартија со грубост од 600# и третман со флуороводородна киселина во времетраење од **30** секунди.
3. Обработка на керамичката површина со силициум карбидна хартија со грубост од 600# и третман со флуороводородна киселина во времетраење од **60** секунди.
4. Обработка на керамичката површина со силициум карбидна хартија со грубост од 600# и третман со флуороводородна киселина во времетраење од **90** секунди.
5. Обработка на керамичката површина со силициум карбидна хартија со грубост од 600# и третман со флуороводородна киселина во времетраење од **120** секунди.



А



Б

- Сл. 28. А) Стапчиња (подготвени од едно блокче) со различен третман на керамичката површина  
 Б) Стапчиња од испитуваните керамики подготвените за SEM-проследување на морфолошките промени на врзните површини (по различни третмани)

За SEM-анализа на морфолошките промени на керамичките површини настанати по спроведените третмани, за секоја керамика се подготвени по 19 стапчиња или вкупно 114 стапчиња (Слика 28) за сите 6 типови керамики.

#### 4.2.5. Одредување на просечното губење на керамичкиот материјал по спроведувањето на одредени третмани

Просечната маса на изгубениот материјал, како резултат на третирање на керамичките површини – пескарење со алуминиум оксидни зрна или силикатизација со CoJet, се одредуваше гравиметриски. Третирањето се изведуваше под притисок од 2.8 МПа, во времетраење од 30 секунди, вертикално и на оддалеченост од 10 mm од површината што се третираше.



Тежината на керамичките пресеци се мереше пред и по нивното третирање. За таа цел се користеше прецизна вага за мерење (со прецизност од 0.0001 g), модел AB-304-S Mettler Toledo, Switzerland (Слика 29).



Сл. 29. Мерење на масата на керамичките пресеци со прецизна вага за мерење пред и по основните третмани (пескарење и силикатизирање) на керамичката површина

#### 4.2.6. Фурие – трансформирачка инфрацрвена спектроскопија FTIR

Со помош на Фурие – трансформирачка инфрацрвена спектроскопија може да се утврди степенот на полимеризираност на композитните цемента. За таа цел беа подготвени 4 примероци – по два за секој цемент, од кои едните беа оставени да се полимеризираат на амбиентална светлина, а другите беа полимеризирани со ламба за светлосна полимеризација PolyLux II, CE, KAVO во времетраење од 80 s. Спектрите беа снимени и обработени во SPC формат.

#### 4.2.7. Статистичка обработка

Вредностите за анализираните параметри беа внесувани во компјутерски работни листови, а податоците обработени со помош на софтверска статистичка програма. Во статистичката обработка на податоците, одредувани се: средна вредност, стандардна девијација, стандардна грешка, one-way ANOVA за независни групи, Tukey HSD-тест (Honestly Significant Difference) за значајност на разликите и Студентов t-тест за значајност на разликите помеѓу независни примероци.

За анализа на податоците добиени за јачината на врските остварени помеѓу керамиките и испитуваниот композитен цемент (за сите третмани) беше користена one-way ANOVA за независни групи, а за да се утврдат значајните разлики помеѓу дополнителните третмани за секој основен третман одделно (за секоја керамика и композитен цемент), беше користен Tukey HSD-тест за значајност на разликите. За утврдување на влијанието на 10-MDP мономерот во хемискиот состав на композитниот цемент, врз јачината на керамичко-цементната врска, за сите третмани поединечно, беше користен Студентов t-тест за независни примероци.

#### 4.3. ПРИЛОГ КОН МАТЕРИЈАЛОТ И МЕТОДОТ – дополнителни факти и сознанија

##### Избор на керамички материјал

Од различните керамички материјали што денес ги нуди денталната индустрија, ова истражување опфати 6 керамики, меѓу кои: IPS Empress CAD, IPS e.max CAD и Vitablocks Mark II, со квалитет потврден во многу клинички студии. Другите три керамики: Lava Ultimate CAD/CAM Restorative, Vita Enamic и Celtra Duo (промовирани кон крајот на 2011 год. и во јануари и март 2013 год.) се избрани поради нивниот специфичен состав и трендот во денталната индустрија за иновации (хибридни и нано материјали). Керамиките беа набавени од производителите во форма (блокови) погодна за машинска обработка и изработка на реставрации користејќи CAD/CAM технологија. Керамичките блокови се со подобрени механички карактеристики и стандарден квалитет на материјалот, кои не би можеле да се постигнат при користење на конвенционалните процедури за изработка на реставрации во техничките лаборатории. Прецизно контролираните процеси при производството на блоковите создаваат материјали со поголема микроструктурна хомогеност и густина, помала порозност и намален резидуален стрес [163].

Користејќи токму вакви блокови во истражувањето, беше исклучена можноста за негативно влијание на (не)квалитетот на материјалот врз истражувачките резултати.

##### Избор на композитен цемент

Од големиот број композитни цемента што им се нудат на практичарите, изборот се сведе на два материјала: Clearfil Esthetic Cement и Panavia SA Cement, обата произведени од фирмата - Kuraray Dental, со многу сличен хемиски состав и процентуална застапеност на конституентите, со што е исклучено влијанието на различната тежинска застапеност на исти хемиски соединенија. Причината за избор токму на овие два цемента е во нивниот сличен хемиски состав; се разликуваат само по присуството на 10-MDP мономерот во Panavia SA Cement што дава можност (споредувајќи го ефектот од двата цемента), всушност, да се востанови влијанието на овој мономер врз јачината на врзување на композитниот цемент за керамичкиот супстрат.

Двата цемента беа набавени (од производителот) во пакување од две пасти – база и катализатор, со специјални канули за нивно мешање, со што се гарантира квалитетот на замешаниот цемент. Вака подготвениот композитен цемент се состои од еднаква количина од двете пасти и не содржи воздушни меурчиња, кои можат да се појават при рачното мешање на пастите.

##### Стандардизација на морфологијата на керамичката површина

Обработката на керамичките површини (пресеци), пред да започне нивното третирање, се изведуваше со силициум-карбидна (SiC) абразивна хартија со грубост од 320 и 600# (35  $\mu\text{m}$  и 14  $\mu\text{m}$ ), следејќи ги препораките од ASTM (1995)\*. Оваа постапка се спроведува заради стандардизација на морфологијата на керамичките површини. Полирање до висок сјај не се изведуваше, со цел да се имитираат клиничките постапки за изработка на керамички реставрации: по обработката на керамичкиот блок во CAM-единицата, внатрешната површина на добиената керамичка реставрација не е полирана, а како процедура, не се изведува дополнително.

\* American Society for Testing and Materials - ASTM C 1273: standard test method for tensile strength of monolithic advanced ceramics at ambient temperature. Philadelphia, PA, 1995

## Пескарење со зрна на $Al_2O_3$ Силикатизација

За пескарење на врзните (керамички) површини, денталната индустрија нуди песок од алуминиум оксид ( $Al_2O_3$ ) со различна големина на зрната – од 27, 50, 100 и 110  $\mu m$ . При спроведувањето на овој експеримент, пескарењето на керамичките површини се изведуваа со алуминиум оксидни зрна со големина од 27  $\mu m$ . Спроведените пилот-испитувања не покажаа значајна разлика во јачината на врска помеѓу керамичките што беа пескарени со алуминиум оксиден песок со големина на зрната од 27 и 50  $\mu m$ .

Пескарењето на керамичката површина со  $Al_2O_3$  со големина на зрната од 50  $\mu m$ , обезбедува значајно поголема сила на врзување за композитниот цемент во споредба со керамичките што се пескарени со 100  $\mu m$   $Al_2O_3$  [164,165]. Пескарење со големина на зрната од 100 или 110  $\mu m$ , вообичаено се користи за отстранување на масата за вложување која се наоѓа околу керамичкиот објект, кога при изработката на реставрацијата се користи техниката на пресување. Доколку пескарењето на внатрешната површина на керамичките реставрации (како нивна подготовка за атхезивно цементирање) се изведе со оваа големина на зрна, ќе дојде до непотребно губење на материјалот/керамиката, без да се добие позитивен ефект во смисла на подобрување на јачината на врска со композитниот цемент. Набљудувањето на микроструктурата на третираната керамичка површина со SEM, открива широки и плитки вдлабнувања кои се неподобни за ретенција на атхезивот.

Со оглед на фактот што за силикатизација на керамичките површини се користеше песок со големина на зрната од 30  $\mu m$ , логично беше за пескарење со алуминиум оксид да се избере големина на зрната од 27  $\mu m$ . На овој начин, со споредување на вредностите за јачината на врска за исти дополнителни третмани, може да се стекне сознание (заклучок) за улогата на силикатизацијата во јачината на остварената врска. Механичкиот ефект од пескарењето и од силикатизацијата ќе биде сличен (поради сличната големина на зрната), но при силикатизацијата се очекува дополнителен хемиски ефект од вградениот силициум диоксид на површината на третираната керамика.

## Избор на средства за дополнителни третмани

Средствата (киселина за нагризување, средство за хемиска подготовка на керамичката површина – керамички прајмер, атхезив) со кои се изведуваа дополнителните третмани се од ист производител, сметајќи на компатибилноста помеѓу материјалите; на значењето на овој момент укажуваат и самите производители.

## Киселина за нагризување

Во ова истражување беше користен IPS Ceramic Etching Gel (5% HF - флуороводородна киселина). Денталната индустрија нуди и други киселини, но испитувањата покажале дека со нив не се постигнува потребната ретентивна микроморфологија на керамичката површина, што (негативно) влијае врз јачината на врзување за композитните цемента. Концентрацијата на применетата киселина (5%) е препорачана од производителите на сите керамички материјали што се испитувани. Исклучок е 3M ESPE, кој воопшто не препорачува ваков третман на својата нано керамика – Lava Ultimate CAD/CAM Restorative, со објаснување дека аплицирањето на киселината нема да предизвика никаква промена на површината. Сепак, заради потребата од споредување на резултатите добиени за различни керамики и различни третмани, нагризувањето со киселина беше вклучено и кај оваа керамика.



## Средства за хемиска подготовка на керамичката површина - ceramic primer

**Monobond Plus** е релативно ново средство за хемиска подготовка на керамичките површини, кое производителот го нуди како замена за Monobond S, кој веќе не се произведува. Предноста на ова средство произлегува од неговиот хемиски состав и од можноста за третирање не само на силикатните (стаклести) керамики туку и на т.н. појачани керамики (во конкретниот случај, тоа се Lava Ultimate CAD/CAM Restorative и Celtra Duo – и обете во својот состав содржат извесна количина на циркониум оксид).

**Heliobond** е атхезив што со години успешно се користи како универзално средство, кое треба да помогне во градењето на врската помеѓу забните структури и реставративните композитни материјали или композитни цемента. Малата вискозност овозможува лесно продирање во забните структури, но и во микропорозностите на површината на третираните керамички реставрации. Од големиот број постојни атхезиви на денталниот пазар, Heliobond-от беше одбран поради својот хемиски состав (Bis-GMA и TEGDMA), компатибилен со употребените композитни цемента и полимерната матрица на Vita Enamic, но и поради фактот што не содржи полнило, така што претставува „неутрален“ атхезив, што овозможува влијанието на композитните цемента врз јачината на врската да преовладува, односно да биде соодветно проценето.

## Избор на модел: керамика-керамика

Изборот на соодветен модел при изработката на експерименталните примероци има значајна улога врз јачината на врзување. При цементирање на една керамичка реставрација за забните структури, треба да се земат предвид две меѓугранични површини: дентин/атхезив и керамика/цемент. Јачината на врската и на двете меѓугранични површини треба да биде оптимизирана, бидејќи онаа со помала јачина ќе ја одреди крајната јачина на врзување на цементираната реставрација [166]. Значи, двете имаат свое учество/влијание врз целокупната јачина на остварената врска. Со оглед на фактот што дентинската површина може да има одредени, неочекувани микроструктурни варијации, кои може да доведат до одредени девијации на резултатите и нивно погрешно толкување [167], во оваа студија не беше користен дентински супстрат за спроведување на испитувањето. За евалуација на ефектот на третманот на керамичката површина врз јачината на поврзување со композитниот цемент, беа изработени примероци составени од две меѓусебно споени керамички плочки [53,168]. Во голем број други студии [4,7,44,87], силата на врзување е испитувана користејќи композитен реставративен материјал, како материјал за надградба на третираната керамичка површина. На овој начин, се симулира интраоралната репарација на фрактурирана керамичка реставрација, при што врз силата на врзување влијание ќе има стресот кој настанува како резултат на полимеризациската контракција на композитниот материјал [168]. Во оваа студија, од интерес беше единствено врската помеѓу керамичката површина и композитниот цемент, со исклучување на влијанија што би ги компромитирале добиените резултати.

Методологијата применета за евалуација на јачината на врзување помеѓу два различни супстрати е еден од базичните аспекти со кој се гарантира валидноста на едно истражување. Различни фактори имаат влијание врз јачината на врзување, како што се: процедурата на сечење за добивање на експерименталните примероци [155], различната структура на супстратите [169], карактеристиките на материјалите [170], применетите атхезивни системи [171] и варијациите во работата помеѓу различни оператори што го спроведуваат експериментот [172].

Стандардизацијата на експерименталните услови и начинот на тестирање на силата на врзување се тема на обработка во многу трудови, како важни фактори при толкувањето и споредувањето на резултатите што се добиваат при различни истражувања.

### **Избор на тест за одредување на јачината на врската Избор на форма на микропримероци**

И покрај тоа што порано најчесто користен тест за испитување на силата на врзување бил тестот на смолкнување, неговата ефикасност е доведена во прашање поради фактот што овој тест не секогаш стресот го генерира во зоната на меѓуграничната површина [153]. И предложениот тензионен тест што користи макропримероци (Sano, 1995) дал голем број кохезивни фрактури [154]. Утврдено е дека помалите примероци содржат помал број внатрешни дефекти, што овозможува похомогена дистрибуција на стресот, а со тоа и повисоки вредности за силата на врзување и поголем процент на атхезивен тип фрактури. Од друга страна, процедурата на стареење спроведена на стапчиња, а не на цели блокови, овозможува симулирање на рабовите на реставрациите што се директно експонирани на условите за стареење во оралната средина. Апсорпцијата на вода во внатрешните делови на примероците многу полесно ќе се одвива ако тие се со мали димензии/микростапчиња [173].

Поради горенаведеното, за испитување на силата на врзување помеѓу керамичките површини и композитните цемента, беше избран  $\mu$ TBS-тестот. Примероците беа добивани со сечење на подготвените блокови со помош на прецизна машина за сечење и дијамантско сечило, со мала брзина и под постојано водено ладење [155]. Вака добиените микростапчиња беа со димензии на пресек од  $1.6 \times 1.6 \text{ mm}$  следејќи ги упатствата на Bouillaguet (2001), кој потврдил дека димензии помали од  $1.5 \text{ mm}$  негативно влијаат врз способноста на примероците да ја „преживеат“ процедурата на состружување во ниво на атхезивната зона [158]. Phrukkanon и сор. препорачуваат напречниот пресек на атхезивната зона никогаш да не биде помал од  $1.1 \text{ mm}^2$  [159]. Овие автори утврдиле дека кај примероците што имаат стапчеста форма со квадратен облик на меѓуграничната површина многу често се јавуваат кохезивни фрактури, поради нехомогената дистрибуција на стресот. Оваа појава не ја забележале кај примероците со цилиндрична форма на атхезивната зона (форма на тег) и кружен пресек на сврзната површина [174]. При спроведување на методот за намалување на пречникот на атхезивната зона, поголем стрес се јавува кај примероците што добиваат форма на песочен часовник [145], а е забележана и нехомогена дистрибуција на силите при спроведување на  $\mu$ TBS-тестот. Овие наоди на Phrukkanon (1998) и Ghassemieh (2007) беа повод микростапчињата користени за изведување на експериментот во оваа студија да бидат подготвувани во форма на тег и со кружен пресек во ниво на атхезивната регија.

### **Брзина на дејствување на силата при изведување на $\mu$ TBS-тестот**

При утврдување на јачината на врската помеѓу два супстрата, преку тестирање на микрозатегнувачката сила ( $\mu$ TBS) во универзалните машини за испитување на материјали (пр. Lloyd), заради поуниформно распределување на стресот, се препорачува брзина од  $1 \text{ mm/min}$  (Armstrong, 2010; Roeder, 2011).

## Предвременно раздвојување на супстратите, кохезивни фрактури

Некои статистички прашања поврзани со третманот на вредностите добиени при спроведувањето на микрозатегнувачкиот тест сè уште остануваат нерешени [176]. Првото прашање е дали предвремените раздвојувања (pre-test failure's - ptf's), при статистичките калкулации, треба да бидат земени предвид како „нула“ вредност за јачината на врска. Прашањето е многу важно, бидејќи вметнувањето или исклучувањето на „нула“ вредностите може во значајна мера да влијае врз вредностите на централната тенденција, како и врз средната вредност и стандардната девијација. Вклучувањето на предвремените раздвојувања како вредност „0“ (нула), исто така, може да влијае врз распределбата на вредностите, преку менување од „нормална“ Гаузова распределба во „девијантна“. Последново го ограничува користењето на параметарската статистика за верифицирање на значајноста на разликите помеѓу експерименталните групи [177]. Како и да е, високата фреквенција на предвременно раздвојување примероци логички сугерира поголема осетливост на врска. Под овие услови, ако калкулациите се базираат единствено врз примероците што ја „преживеале“ подготовката, карактеристиките на одреден атхезивен систем ќе бидат преценети. Вреднувањето на предвременно раздвојување примероци со вредност поголема од „нула“ има смисла ако се земе предвид дека сепак е потребна извесна сила – стрес за да се предизвика кршење на примерокот во текот на неговата подготовка [177].

Слично прашање може да се постави и во врска со примероците кај кои се појавил кохезивен тип на фрактура кај испитуваните супстрати. Дали овие вредности треба да се отфрлат или треба да се прифатат како вредности поголеми од највисоката вредност [176]. Според Armstrong (2010), ако фрактурата се јави на друго место а не во атхезивната зона, вредностите треба да се прифатат, иако се претпоставува дека се пониски од реалните вредности за јачината на врзување; според овој автор, нивното исклучување од пресметката нема да биде правилно [149].

При статистичката обработка на резултатите добиени од спроведените експерименти како дел од овој докторски труд, предвремените дебондирања беа означени и вклучени во калкулациите како вредност „0“ (нула), без разлика на етапата/фазите од подготовката на примероците кога тие се појавиле (сечење на подготвените блокови во Acutom, сечење – одвојување на микростапчињата од нивната основа со помош на Isomet, состружување на микростапчињата на ниво на атхезивната зона со помош на MicroSpecimen former, подготовка и нивно фиксирање во киветите-носачи за мерење на  $\mu$ TBS- тестот или спонтано разделување во текот на чувањето на микропримероците во водена бања). Очигледно е дека разделувањето се јавило под дејство на одреден стрес – сили и вибрации што се генерирале при спроведувањето на постапките. Пред спроведувањето на различните методи за подготовка на микропримероците, супстратите биле меѓусебно поврзани со одредена јачина на врска, но не постои статистички валиден начин за математичко вреднување на оваа врска пред нивното разделување.

Што се однесува до кохезивните фрактури, прифатени се истите вредности што беа добиени при спроведување на тестот. Сепак, се претпоставува дека јачината на врска во атхезивната зона е поголема од онаа што е добиена.

## Тип на фрактури - стерео микроскопија

Евалуацијата на силата на врзување помеѓу два материјала мора да биде проследена со анализа на фрактурната површина (failure mode analysis) на примероците, што помага во одбегнувањето неадекватна интерпретација на



атхезивното однесување на материјалите и носење неточни заклучоци [155]. Стерео микроскопијата помага при детерминирање на типот на фрактурата.

Разликувани се следните типови на фрактури:

- *атхезивна фрактура* – фрактурата се јавува на меѓуграничната површина помеѓу два супстрата, чии површини остануваат интактни; тоа значи дека кохезивните сили што ги врзуваат атомите и молекулите во самиот супстрат градејќи една целина, се појаки од атхезивните сили со кои атомите и молекулите од двата супстрата се поврзуваат меѓусебно;
- *кохезивна фрактура* – фрактурата се јавува во самиот супстрат, што значи дека кохезивните сили со кои атомите и молекулите се привлекуваат градејќи една целина, не се доволно јаки за да го одржат интегритетот на супстратот. Според супстратите од кои се составени експерименталните примероци за ова испитување, кохезивните фрактури се јавуваат како:
  - *кохезивна фрактура во цементот* (фрактурата се јавува во композитниот цемент) и
  - *кохезивна фрактура во керамиката* (фрактурата се јавува исклучиво во керамичкиот материјал, оддалечена од цементниот слој).
- *мешовит тип фрактура* – претставува комбинација од атхезивен и кохезивен тип фрактура.

### Тип на фрактура - скенирачката електронска микроскопија (SEM)

Најпрецизна метода за утврдување на површинската морфологија на материјалите е скенирачката електронска микроскопија (SEM). Овој метод може да се користи за прецизна анализа на фрактурните површини, како дополнување на наодите добиени со користење на светлосната микроскопија. Разликите во јачината на врзување може да се објаснат со разликите во морфологијата на керамичките површини што биле подложени на различни третмани. Токму поради ова, секое истражување од овој тип кое тежнее да биде релевантно и целосно, треба да вклучи и анализа на третираните површини употребувајќи ја оваа метода.

## 5. РЕЗУЛТАТИ

Резултатите презентирани во оваа докторска дисертација се добиени преку истражувања-експерименти реализирани во референтната лабораторија за испитување на дентални материјали **BIOMAT - Leuven Research Cluster**, оддел на Стоматолошкиот факултет при Католичкиот универзитет **KU Leuven**, во Лувен, Белгија; раководител проф. д-р **Bart Van Meerbeek**.

Средните вредности на јачината на керамичко-цементното врзување помеѓу различните керамики и цемента по 7-дневно складирање во водена бања, како и статистичката значајност на разликите се претставени табеларно и графички (табели 1-24; графикони 1-6).

Средните вредности на јачината на врзување помеѓу различните керамики и цемента по различен период на складирање во водена бања, улогата на лабораториското стареење на материјалите врз јачината на керамичко-цементното врзување, како и статистичката значајност на разликите се претставени на табелите 25-44 и графиконите 7-16.

На табелите 45-66 е прикажан типот на фрактура на микропримероците по спроведувањето на микрозатегнувачкиот тест помеѓу различните керамики и испитуваните цемента.

Просечното губење на керамичкиот материјал по пескарењето и силикатизирањето на керамичките површини е прикажано на табела 67.

Спектрите од примероците подготвени од композитните цемента со различен начин на полимеризација добиени со помош на FTIR, се претставени на сликите 30-34. Асигнацијата на некои од карактеристичните ленти кои се среќнуваат во спектрите на наведените композитни цемента е прикажана во табелата 68.

Промените во морфологијата на керамичките површини по различните третмани се прикажани на SEM микрофотографиите 35-40.

Фрактурните површини на некои керамички примероци по изведувањето на  $\mu$ TBS тестот снимени со скенинг електронска микроскопија се прикажани на сликите 41-44.

Сликите прикажани во поглавјето Материјал и Метод се снимени во тек на изведувањето на експериментот, а заедно со SEM микрофотографиите се снимени во лабораториите на BIOMAT, Стоматолошки факултет, Лувен, Белгија.

Испитувањата на композитните цемента изведени со помош на FTIR се спроведени во Институтот за јавно здравје на Р. Македонија, референтна лабораторија за испитување и контрола на лекови, Скопје, Р. Македонија.

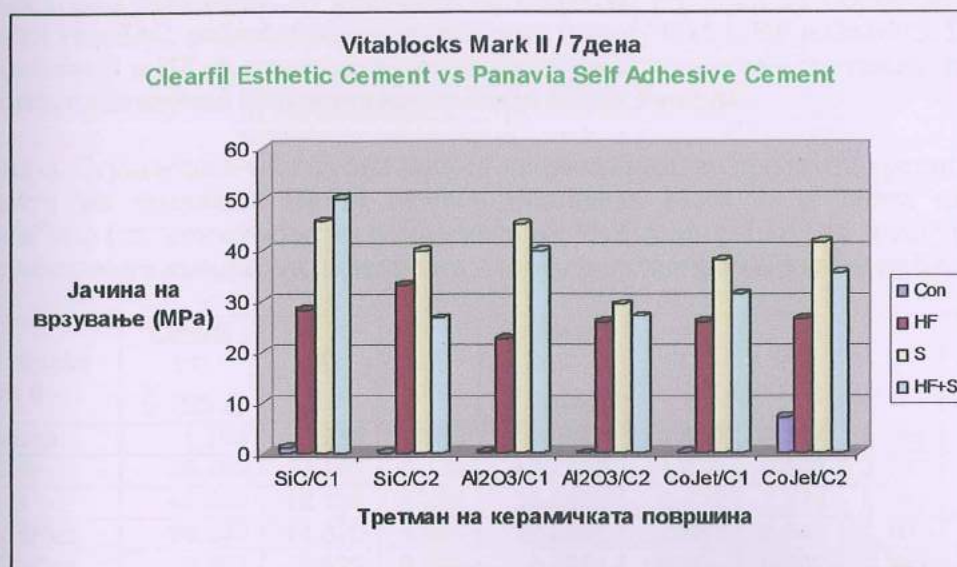
Кратенки употребени во табелите каде е претставен Tukey HSD-тестот за значајност на разликите во јачината на врзувањето помеѓу керамиките и композитните цемента:

- SiC - силициум карбидна хартија
- Sb - пескарење со алуминиум оксидни зрна
- CJ - пескарење со алуминиум оксидни зрна обложени со силициум диоксид - CoJet
- Cn - контролна група
- HF - нагизување со флуороводородна киселина
- S - нанесување на силан/керамички прајмер
- HF+S - нагизување со HF киселина проследено со силанизирање
- n/s - не сигнификантно.

Табела 1. Средни вредности на јачината на врзување (МПа) помеѓу Vitablocks Mark II и двата цемента (споредбено) за различни третмани на керамичката површина по 7-дневно складирање во водена бања

| Vitablocks Mark II / 7 дена:<br>Clearfil Esthetic Cement vs Panavia Self Adhesive Cement |         |         |                                    |                                    |          |          |
|------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|------------------------------------|------------------------------------|----------|----------|
|                                                                                          | SiC /C1 | SiC/C2  | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /C1 | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /C2 | CoJet/C1 | CoJet/C2 |
| Con                                                                                      | 1.1629  | 0.2658  | 0.2908                             | 0.0000                             | 0.1357   | 7.0857   |
| HF                                                                                       | 28.1858 | 33.2229 | 22.4335                            | 25.8548                            | 25.9066  | 26.4712  |
| S                                                                                        | 45.6801 | 39.9563 | 45.0740                            | 29.3452                            | 37.9671  | 41.5582  |
| HF+S                                                                                     | 50.2021 | 26.6688 | 39.9018                            | 26.9689                            | 31.3488  | 35.3834  |

Од прикажаните резултати за јачината на врзување помеѓу керамичката Vitablocks Mark II и двата композитни цемента (табела 1 и графикон 1) се воочува дека, поради предвременото разделување на поголем број од примероците, кај контролната група се забележуваат екстремно ниски вредности за сите основни третмани, за двата цемента, освен за третманот што опфаќа силикатизација кога цементирањето се изведува со Pan SAC (7.09MPa). Највисока вредност на јачината на врзување со Clearfil Esthetic Cement се забележува кај SiC/HF+S (50.20 MPa), а со Panavia SA Cement - кај третманот CoJet/S (41.56 MPa).



Графикон 1. Средни вредности на јачината на врзување (МПа) помеѓу Vitablocks Mark II и двата цемента (споредбено) за различни третмани на керамичката површина по 7-дневно складирање во водена бања



Табела 2. Tukey HSD-тест за значајност на разликите во јачината на врзувањето помеѓу Vitablocks Mark II и Clearfil Esthetic Cement по 7-дневно складирање во водена бања, помеѓу дополнителните третмани за секој основен третман одделно

| SiC | HF    | S     | HF+S  | Sb | HF    | S     | HF+S  | CJ | HF    | S     | HF+S  |
|-----|-------|-------|-------|----|-------|-------|-------|----|-------|-------|-------|
| Cn  | P<.01 | P<.01 | P<.01 | Cn | P<.01 | P<.01 | P<.01 | Cn | P<.01 | P<.01 | P<.01 |
| HF  |       | P<.01 | P<.01 | HF |       | P<.01 | P<.01 | HF |       | P<.01 | n/s   |
| S   |       |       | n/s   | S  |       |       | n/s   | S  |       |       | n/s   |

Табела 3. Tukey HSD-тест за значајност на разликите во јачината на врзувањето помеѓу Vitablocks Mark II и Panavia Self Adhesive Cement по 7-дневно складирање во водена бања, помеѓу дополнителните третмани за секој основен третман одделно

| SiC | HF    | S     | HF+S  | Sb | HF    | S     | HF+S  | CJ | HF    | S     | HF+S  |
|-----|-------|-------|-------|----|-------|-------|-------|----|-------|-------|-------|
| Cn  | P<.01 | P<.01 | P<.01 | Cn | P<.01 | P<.01 | P<.01 | Cn | P<.01 | P<.01 | P<.01 |
| HF  |       | n/s   | n/s   | HF |       | n/s   | n/s   | HF |       | P<.01 | n/s   |
| S   |       |       | P<.01 | S  |       |       | n/s   | S  |       |       | n/s   |

На табелите 2 и 3 е прикажана значајноста на разликите во јачината на врзување помеѓу Vitablocks Mark II и двата цемента; се забележува дека за сите основни третмани, кај двата цемента, разликите се високо значајни ( $P<0.01$ ) помеѓу контролната група и останатите дополнителни третмани. Разликата е високо значајна ( $P<0.01$ ) и помеѓу третманите HF и S односно HF+S кај CI EC за сите основни третмани, со исклучок на CoJet/HF+S. Кога за цементирање се користи Pan SAC, разликата е значајна само помеѓу CoJet/HF и CoJet/S. Помеѓу третманите S и HF+S, разликата е незначајна за сите основни третмани за двата цемента, со исклучок на основниот третман SiC за Pan SAC.

Табела 4. Студентов t-тест за значајност на разликите во средните вредности на јачината на врзување (MPa) помеѓу Vitablocks Mark II и двата цемента споредбено (за одредување на влијанието на MDP мономерот) за секој третман на керамичката површина одделно по 7-дневно складирање во водена бања

| Vitablocks Mark II                   | Clearfil EC<br>x (MPa) | SD     | SE    | Panavia SAC<br>x (MPa) | SD     | SE    | t     | P     |
|--------------------------------------|------------------------|--------|-------|------------------------|--------|-------|-------|-------|
| SiC/Con                              | 1.163                  | 3.289  | 1.163 | 0.266↓                 | 0.492  | 0.174 | 2.365 | 0.470 |
| SiC/HF                               | 28.186                 | 3.182  | 1.125 | ↑33.223                | 1.678  | 0.593 | 2.201 | 0.002 |
| SiC/S                                | 45.680                 | 12.138 | 4.292 | 39.956↓                | 6.432  | 2.274 | 2.201 | 0.263 |
| SiC/HF+S                             | 50.202                 | 14.370 | 5.081 | 26.669↓                | 1.0863 | 3.841 | 2.160 | 0.003 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Con  | 0.291                  | 0.823  | 0.291 | 0.000↓                 | 0.000  | 0.000 | 2.365 | 0.351 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /HF   | 22.433                 | 10.611 | 3.752 | ↑25.855                | 7.068  | 2.824 | 2.160 | 0.479 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /S    | 45.074                 | 4.319  | 1.527 | 29.345↓                | 8.781  | 3.105 | 2.228 | 0.001 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /HF+S | 39.902                 | 7.889  | 2.789 | 26.969↓                | 8.774  | 3.102 | 2.145 | 0.008 |
| CoJet/Con                            | 0.136                  | 0.384  | 0.136 | ↑7.086                 | 5.960  | 2.107 | 2.365 | 0.013 |
| CoJet/HF                             | 25.907                 | 5.115  | 1.808 | ↑26.471                | 7.068  | 2.499 | 2.160 | 0.858 |
| CoJet/S                              | 37.967                 | 7.617  | 2.693 | ↑41.558                | 6.921  | 2.447 | 2.148 | 0.340 |
| CoJet/HF+S                           | 31.349                 | 9.414  | 3.328 | ↑35.383                | 8.249  | 2.916 | 2.145 | 0.377 |

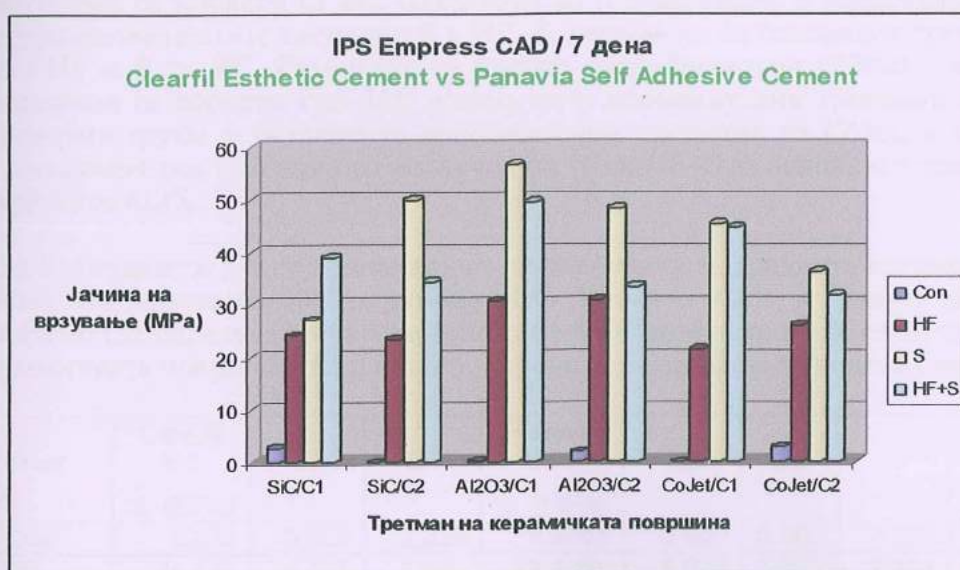
Статистички значајна разлика за јачината на врзување помеѓу Vitablocks Mark II и двата цемента се забележува за третманите SiC/HF, SiC/HF+S, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/S, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/HF+S и CoJet/Con (табела 4).



Табела 5. Средни вредности на јачината на врзување (МПа) помеѓу IPS Empress CAD и двата цемента (споредбено) за различни третмани на керамичката површина по 7-дневно складирање во водена бања

| IPS Empress CAD / 7 дена:<br>Clearfil Esthetic Cement vs Panavia Self Adhesive Cement |         |         |                                    |                                    |          |          |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|------------------------------------|------------------------------------|----------|----------|
|                                                                                       | SiC/C1  | SiC/C2  | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /C1 | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /C2 | CoJet/C1 | CoJet/C2 |
| Con                                                                                   | 2.8319  | 0.0000  | 0.3244                             | 1.9604                             | 0.0000   | 2.8761   |
| HF                                                                                    | 24.2378 | 23.4090 | 30.6935                            | 30.8826                            | 21.4170  | 26.0278  |
| S                                                                                     | 27.1505 | 49.9209 | 56.5501                            | 48.3260                            | 45.3043  | 36.2823  |
| HF+S                                                                                  | 38.9289 | 34.2909 | 49.4319                            | 33.4499                            | 44.6703  | 31.7690  |

На табела 5 и графикон 2 се претставени средните вредности за јачината на врзување помеѓу керамичката IPS Empress CAD и двата композитни цемента; за сите основни (без дополнителни) третмани, вредностите се екстремно ниски. Највисока вредност за јачината на врзување со Clearfil Esthetic Cement се забележува кај Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/S (56.55 MPa), а со Panavia Self Adhesive Cement кај SiC/S (49.92 MPa).



Графикон 2. Средни вредности на јачината на врзување (МПа) помеѓу IPS Empress CAD и двата цемента (споредбено) за различни третмани на керамичката површина по 7-дневно складирање во водена бања



Табела 6. Tukey HSD-тест за значајност на разликите во јачината на врзувањето помеѓу IPS Empress CAD и Clearfil Esthetic Cement по 7-дневно складирање во водена бања, помеѓу дополнителните третмани за секој основен третман одделно

| SiC | HF    | S     | HF+S  | Sb | HF    | S     | HF+S  | CJ | HF    | S     | HF+S  |
|-----|-------|-------|-------|----|-------|-------|-------|----|-------|-------|-------|
| Cn  | P<.01 | P<.01 | P<.01 | Cn | P<.01 | P<.01 | P<.01 | Cn | P<.01 | P<.01 | P<.01 |
| HF  |       | n/s   | P<.05 | HF |       | P<.01 | P<.01 | HF |       | P<.01 | P<.01 |
| S   |       |       | n/s   | S  |       |       | n/s   | S  |       |       | n/s   |

Табела 7. Tukey HSD-тест за значајност на разликите во јачината на врзувањето помеѓу IPS Empress CAD и Panavia Self Adhesive Cement по 7-дневно складирање во водена бања, помеѓу дополнителните третмани за секој основен третман одделно

| SiC | HF    | S     | HF+S  | Sb | HF    | S     | HF+S  | CJ | HF    | S     | HF+S  |
|-----|-------|-------|-------|----|-------|-------|-------|----|-------|-------|-------|
| Cn  | P<.01 | P<.01 | P<.01 | Cn | P<.01 | P<.01 | P<.01 | Cn | P<.01 | P<.01 | P<.01 |
| HF  |       | P<.01 | P<.01 | HF |       | P<.01 | n/s   | HF |       | n/s   | n/s   |
| S   |       |       | P<.01 | S  |       |       | P<.01 | S  |       |       | n/s   |

На табелите 6 и 7 е прикажана значајноста на разликите во јачината на врзувањето помеѓу IPS Empress CAD и двата цемента. Воочливо е дека кога за цементирање се користи CI EC, разликата во к-ц врзување е незначајна само помеѓу дополнителните третмани S и HF+S, независно од основниот третман и помеѓу HF и S за SiC. Разликите се високо сигнификантни ( $P<0.01$ ) кога за цементирање се користи Pan SAC помеѓу сите дополнителни третмани за SiC, контролните групи и останатите дополнителни третмани за CoJet, и помеѓу сите дополнителни третмани со исклучок на HF и HF+S за основниот третман - пескарее со  $Al_2O_3$ .

Табела 8. Студентов t-тест за значајност на разликите во средните вредности на јачината на врзување (MPa) помеѓу IPS Empress CAD и двата цемента споредбено (за одредување на влијанието на MDP мономерот) за секој третман на керамичката површина одделно по 7-дневно складирање во водена бања

| IPS Empress CAD | Clearfil EC<br>$\bar{x}$ (MPa) | SD     | SE    | Panavia SAC<br>$\bar{x}$ (MPa) | SD     | SE    | t     | P     |
|-----------------|--------------------------------|--------|-------|--------------------------------|--------|-------|-------|-------|
| SiC/Con         | 2.832                          | 6.389  | 2.259 | 0.000↓                         | 0.000  | 0.000 | 2.365 | 0.250 |
| SiC/HF          | 24.238                         | 4.415  | 1.561 | 23.409↓                        | 8.076  | 2.855 | 2.201 | 0.804 |
| SiC/S           | 27.150                         | 17.024 | 6.019 | ↑49.921                        | 6.347  | 2.244 | 2.262 | 0.006 |
| SiC/HF+S        | 38.929                         | 9.048  | 3.199 | 34.291↓                        | 4.102  | 1.450 | 2.228 | 0.216 |
| $Al_2O_3$ /Con  | 0.324                          | 0.918  | 0.324 | ↑1.960                         | 2.959  | 1.046 | 2.306 | 0.174 |
| $Al_2O_3$ /HF   | 30.694                         | 5.418  | 1.916 | ↑30.883                        | 4.893  | 1.730 | 2.145 | 0.943 |
| $Al_2O_3$ /S    | 56.550                         | 6.064  | 2.144 | 48.326↓                        | 9.346  | 3.304 | 2.179 | 0.588 |
| $Al_2O_3$ /HF+S | 49.432                         | 19.493 | 6.892 | 33.450↓                        | 11.556 | 4.086 | 2.201 | 0.071 |
| CoJet/Con       | 0.000                          | 0.000  | 0.000 | ↑2.876                         | 3.979  | 1.407 | 2.365 | 0.080 |
| CoJet/HF        | 21.417                         | 6.581  | 2.327 | ↑26.028                        | 4.863  | 1.719 | 2.160 | 0.135 |
| CoJet/S         | 45.304                         | 5.697  | 2.014 | 36.282↓                        | 8.137  | 2.877 | 2.160 | 0.023 |
| CoJet/HF+S      | 44.670                         | 16.666 | 5.892 | 31.769↓                        | 5.198  | 1.838 | 2.306 | 0.070 |

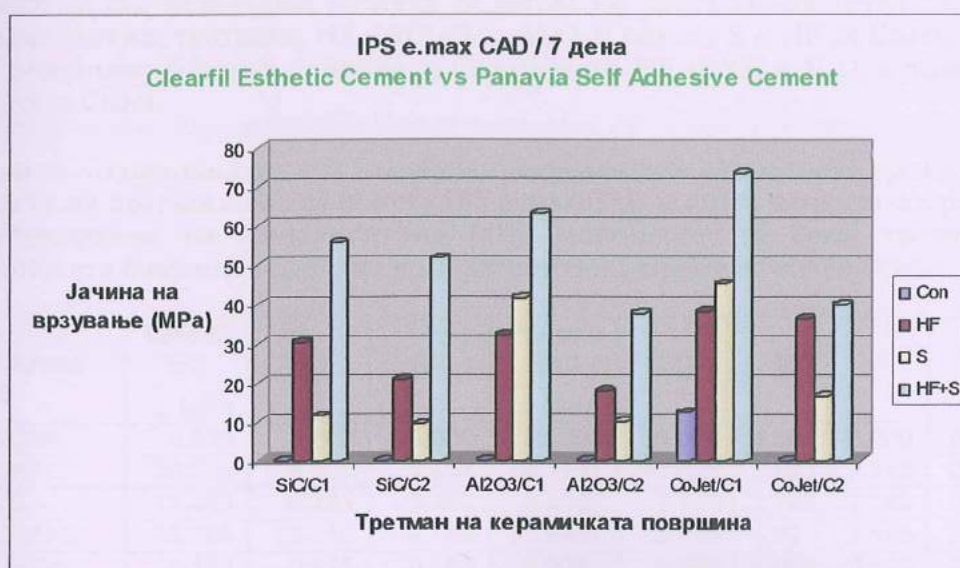
Статистички значајна разлика кај средните вредности на јачината на врзување помеѓу IPS Empress CAD и двата цемента се забележува кај силанизирањето (како дополнителен третман), спроведено по обработка со SiC хартија или силикатизирање (табела 8).



Табела 9. Средни вредности на јачината на врзување (МПа) помеѓу IPS e.max CAD и двата цемента (споредбено) за различни третмани на керамичката површина по 7-дневно складирање во водена бања

| IPS e.max CAD / 7 дена:<br>Clearfil Esthetic Cement vs Panavia Self Adhesive Cement |         |         |                                    |                                    |          |          |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|------------------------------------|------------------------------------|----------|----------|
|                                                                                     | SiC/C1  | SiC/C2  | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /C1 | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /C2 | CoJet/C1 | CoJet/C2 |
| Con                                                                                 | 0.0000  | 0.0000  | 0.1680                             | 0.0000                             | 12.3651  | 0.1684   |
| HF                                                                                  | 30.2757 | 20.7575 | 32.1013                            | 17.6838                            | 37.9103  | 36.2583  |
| S                                                                                   | 11.4600 | 9.3149  | 41.5408                            | 9.9801                             | 45.2025  | 16.5784  |
| HF+S                                                                                | 55.7691 | 51.6461 | 63.0202                            | 37.6832                            | 73.5030  | 39.9187  |

На табела 9 и графикон 3 се претставени средните вредности на јачината на врзување помеѓу керамичката IPS e.max CAD и двата композитни цемента. За сите основни третмани (без дополнителни третмани), вредностите се екстремно ниски. Исклучок се вредностите за јачината на врзување добиени кога цементирањето се спроведува со Clearfil EC, а керамичките површини претходно биле силикатизирани. Највисока вредност за јачината на врзување со Clearfil Esthetic Cement се забележува кај CoJet/HF+S (73.50 MPa), а со Panavia Self Adhesive Cement кај SiC/S (51.65 MPa).



Графикон 3. Средни вредности на јачината на врзување (МПа) помеѓу IPS e.max CAD и двата цемента (споредбено) за различни третмани на керамичката површина по 7-дневно складирање во водена бања



Табела 10. Tukey HSD-тест за значајност на разликите во јачината на врзувањето помеѓу IPS e.max CAD и Clearfil Esthetic Cement по 7-дневно складирање во водена бања, помеѓу дополнителните третмани за секој основен третман одделно

| SiC | HF    | S     | HF+S  | Sb | HF    | S     | HF+S  | CJ | HF    | S     | HF+S  |
|-----|-------|-------|-------|----|-------|-------|-------|----|-------|-------|-------|
| Cn  | P<.01 | n/s   | P<.01 | Cn | P<.05 | P<.01 | P<.01 | Cn | P<.01 | P<.01 | P<.01 |
| HF  |       | P<.01 | P<.01 | HF |       | n/s   | P<.05 | HF |       | n/s   | P<.01 |
| S   |       |       | P<.01 | S  |       |       | n/s   | S  |       |       | P<.01 |

Табела 11. Tukey HSD-тест за значајност на разликите во јачината на врзувањето помеѓу IPS e.max CAD и Panavia Self Adhesive Cement по 7-дневно складирање во водена бања, помеѓу дополнителните третмани за секој основен третман одделно

| SiC | HF    | S   | HF+S  | Sb | HF    | S   | HF+S  | CJ | HF    | S     | HF+S  |
|-----|-------|-----|-------|----|-------|-----|-------|----|-------|-------|-------|
| Cn  | P<.01 | n/s | P<.01 | Cn | P<.01 | n/s | P<.01 | Cn | P<.01 | P<.01 | P<.01 |
| HF  |       | n/s | P<.01 | HF |       | n/s | P<.01 | HF |       | P<.01 | n/s   |
| S   |       |     | P<.01 | S  |       |     | P<.01 | S  |       |       | P<.01 |

Значајноста на разликите во јачината на врзувањето помеѓу IPS e.max CAD и двата цемента е прикажана на табелите 10 и 11. Високо значајна разлика во к-ц врзување се забележува помеѓу сите дополнителни третмани, освен меѓу силанизирањето и останатите дополнителни третмани. Кога за цементирање се користи CI EC, незначајна разлика се јавува кај контролната група за SiC со дополнителните третмани HF и HF+S за  $Al_2O_3$  и помеѓу S и HF за CoJet; за Pan SAC, незначајна разлика се јавува со Con односно HF за SiC и  $Al_2O_3$  и помеѓу HF и HF+S за CoJet.

Табела 12. Студентов t-тест за значајност на разликите во средните вредности на јачината на врзување (MPa) помеѓу IPS e.max CAD и двата цемента споредбено (за одредување на влијанието на MDP мономерот) за секој третман на керамичката површина одделно по 7-дневно складирање во водена бања

| IPS e.max CAD   | Clearfil EC<br>x MPa | SD     | SE    | Panavia SAC<br>x MPa | SD     | SE    | t     | P      |
|-----------------|----------------------|--------|-------|----------------------|--------|-------|-------|--------|
| SiC/Con         | 0.000                | 0.000  | 0.000 | 0.000                | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000  |
| SiC/HF          | 30.276               | 9.725  | 3.438 | 20.757↓              | 10.825 | 3.827 | 2.145 | 0.085  |
| SiC/S           | 11.460               | 9.791  | 3.462 | 9.315↓               | 7.770  | 2.747 | 2.160 | 0.635  |
| SiC/HF+S        | 55.769               | 13.419 | 4.744 | 51.646↓              | 13.919 | 4.921 | 2.145 | 0.556  |
| $Al_2O_3$ /Con  | 0.168                | 0.475  | 0.168 | 0.000↓               | 0.000  | 0.000 | 2.365 | 0.351  |
| $Al_2O_3$ /HF   | 32.101               | 17.580 | 6.216 | 17.684↓              | 8.267  | 2.923 | 2.228 | 0.062  |
| $Al_2O_3$ /S    | 41.541               | 20.443 | 7.228 | 9.980↓               | 5.986  | 2.116 | 2.306 | 0.003  |
| $Al_2O_3$ /HF+S | 63.020               | 29.739 | 10.51 | 37.683↓              | 9.621  | 3.402 | 2.306 | 0.051  |
| CoJet/Con       | 12.365               | 12.232 | 4.325 | 0.168↓               | 0.476  | 0.168 | 2.365 | 0.026  |
| CoJet/HF        | 37.910               | 10.617 | 3.754 | 36.258↓              | 12.536 | 4.432 | 2.145 | 0.780  |
| CoJet/S         | 45.203               | 12.786 | 4.521 | 16.578↓              | 8.771  | 3.101 | 2.179 | <0.001 |
| CoJet/HF+S      | 73.503               | 10.015 | 3.541 | 39.919↓              | 12.222 | 4.321 | 2.160 | <0.001 |

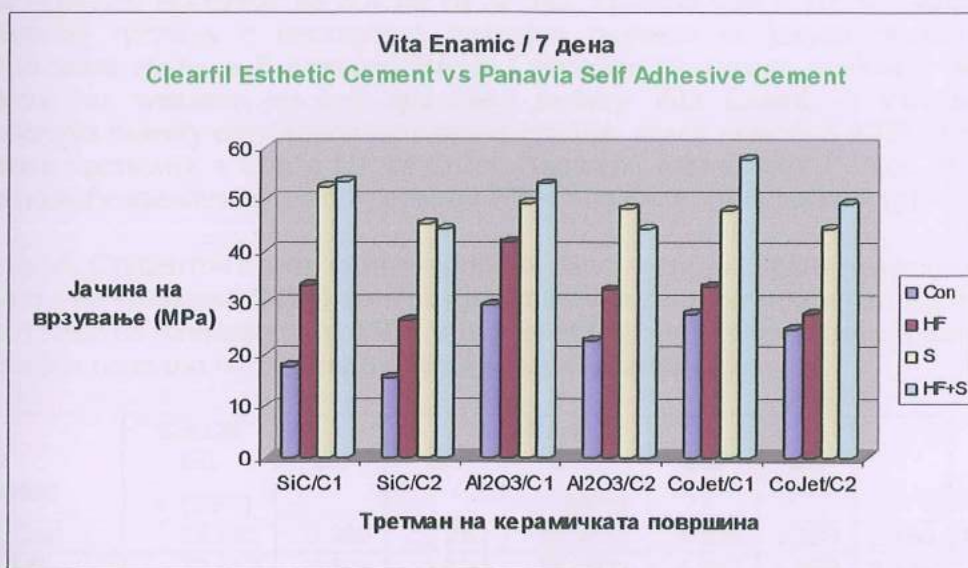
Статистички значајна разлика во средните вредности на јачината на врзување помеѓу IPS e.max CAD и двата цемента се забележува за третманите  $Al_2O_3$ /S, CoJet/Con, CoJet/S и CoJet/HF+S (табела 12).



Табела 13. Средни вредности на јачината на врзување (МПа) помеѓу Vita Enamic и двата цемента (споредбено) за различни третмани на керамичката површина по 7-дневно складирање во водена бања

| Vita Enamic / 7 дена:<br>Clearfil Esthetic Cement vs Panavia Self Adhesive Cement |         |         |                                    |                                    |          |          |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|------------------------------------|------------------------------------|----------|----------|
|                                                                                   | SiC/C1  | SiC/C2  | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /C1 | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /C2 | CoJet/C1 | CoJet/C2 |
| Con                                                                               | 17.7819 | 15.4778 | 29.3966                            | 22.6846                            | 27.9231  | 24.8724  |
| HF                                                                                | 33.4134 | 26.492  | 41.6719                            | 32.5084                            | 33.1391  | 27.7727  |
| S                                                                                 | 52.4068 | 45.3045 | 49.2713                            | 48.2183                            | 47.8454  | 44.3475  |
| HF+S                                                                              | 53.5140 | 44.1800 | 52.9359                            | 44.1594                            | 57.7700  | 49.1506  |

Средните вредности за јачината на врзување помеѓу керамиката Vita Enamic и двата композитни цемента се претставени на табела 13 и графикон 4. Се забележува дека солидни врски се градат и во случај кога основните третмани се спроведуваат како единствен третман (најјака за Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Con со Cl EC, 29.40 МПа). Третманот CoJet/HF+S обезбедува најјаки к-ц врски (57.77 МПа) со Clearfil Esthetic Cement и 49.15 МПа со Panavia Self Adhesive Cement.



Графикон 4. Средни вредности на јачината на врзување (МПа) помеѓу Vita Enamic и двата цемента (споредбено) за различни третмани на керамичката површина по 7-дневно складирање во водена бања



Табела 14. Tukey HSD-тест за значајност на разликите во јачината на врзувањето помеѓу Vita Enamic и Clearfil Esthetic Cement по 7-дневно складирање во водена бања, помеѓу дополнителните третмани за секој основен третман одделно

| SiC | HF    | S     | HF+S  | Sb | HF  | S     | HF+S  | CJ | HF  | S     | HF+S  |
|-----|-------|-------|-------|----|-----|-------|-------|----|-----|-------|-------|
| Cn  | P<.01 | P<.01 | P<.01 | Cn | n/s | P<.01 | P<.01 | Cn | n/s | P<.01 | P<.01 |
| HF  |       | P<.01 | P<.01 | HF |     | n/s   | n/s   | HF |     | P<.01 | P<.01 |
| S   |       |       | n/s   | S  |     |       | n/s   | S  |     |       | P<.01 |

Табела 15. Tukey HSD-тест за значајност на разликите во јачината на врзувањето помеѓу Vita Enamic и Panavia Self Adhesive Cement по 7-дневно складирање во водена бања, помеѓу дополнителните третмани за секој основен третман одделно

| SiC | HF    | S     | HF+S  | Sb | HF    | S     | HF+S  | CJ | HF  | S     | HF+S  |
|-----|-------|-------|-------|----|-------|-------|-------|----|-----|-------|-------|
| Cn  | P<.01 | P<.01 | P<.01 | Cn | P<.01 | P<.01 | P<.01 | Cn | n/s | P<.01 | P<.01 |
| HF  |       | P<.01 | P<.01 | HF |       | P<.01 | P<.01 | HF |     | P<.05 | P<.01 |
| S   |       |       | n/s   | S  |       |       | n/s   | S  |     |       | n/s   |

Кога за цементирање се користи CI EC се забележува високо значајна разлика ( $P<0.01$ ) помеѓу сите дополнителни третмани за основните третмани SiC и CoJet со исклучок на S и HF+S за SiC, односно Con и HF за CoJet. Кога основниот третман е пескарење, значајна разлика се јавува само помеѓу контролната група и S односно HF+S. Статистички високо значајна разлика ( $P<0.01$ ) во јачината на к-ц врзување помеѓу Vita Enamic и Pan SAC се забележува помеѓу сите дополнителни третмани освен помеѓу S и HF+S за сите основни третмани и Con и HF за CoJet. Значајна разлика од  $P<0.05$  се јавува само помеѓу дополнителните третмани HF и S за CoJet (табели 14 и 15).

Табела 16. Студентов t-тест за значајност на разликите во средните вредности на јачината на врзување (MPa) помеѓу Vita Enamic и двата цемента споредбено (за одредување на влијанието на MDP мономерот) за секој третман на керамичката површина одделно по 7-дневно складирање во водена бања

| Vita Enamic                          | Clearfil EC<br>x (MPa) | SD     | SE    | Panavia SAC<br>x (MPa) | SD     | SE    | t     | P     |
|--------------------------------------|------------------------|--------|-------|------------------------|--------|-------|-------|-------|
| SiC/Con                              | 17.782                 | 6.369  | 2.252 | 15.478↓                | 4.826  | 1.706 | 2.160 | 0.429 |
| SiC/HF                               | 33.413                 | 4.524  | 1.600 | 26.492↓                | 5.343  | 1.889 | 2.145 | 0.014 |
| SiC/S                                | 52.407                 | 12.314 | 2.293 | 45.301↓                | 7.174  | 2.536 | 2.145 | 0.057 |
| SiC/HF+S                             | 53.514                 | 4.251  | 4.354 | 44.180↓                | 5.930  | 2.097 | 2.228 | 0.082 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Con  | 29.397                 | 5.453  | 3.514 | 22.685↓                | 3.358  | 1.187 | 2.262 | 0.104 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /HF   | 41.672                 | 14.439 | 5.105 | 32.508↓                | 5.039  | 1.782 | 2.262 | 0.124 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /S    | 49.271                 | 9.907  | 3.503 | 48.218↓                | 5.836  | 2.064 | 2.201 | 0.800 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /HF+S | 52.936                 | 8.747  | 3.092 | 44.159↓                | 4.557  | 1.611 | 2.201 | 0.029 |
| CoJet/Con                            | 27.923                 | 5.453  | 1.928 | 24.872↓                | 6.689  | 2.365 | 2.160 | 0.336 |
| CoJet/HF                             | 33.139                 | 3.294  | 1.165 | 27.772↓                | 5.370  | 1.898 | 2.179 | 0.033 |
| CoJet/S                              | 47.845                 | 6.380  | 2.256 | 44.347↓                | 15.381 | 5.438 | 2.262 | 0.567 |
| CoJet/HF+S                           | 57.770                 | 4.251  | 1.503 | 49.151↓                | 9.286  | 3.283 | 2.228 | 0.038 |

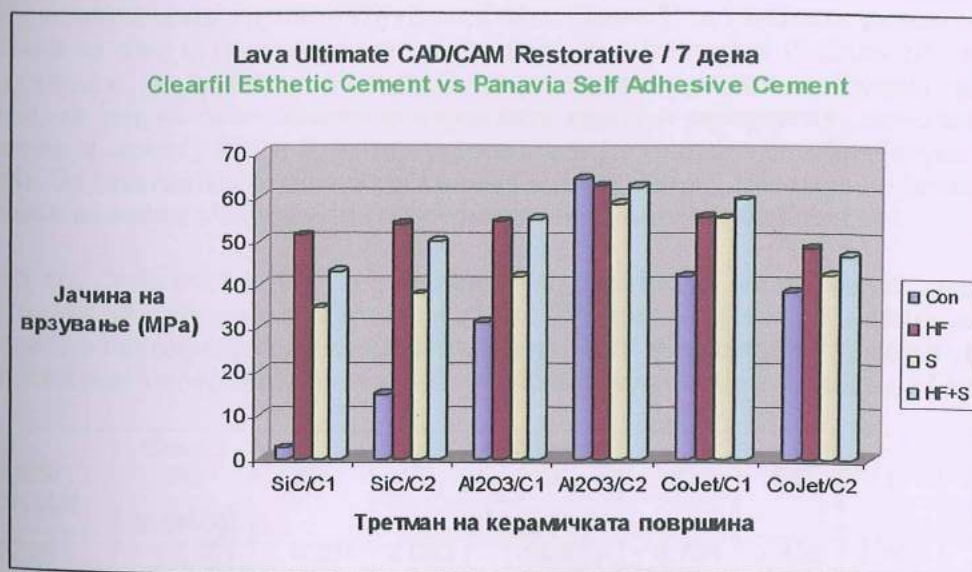
На табела 16 е прикажана значајноста на разликите во средните вредности на јачината на к-ц врзување помеѓу Vita Enamic и двата цемента, при што статистички значајна разлика се забележува за третманите SiC/HF, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/HF+S, CoJet/HF и CoJet/HF+S.



Табела 17. Средни вредности на јачината на врзување (MPa) помеѓу Lava Ultimate CAD/CAM Restorative и двата цемента (споредбено) за различни третмани на керамичката површина по 7-дневно складирање во водена бања

| Lava Ultimate CAD/CAM Restorative/ 7 дена:<br>Clearfil Esthetic Cement vs Panavia Self Adhesive Cement |         |         |                                    |                                    |          |          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|------------------------------------|------------------------------------|----------|----------|
|                                                                                                        | SiC/C1  | SiC/C2  | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /C1 | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /C2 | CoJet/C1 | CoJet/C2 |
| Con                                                                                                    | 2.4363  | 14.5177 | 31.1861                            | 64.1949                            | 41.8549  | 38.2898  |
| HF                                                                                                     | 51.3022 | 53.8240 | 54.4032                            | 62.5248                            | 55.4371  | 48.5152  |
| S                                                                                                      | 34.6169 | 37.6894 | 41.7632                            | 58.4355                            | 55.1949  | 42.0467  |
| HF+S                                                                                                   | 42.8907 | 49.7881 | 54.8590                            | 62.3974                            | 59.4587  | 46.7667  |

На табела 17 и графикон 5 се прикажани средните вредности на јачината на врзување помеѓу керамичката Lava Ultimate и двата композитни цемента, каде се забележува дека и во случај кога основните третмани се спроведуваат засебно (со исклучок на SiC) врските што се градат се јаки. Најјака врска од 64.19 MPa со Panavia Self Adhesive Cement гради третманот Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Con, додека третманот CoJet/HF+S обезбедува најјака к-ц врска од 59.46 MPa со Clearfil Esthetic Cement.



Графикон 5. Средни вредности на јачината на врзување (MPa) помеѓу Lava Ultimate CAD/CAM Restorative и двата цемента (споредбено) за различни третмани на керамичката површина по 7-дневно складирање во водена бања



Табела 18. Tukey HSD-тест за значајност на разликите во јачината на врзувањето помеѓу Lava Ultimate CAD/CAM Restorative и Clearfil Esthetic Cement по 7-дневно складирање во водена бања, помеѓу дополнителните третмани за секој основен третман одделно

| SiC | HF    | S     | HF+S  | Sb | HF    | S     | HF+S  | CJ | HF  | S   | HF+S  |
|-----|-------|-------|-------|----|-------|-------|-------|----|-----|-----|-------|
| Cn  | P<.01 | P<.01 | P<.01 | Cn | P<.01 | n/s   | P<.01 | Cn | n/s | n/s | P<.05 |
| HF  |       | P<.01 | n/s   | HF |       | P<.05 | n/s   | HF |     | n/s | n/s   |
| S   |       |       | n/s   | S  |       |       | P<.05 | S  |     |     | n/s   |

Табела 19. Tukey HSD-тест за значајност на разликите во јачината на врзувањето помеѓу Lava Ultimate CAD/CAM Restorative и Panavia Self Adhesive Cement по 7-дневно складирање во водена бања, помеѓу дополнителните третмани за секој основен третман одделно

| SiC | HF    | S     | HF+S  | Sb | HF  | S   | HF+S | CJ | HF  | S   | HF+S |
|-----|-------|-------|-------|----|-----|-----|------|----|-----|-----|------|
| Cn  | P<.01 | P<.01 | P<.01 | Cn | n/s | n/s | n/s  | Cn | n/s | n/s | n/s  |
| HF  |       | P<.01 | n/s   | HF |     | n/s | n/s  | HF |     | n/s | n/s  |
| S   |       |       | n/s   | S  |     |     | n/s  | S  |     |     | n/s  |

Значајни разлики во јачината на врзувањето помеѓу Lava Ultimate CAD/CAM Restorative и Cl EC се јавуваат помеѓу повеќето дополнителни третмани за SiC и  $Al_2O_3$ . Статистички значајна разлика ( $P<0.05$ ) се јавува само помеѓу контролната група и HF+S за CoJet. Помеѓу останатите дополнителни третмани за овој основен третман разликата не е значајна (табела 18). Кога за цементирање се користи Pan SAC, статистички високо значајна разлика ( $P<0.01$ ) се јавува само помеѓу контролната група и останатите дополнителни третмани и помеѓу HF и S, кога керамичката површина се обработува со SiC хартија. За останатите основни третмани ( $Al_2O_3$  и CoJet), разлика во јачината на врзување помеѓу дополнителните третмани не е значајна (табела 19).

Табела 20. Студентов t-тест за значајност на разликите во средните вредности на јачината на врзување (MPa) помеѓу Lava Ultimate Restorative и двата цемента споредбено (за одредување на влијанието на MDP мономерот) за секој третман на керамичката површина одделно по 7-дневно складирање во водена бања

| Lava Ultimate CAD/CAM | Clearfil EC<br>$\bar{x}$ (MPa) | SD     | SE    | Panavia SAC<br>$\bar{x}$ (MPa) | SD     | SE    | t     | P      |
|-----------------------|--------------------------------|--------|-------|--------------------------------|--------|-------|-------|--------|
| SiC/Con               | 2.436                          | 5.891  | 2.083 | ↑ 14.518                       | 9.764  | 3.452 | 2.201 | 0.012  |
| SiC/HF                | 51.302                         | 6.545  | 2.314 | ↑ 53.824                       | 9.001  | 3.182 | 2.160 | 0.533  |
| SiC/S                 | 34.617                         | 6.277  | 2.219 | ↑ 37.689                       | 9.045  | 3.198 | 2.179 | 0.445  |
| SiC/HF+S              | 42.891                         | 10.599 | 3.748 | ↑ 49.788                       | 8.244  | 2.915 | 2.160 | 0.170  |
| $Al_2O_3$ /Con        | 31.186                         | 6.342  | 2.242 | ↑ 64.195                       | 7.716  | 2.728 | 2.160 | <0.001 |
| $Al_2O_3$ /HF         | 54.403                         | 9.397  | 3.322 | ↑ 62.525                       | 7.734  | 2.734 | 2.160 | 0.081  |
| $Al_2O_3$ /S          | 41.763                         | 13.230 | 4.678 | ↑ 58.436                       | 8.699  | 3.076 | 2.179 | 0.011  |
| $Al_2O_3$ /HF+S       | 54.859                         | 5.073  | 1.794 | ↑ 62.397                       | 8.462  | 2.992 | 2.201 | 0.054  |
| CoJet/Con             | 41.855                         | 10.577 | 3.739 | 38.290 ↓                       | 8.945  | 3.163 | 2.145 | 0.479  |
| CoJet/HF              | 55.437                         | 16.088 | 5.688 | 48.515 ↓                       | 10.906 | 3.856 | 2.179 | 0.334  |
| CoJet/S               | 55.195                         | 12.811 | 4.529 | 42.047 ↓                       | 15.478 | 5.472 | 2.145 | 0.085  |
| CoJet/HF+S            | 59.459                         | 9.428  | 3.333 | 46.767 ↓                       | 10.093 | 3.568 | 2.145 | 0.021  |

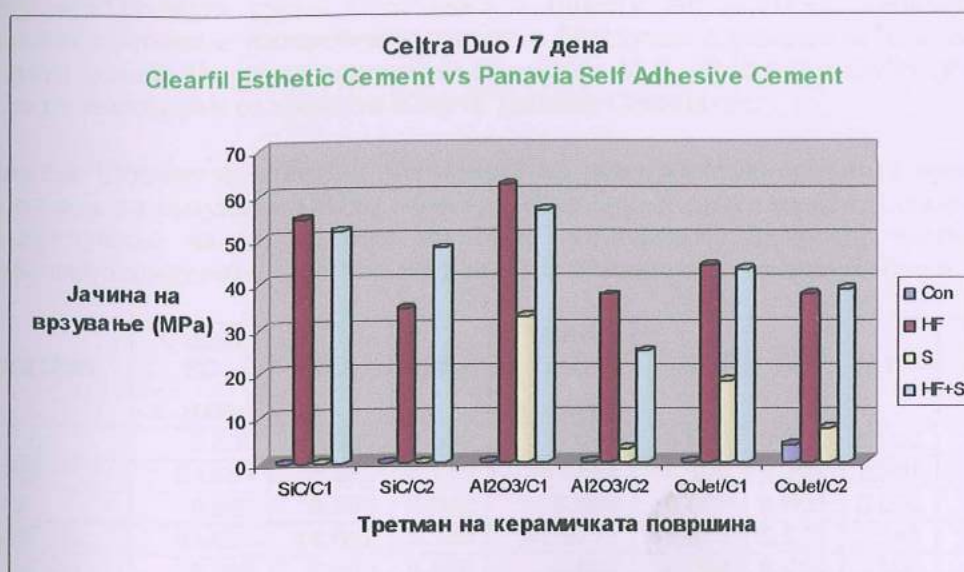
Статистички значајна разлика во средните вредности на јачината на врзување помеѓу Lava Ultimate CAD/CAM Restorative и двата цемента се забележува за третманите SiC/Con,  $Al_2O_3$ /Con,  $Al_2O_3$ /S и CoJet/HF+S (таб. 20).



Табела 21. Средни вредности на јачината на врзување (МПа) помеѓу Celtra Duo и двата цемента (споредбено) за различни третмани на керамичката површина по 7-дневно складирање во водена бања

| Celtra Duo / 7 дена:<br>Clearfil Esthetic Cement vs Panavia Self Adhesive Cement |         |         |                                    |                                    |          |          |
|----------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|------------------------------------|------------------------------------|----------|----------|
|                                                                                  | SiC/C1  | SiC/C2  | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /C1 | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /C2 | CoJet/C1 | CoJet/C2 |
| Con                                                                              | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000                             | 0.0000                             | 0.0000   | 3.7953   |
| HF                                                                               | 54.6506 | 34.3547 | 62.0390                            | 37.3101                            | 43.860   | 37.3368  |
| S                                                                                | 0.0000  | 0.0000  | 32.4705                            | 3.0251                             | 18.2026  | 7.3992   |
| HF+S                                                                             | 51.9843 | 47.8706 | 56.5774                            | 24.7399                            | 43.0300  | 38.7482  |

Средните вредности на јачината на врзување, помеѓу Celtra Duo и двата цемента се прикажани на табела 21 и графикон 6, каде се забележува дека основните третмани спроведено засебно не можат да обезбедат врска меѓу керамичката и цементот (освен кога цементирањето се изведува со Pan SAC за CoJet). Највисока вредност за јачината на врзување со Clearfil Esthetic Cement се забележува кај Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/HF (62.04 MPa), а со Panavia Self Adhesive Cement кај SiC/HF+S (47.87 MPa).



Графикон 6. Средни вредности на јачината на врзување (МПа) помеѓу Celtra Duo и двата цемента (споредбено) за различни третмани на керамичката површина по 7-дневно складирање во водена бања



Табела 22. Tukey HSD-тест за значајност на разликите во јачината на врзувањето помеѓу Celtra Duo и Clearfil Esthetic Cement по 7-дневно складирање во водена бања, помеѓу дополнителните третмани за секој основен третман одделно

| SiC | HF    | S     | HF+S  | Sb | HF    | S     | HF+S  | CJ | HF    | S     | HF+S  |
|-----|-------|-------|-------|----|-------|-------|-------|----|-------|-------|-------|
| Cn  | P<.01 | n/s   | P<.01 | Cn | P<.01 | P<.01 | P<.01 | Cn | P<.01 | P<.05 | P<.01 |
| HF  |       | P<.01 | n/s   | HF |       | P<.01 | n/s   | HF |       | P<.01 | n/s   |
| S   |       |       | P<.01 | S  |       |       | P<.01 | S  |       |       | P<.01 |

Табела 23. Tukey HSD-тест за значајност на разликите во јачината на врзувањето помеѓу Celtra Duo и Panavia Self Adhesive Cement по 7-дневно складирање во водена бања, помеѓу дополнителните третмани за секој основен третман одделно

| SiC | HF    | S     | HF+S  | Sb | HF    | S     | HF+S  | CJ | HF    | S     | HF+S  |
|-----|-------|-------|-------|----|-------|-------|-------|----|-------|-------|-------|
| Cn  | P<.01 | n/s   | P<.01 | Cn | P<.01 | n/s   | P<.01 | Cn | P<.01 | n/s   | P<.01 |
| HF  |       | P<.01 | n/s   | HF |       | P<.01 | n/s   | HF |       | P<.01 | n/s   |
| S   |       |       | P<.01 | S  |       |       | P<.05 | S  |       |       | P<.01 |

На табелите 22 и 23 е прикажана значајноста на разликите во јачината на врзувањето помеѓу Celtra Duo и двата цемента, при што се забележува дека значајна разлика ( $P<0.01$ ) се јавува помеѓу сите дополнителни третмани освен помеѓу контролната група и S, како и помеѓу HF и HF+S, независно од основниот третман и употребениот цемент. Исклучок е разликата (статистички значајна) помеѓу Con/S за основните третмани  $Al_2O_3$  ( $P<0.01$ ) и CoJet ( $P<0.05$ ), кога за цементирање се користи Clearfil Esthetic Cement-от.

Табела 24. Студентов t-тест за значајност на разликите во средните вредности на јачината на врзување (MPa) помеѓу Celtra Duo и двата цемента споредбено (за одредување на влијанието на MDP мономерот) за секој третман на керамичката површина одделно по 7-дневно складирање во водена бања

| Celtra Duo      | Clearfil EC<br>x (MPa) | SD     | SE    | Panavia SAC<br>x (MPa) | SD     | SE    | t     | P      |
|-----------------|------------------------|--------|-------|------------------------|--------|-------|-------|--------|
| SiC/Con         | 0.000                  | 0.000  | 0.000 | 0.000                  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000  |
| SiC/HF          | 54.651                 | 8.883  | 3.141 | 34.355↓                | 14.800 | 5.233 | 2.201 | 0.007  |
| SiC/S           | 0.000                  | 0.000  | 0.000 | 0.000                  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000  |
| SiC/HF+S        | 51.984                 | 14.667 | 5.186 | 47.871↓                | 15.911 | 5.626 | 2.145 | 0.599  |
| $Al_2O_3$ /Con  | 0.000                  | 0.000  | 0.000 | 0.000                  | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000  |
| $Al_2O_3$ /HF   | 62.039                 | 8.265  | 2.922 | 37.310↓                | 21.709 | 7.675 | 2.262 | 0.015  |
| $Al_2O_3$ /S    | 32.471                 | 13.152 | 4.650 | 3.025↓                 | 5.165  | 1.826 | 2.262 | <0.001 |
| $Al_2O_3$ /HF+S | 56.577                 | 17.322 | 6.124 | 24.740↓                | 15.664 | 5.538 | 2.145 | 0.002  |
| CoJet/Con       | 0.000                  | 0.000  | 0.000 | 3.795↑                 | 5.910  | 2.090 | 2.365 | 0.112  |
| CoJet/HF        | 43.860                 | 12.632 | 4.466 | 37.337↓                | 9.782  | 3.458 | 2.160 | 0.269  |
| CoJet/S         | 18.203                 | 7.632  | 2.698 | 7.399↓                 | 4.829  | 1.707 | 2.179 | 0.005  |
| CoJet/HF+S      | 43.030                 | 15.749 | 5.568 | 38.748↓                | 12.257 | 4.333 | 2.160 | 0.554  |

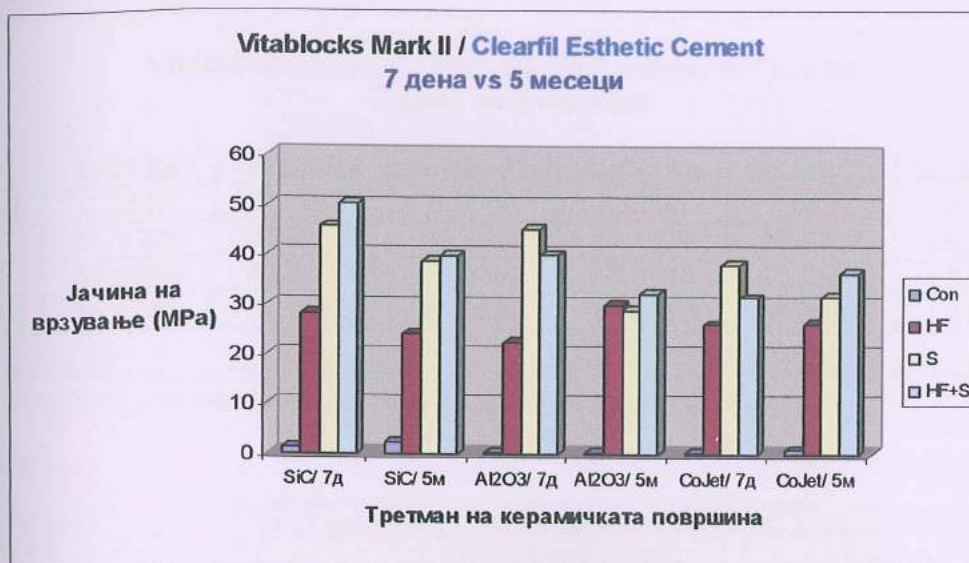
Статистички високо значајна разлика во средните вредности на јачината на врзување помеѓу Celtra Duo и двата цемента се забележува за третманите SiC/HF, сите дополнителни третмани спроведени по пескарењето (со исклучок на контролната група каде не може да се измери јачина на врската) како и за CoJet/S (табела 24).



Табела 25. Средни вредности на јачината на врзување (МПа) помеѓу Vitablocks Mark II и Clearfil Esthetic Cement за различни третмани на керамичката површина по 7-дневно и 5-месечно складирање во водена бања

| Vitablocks Mark II / Clearfil Esthetic Cement<br>7 дена vs 5 месеци |         |         |                                     |                                     |           |           |
|---------------------------------------------------------------------|---------|---------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------|-----------|
|                                                                     | SiC/ 7д | SiC/ 5м | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / 7д | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / 5м | CoJet/ 7д | CoJet/ 5м |
| Con                                                                 | 1.1629  | 2.3316  | 0.2908                              | 0.1797                              | 0.1357    | 0.7329    |
| HF                                                                  | 28.1858 | 23.9234 | 22.4335                             | 29.8654                             | 25.9066   | 26.0874   |
| S                                                                   | 45.6801 | 38.7453 | 45.0740                             | 28.8477                             | 37.9671   | 31.5469   |
| HF+S                                                                | 50.2021 | 39.6189 | 39.9018                             | 32.2845                             | 31.3488   | 36.3228   |

На табела 25 и графикон 7 се прикажани средните вредности на јачината на врзување помеѓу Vitablocks Mark II и Clearfil Esthetic Cement по 7-дневно и 5-месечно стареење на материјалите. Се забележува дека третман што обезбедува најјака керамичко-цементна врска е обработката на керамичката површина со силициум карбидна хартија, нагризнување со флуороводородна киселина и силанизирање, и тоа 50.20 МПа за 7 дена, односно 39.62 МПа за 5 месеци.



Графикон 7. Средни вредности на јачината на врзување (МПа) помеѓу Vitablocks Mark II и Clearfil Esthetic Cement за различни третмани на керамичката површина по 7-дневно и 5-месечно складирање во водена бања

Статистички значајна разлика во средните вредности на јачината на врзување помеѓу Vitablocks Mark II и Clearfil Esthetic Cement по 7-дневно и 5-месечно стареење на материјалот се забележува за третманите кои се состојат од обработка на керамичката површина со силициум карбидна хартија проследено со нагризнување со флуороводородна киселина ( $P=0.021$ ) и пескарење на врзната површина проследено со силанизирање  $P=0.013$  (табела 26).

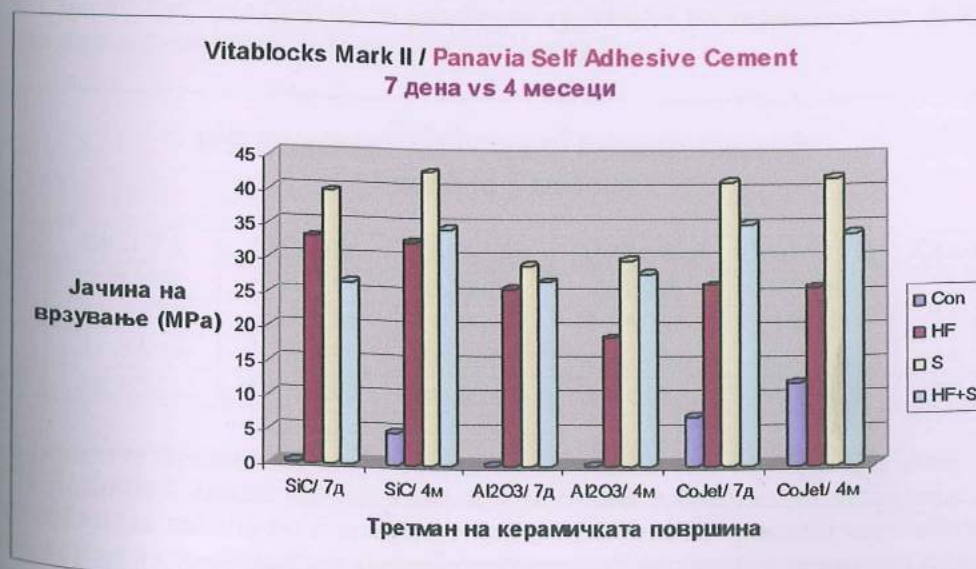


Табела 26. Студентов t-тест за значајност на разликите во средните вредности на јачината на врзување (МПа) помеѓу Vitablocks Mark II и Clearfil Esthetic Cement за различни третмани на керамичката површина по 7-дневно и 5-месечно складирање во водена бања

| Vita Mark II<br>Clearfil EC          | $\bar{x}$ (МПа)<br>7 дена | SD     | SE    | $\bar{x}$ (МПа)<br>5 месеци | SD     | SE    | t     | P     |
|--------------------------------------|---------------------------|--------|-------|-----------------------------|--------|-------|-------|-------|
| SiC/Con                              | 1.163                     | 3.289  | 1.163 | 2.332                       | 5.707  | 2.018 | 2.201 | 0.626 |
| SiC/HF                               | 28.186                    | 3.182  | 1.125 | 23.923                      | 3.370  | 1.192 | 2.145 | 0.021 |
| SiC/S                                | 45.680                    | 12.138 | 4.292 | 38.745                      | 11.787 | 4.167 | 2.145 | 0.266 |
| SiC/HF+S                             | 50.202                    | 14.370 | 5.081 | 39.619                      | 4.118  | 1.456 | 2.306 | 0.080 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Con  | 0.291                     | 0.823  | 0.291 | 0.180                       | 0.508  | 0.180 | 2.179 | 0.751 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /HF   | 22.433                    | 10.611 | 3.752 | 29.865                      | 5.063  | 1.790 | 2.228 | 0.104 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /S    | 45.074                    | 4.319  | 1.527 | 28.848                      | 13.688 | 4.839 | 2.306 | 0.013 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /HF+S | 39.902                    | 7.889  | 2.789 | 32.284                      | 11.003 | 3.890 | 2.160 | 0.135 |
| CoJet/Con                            | 0.136                     | 0.384  | 0.136 | 0.733                       | 2.073  | 0.733 | 2.365 | 0.449 |
| CoJet/HF                             | 25.907                    | 5.115  | 1.808 | 26.087                      | 6.265  | 2.215 | 2.160 | 0.950 |
| CoJet/S                              | 37.967                    | 7.617  | 2.693 | 31.547                      | 9.488  | 3.354 | 2.160 | 0.159 |
| CoJet/HF+S                           | 31.349                    | 9.414  | 3.328 | 36.323                      | 14.621 | 5.169 | 2.179 | 0.434 |

Табела 27. Средни вредности на јачината на врзување (МПа) помеѓу Vitablocks Mark II и Panavia Self Adhesive Cement за различни третмани на керамичката површина по 7-дневно и 4-месечно складирање во водена бања

| Vitablocks Mark II / Panavia Self Adhesive Cement<br>7 дена vs 4 месеци |         |         |                                     |                                     |           |           |
|-------------------------------------------------------------------------|---------|---------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------|-----------|
|                                                                         | SiC/ 7д | SiC/ 4м | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / 7д | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / 4м | CoJet/ 7д | CoJet/ 4м |
| Con                                                                     | 0.2658  | 4.6567  | 0.0000                              | 0.0000                              | 7.0857    | 12.1577   |
| HF                                                                      | 33.2229 | 32.6716 | 25.8548                             | 18.7756                             | 26.4712   | 26.2127   |
| S                                                                       | 39.9563 | 42.9613 | 29.3452                             | 30.1166                             | 41.5582   | 42.0779   |
| HF+S                                                                    | 26.6688 | 34.6903 | 26.9689                             | 28.0389                             | 35.3834   | 34.0749   |



Графикон 8. Средни вредности на јачината на врзување (МПа) помеѓу Vitablocks Mark II и Panavia Self Adhesive Cement за различни третмани на керамичката површина по 7-дневно и 4-месечно складирање во водена бања



Дополнителен третман што обезбедува најјака к-ц врска помеѓу Vitablocks Mark II и Panavia Self Adhesive Cement по 7-дневно и 4-месечно стареење на материјалите е силанизацијата, извршена по претходна силикатизација на керамичката површина (41.56 МПа по 7 дена), односно по обработка на површината со силициум карбидна хартија, 42.96 МПа по 4 месеци (табела 27 и графикон 8).

Табела 28. Студентов t-тест за значајност на разликите во средните вредности на јачината на врзување (МПа) помеѓу Vitablocks Mark II и Panavia Self Adhesive Cement за различни третмани на керамичката површина по 7-дневно и 4-месечно складирање во водена бања

| Vita Mark II<br>Panavia SA           | $\bar{x}$ (МПа)<br>7 дена | SD     | SE    | $\bar{x}$ (МПа)<br>4 месеци | SD     | SE    | t     | P     |
|--------------------------------------|---------------------------|--------|-------|-----------------------------|--------|-------|-------|-------|
| SiC/Con                              | 0.266                     | 0.492  | 0.174 | 14.657                      | 5.370  | 1.898 | 2.365 | 0.055 |
| SiC/HF                               | 33.223                    | 1.678  | 0.593 | 32.672                      | 8.061  | 2.850 | 2.306 | 0.854 |
| SiC/S                                | 39.956                    | 6.432  | 2.274 | 42.961                      | 3.960  | 1.400 | 2.179 | 0.282 |
| SiC/HF+S                             | 26.669                    | 1.0863 | 3.841 | 34.690                      | 8.130  | 2.874 | 2.160 | 0.118 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Con  | 0.000                     | 0.000  | 0.000 | 0.000                       | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /HF   | 25.855                    | 7.068  | 2.824 | 18.776                      | 12.279 | 4.341 | 2.179 | 0.197 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /S    | 29.345                    | 8.781  | 3.105 | 30.117                      | 11.448 | 4.048 | 2.160 | 0.882 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /HF+S | 26.969                    | 8.774  | 3.102 | 28.039                      | 8.630  | 3.051 | 2.145 | 0.809 |
| CoJet/Con                            | 7.086                     | 5.960  | 2.107 | 12.158                      | 2.140  | 0.757 | 2.262 | 0.049 |
| CoJet/HF                             | 26.471                    | 7.068  | 2.499 | 26.213                      | 4.215  | 1.490 | 2.201 | 0.931 |
| CoJet/S                              | 41.558                    | 6.921  | 2.447 | 42.078                      | 5.227  | 1.848 | 2.160 | 0.868 |
| CoJet/HF+S                           | 35.383                    | 8.249  | 2.916 | 34.075                      | 8.909  | 3.150 | 2.145 | 0.765 |

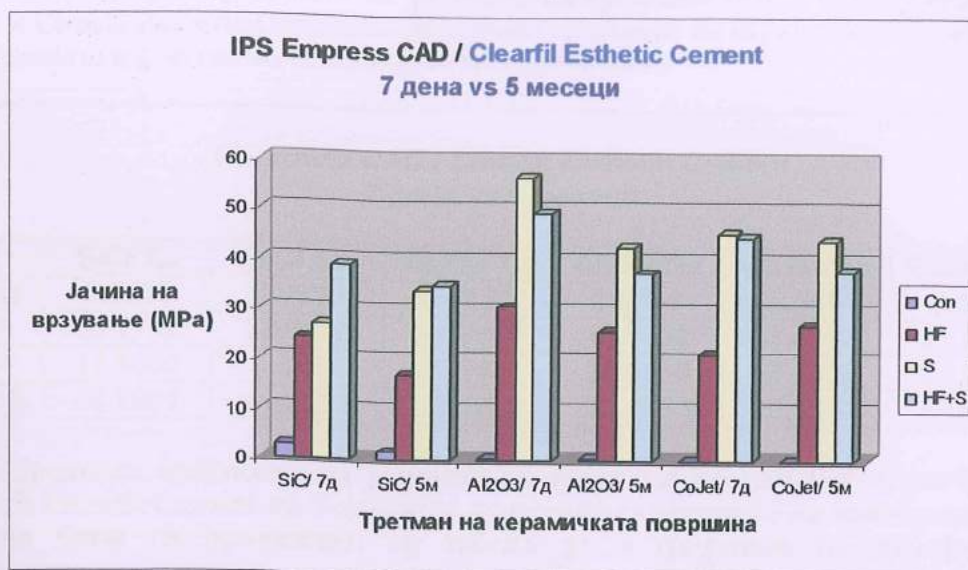
Статистички значајна разлика (P=0.049) во средните вредности на јачината на врзување помеѓу Vitablocks Mark II и Panavia Self Adhesive Cement по 7-дневно и 4-месечно стареење на материјалот се забележува единствено кога керамичката површина се силикатизира без никаков дополнителен третман (табела 28).

Табела 29. Средни вредности на јачината на врзување (МПа) помеѓу IPS Empress CAD и Clearfil Esthetic Cement за различни третмани на керамичката површина по 7-дневно и 5-месечно складирање во водена бања

| IPS Empress CAD / Clearfil Esthetic Cement<br>7 дена vs 5 месеци |         |         |                                     |                                     |           |           |
|------------------------------------------------------------------|---------|---------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------|-----------|
|                                                                  | SiC/ 7д | SiC/ 5м | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / 7д | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / 5м | CoJet/ 7д | CoJet/ 5м |
| Con                                                              | 2.8319  | 1.6211  | 0.3244                              | 0.3396                              | 0.0000    | 0.0000    |
| HF                                                               | 24.2378 | 16.9924 | 30.6935                             | 25.8045                             | 21.4170   | 27.2567   |
| S                                                                | 27.1505 | 33.8967 | 56.5501                             | 42.7705                             | 45.3043   | 44.1352   |
| HF+S                                                             | 38.9289 | 34.9067 | 49.4319                             | 37.4083                             | 44.6703   | 37.8167   |

Средните вредности на јачината на врзување помеѓу IPS Empress CAD и Clearfil Esthetic Cement по 7-дневно и 5-месечно стареење на материјалите се претставени на табела 29 и графикон 9. Дополнителен третман што обезбедува најјака керамичко-цементна врска е силанизирањето на керамичката површина спроведено по пескарење со алуминиум оксидни зрна, кога тестирањето се изведува 7 дена по подготовката на примероците (56.55 МПа), односно по силикатизирање на површините, кога тестирањето се изведува по 5-месечно чување на примероците во водена бања (44.14 МПа).





Графикон 9. Средни вредности на јачината на врзување (MPa) помеѓу IPS Empress CAD и Clearfil Esthetic Cement за различни третмани на керамичката површина по 7-дневно и 5-месечно складирање во водена бања

Табела 30. Студентов t-тест за значајност на разликите во средните вредности на јачината на врзување (MPa) помеѓу IPS Empress CAD и Clearfil Esthetic Cement за различни третмани на керамичката површина по 7-дневно и 5-месечно складирање во водена бања

| Empress CAD<br>Clearfil EC           | $\bar{x}$ (MPa)<br>7 дена | SD     | SE    | $\bar{x}$ (MPa)<br>5 месеци | SD     | SE    | t     | P     |
|--------------------------------------|---------------------------|--------|-------|-----------------------------|--------|-------|-------|-------|
| SiC/Con                              | 2.832                     | 6.389  | 2.259 | 1.621↓                      | 3.010  | 1.064 | 2.228 | 0.638 |
| SiC/HF                               | 24.238                    | 4.415  | 1.561 | 16.992↓                     | 6.374  | 2.254 | 2.179 | 0.021 |
| SiC/S                                | 27.150                    | 17.024 | 6.019 | 33.897↑                     | 6.372  | 2.253 | 2.262 | 0.321 |
| SiC/HF+S                             | 38.929                    | 9.048  | 3.199 | 34.907↓                     | 2.606  | 0.921 | 2.306 | 0.261 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Con  | 0.324                     | 0.918  | 0.324 | 0.340↑                      | 0.961  | 0.340 | 2.145 | 0.975 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /HF   | 30.694                    | 5.418  | 1.916 | 25.805↓                     | 6.169  | 2.181 | 2.145 | 0.114 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /S    | 56.550                    | 6.064  | 2.144 | 42.770↓                     | 12.575 | 4.446 | 2.228 | 0.019 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /HF+S | 49.432                    | 19.493 | 6.892 | 37.408↓                     | 7.379  | 2.609 | 2.262 | 0.137 |
| CoJet/Con                            | 0.000                     | 0.000  | 0.000 | 0.000                       | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| CoJet/HF                             | 21.417                    | 6.581  | 2.327 | 27.257↑                     | 6.842  | 2.419 | 2.145 | 0.104 |
| CoJet/S                              | 45.304                    | 5.697  | 2.014 | 44.135↓                     | 11.729 | 4.147 | 2.228 | 0.805 |
| CoJet/HF+S                           | 44.670                    | 16.666 | 5.892 | 37.817↓                     | 3.643  | 1.288 | 2.306 | 0.289 |

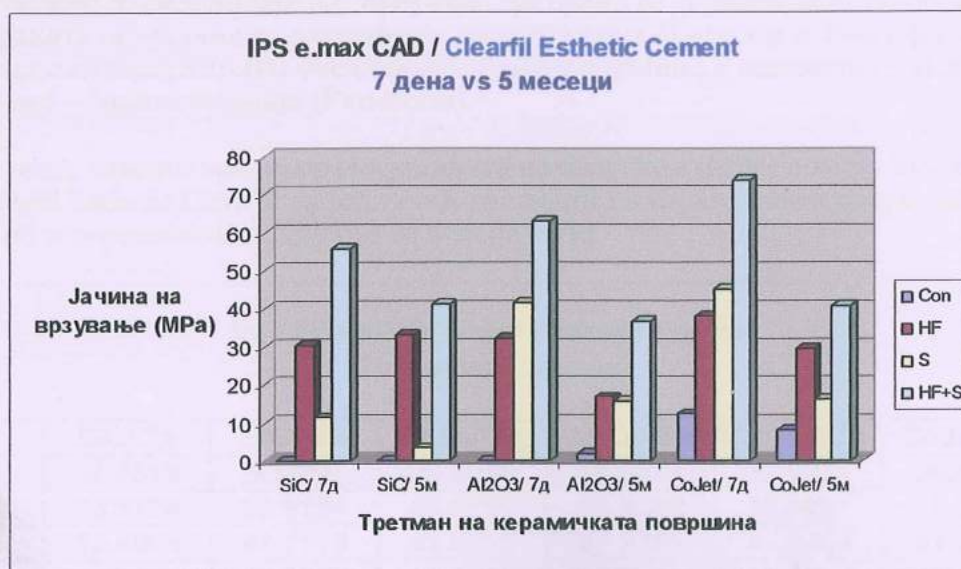
Разликата во јачината на врзување помеѓу IPS Empress CAD и Clearfil Esthetic Cement по 7-дневно и 5-месечно стареење на материјалот, статистички е значајна, кога третманите опфаќаат обработка на керамичките површини со силициум карбидна хартија проследено со нагризување со флуороводородна киселина ( $P=0.021$ ) и пескарење на врзните површини проследено со силанизирање  $P=0.019$  (табела 30).



Табела 31. Средни вредности на јачината на врзување (МПа) помеѓу IPS e.max CAD и Clearfil Esthetic Cement за различни третмани на керамичката површина по 7-дневно и 5-месечно складирање во водена бања

| IPS e.max CAD / Clearfil Esthetic Cement<br>7 дена vs 5 месеци |         |         |                                     |                                     |           |           |
|----------------------------------------------------------------|---------|---------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------|-----------|
|                                                                | SiC/ 7д | SiC/ 5м | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / 7д | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / 5м | CoJet/ 7д | CoJet/ 5м |
| Con                                                            | 0.0000  | 0.0000  | 0.1680                              | 1.8566                              | 12.3651   | 8.0603    |
| HF                                                             | 30.2757 | 33.0208 | 32.1013                             | 16.8432                             | 37.9103   | 29.5419   |
| S                                                              | 11.4600 | 3.4675  | 41.5408                             | 15.8130                             | 45.2025   | 16.2595   |
| HF+S                                                           | 55.7691 | 41.2624 | 63.0202                             | 36.4953                             | 73.5030   | 40.6751   |

Средните вредности на јачината на врзување помеѓу IPS e.max CAD и Clearfil Esthetic Cement по 7-дневно и 5-месечно складирање на примероците во водена бања се прикажани на табела 31 и графикон 10. Најефикасен дополнителен третман во градење на најјаки керамичко-цементни врски е нагризувањето на керамичката површина со флуороводородна киселина проследено со силанизирање по извршената силикатизација, кога микрозатегнувачкиот тест се изведува 7 дена по подготовката на примероците (73.50 МПа), односно по обработка на керамичката површина со силициум карбидна хартија кога тестирањето се изведува по 5-месечно стареење на материјалите (41.26 МПа).



Графикон 10. Средни вредности на јачината на врзување (МПа) помеѓу IPS e.max CAD и Clearfil Esthetic Cement за различни третмани на керамичката површина по 7-дневно и 5-месечно складирање во водена бања



Табела 32. Студентов t-тест за значајност на разликите во средните вредности на јачината на врзување (MPa) помеѓу IPS e.max CAD и Clearfil Esthetic Cement за различни третмани на керамичката површина по 7-дневно и 5-месечно складирање во водена бања

| e.max CAD<br>Clearfil EC             | $\bar{x}$ (MPa)<br>7 дена | SD     | SE     | $\bar{x}$ (MPa)<br>5 месеци | SD     | SE    | t     | P      |
|--------------------------------------|---------------------------|--------|--------|-----------------------------|--------|-------|-------|--------|
| SiC/Con                              | 0.000                     | 0.000  | 0.000  | 0.000                       | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000  |
| SiC/HF                               | 30.276                    | 9.725  | 3.438  | 33.021                      | 14.362 | 5.078 | 2.179 | 0.662  |
| SiC/S                                | 11.460                    | 9.791  | 3.462  | 3.467                       | 3.435  | 1.214 | 2.262 | 0.057  |
| SiC/HF+S                             | 55.769                    | 13.419 | 4.744  | 41.262                      | 15.155 | 5.358 | 2.145 | 0.062  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Con  | 0.168                     | 0.475  | 0.168  | 1.857                       | 3.555  | 1.257 | 2.365 | 0.225  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /HF   | 32.101                    | 17.580 | 6.216  | 16.843                      | 10.321 | 3.649 | 2.201 | 0.058  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /S    | 41.541                    | 20.443 | 7.228  | 15.813                      | 6.429  | 2.273 | 2.306 | 0.009  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /HF+S | 63.020                    | 29.739 | 10.514 | 36.495                      | 10.327 | 3.651 | 2.262 | 0.041  |
| CoJet/Con                            | 12.365                    | 12.232 | 4.325  | 8.060                       | 10.869 | 3.843 | 2.145 | 0.469  |
| CoJet/HF                             | 37.910                    | 10.617 | 3.754  | 29.542                      | 15.848 | 5.603 | 2.179 | 0.238  |
| CoJet/S                              | 45.203                    | 12.786 | 4.521  | 16.260                      | 10.990 | 3.886 | 2.145 | 0.0006 |
| CoJet/HF+S                           | 73.503                    | 10.015 | 3.541  | 40.675                      | 16.674 | 5.895 | 2.201 | 0.0006 |

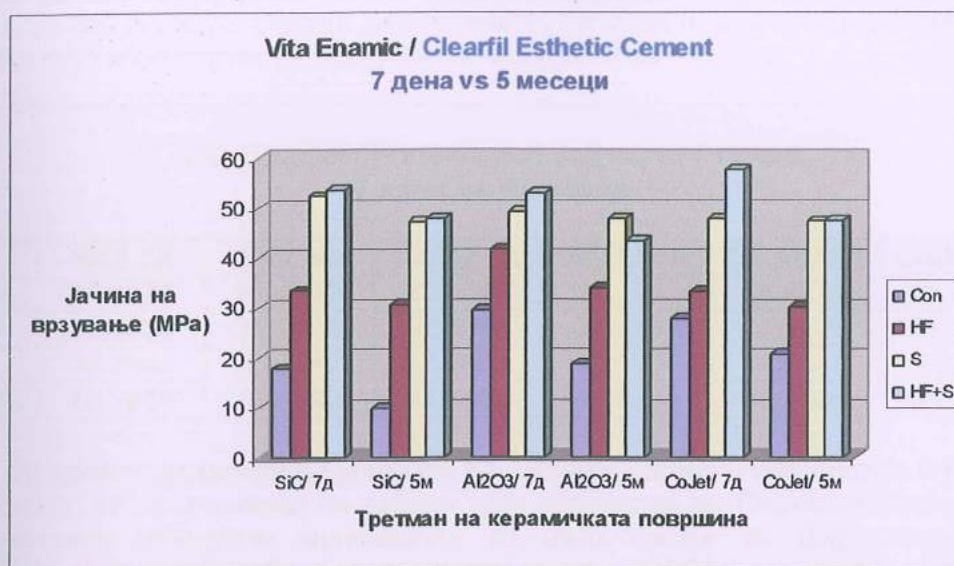
На табела 32 се претставени средните вредности на јачината на врзување помеѓу IPS e.max CAD и Clearfil Esthetic Cement по 7-дневно и 5-месечно стареење на материјалот, и значајноста на разликите. Статистички значајни разлики се забележуваат за дополнителните третмани силанизирање, односно нагризнување на керамичката површина со флуороводородна киселина проследено со силанизирање, кога овие третмани се спроведуваат по пескарење на врзната површина со алуминиум оксидни зрна ( $P=0.009$  и  $P=0.041$ ) или по пескарење со алуминиум оксидни зрна чија површина е изменета со силициум диоксид – силикатизација ( $P=0.0006$ ).

Табела 33. Средни вредности на јачината на врзување (MPa) помеѓу Vita Enamic и Clearfil Esthetic Cement за различни третмани на керамичката површина по 7-дневно и 5-месечно складирање во водена бања

| Vita Enamic / Clearfil Esthetic Cement<br>7 дена vs 5 месеци |         |         |                                     |                                     |           |           |
|--------------------------------------------------------------|---------|---------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------|-----------|
|                                                              | SiC/ 7д | SiC/ 5м | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / 7д | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / 5м | CoJet/ 7д | CoJet/ 5м |
| Con                                                          | 17.7819 | 9.9058  | 29.3966                             | 18.5314                             | 27.9231   | 20.5476   |
| HF                                                           | 33.4134 | 30.6194 | 41.6719                             | 33.8082                             | 33.1391   | 30.0683   |
| S                                                            | 52.4068 | 47.1518 | 49.2713                             | 47.9361                             | 47.8454   | 47.3158   |
| HF+S                                                         | 53.5140 | 47.8850 | 52.9359                             | 43.3128                             | 57.7700   | 47.3476   |

Најефикасен третман кој обезбедува градење на најјаки керамичко-цементни врски помеѓу Vita Enamic и Clearfil Esthetic Cement, кога тестирањето се изведува 7 дена по подготовката на примероците (табела 33 и графикон 11), е силикатизирањето на керамичката површина проследено со нагризнување со флуороводородна киселина и силанизирање. Овој третман се покажа дека е ефикасен (во градењето на стабилни к-ц врски) и по лабораториското стареење на материјалите од пет месеци, обезбедувајќи јачина на врзувањето од 47.35 MPa. Пескарењето на керамичката површина со алуминиум оксидни зрна проследено со силанизирање е третманот што исто така придонесува за градење на стабилни и јаки врски (47.94 MPa) и по 5-месечното стареење на материјалите.





Графикон 11. Средни вредности на јачината на врзување (MPa) помеѓу Vita Enamic и Clearfil Esthetic Cement за различни третмани на керамичката површина по 7-дневно и 5-месечно складирање во водена бања

Табела 34. Студентов t-тест за значајност на разликите во средните вредности на јачината на врзување (MPa) помеѓу Vita Enamic и Clearfil Esthetic Cement за различни третмани на керамичката површина по 7-дневно и 5-месечно складирање во водена бања

| Vita Enamic<br>Clearfil EC           | $\bar{x}$ (MPa)<br>7 дена | SD     | SE    | $\bar{x}$ (MPa)<br>5 месеци | SD    | SE    | t     | P     |
|--------------------------------------|---------------------------|--------|-------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|
| SiC/Con                              | 17.782                    | 6.369  | 2.252 | 9.906↓                      | 3.360 | 1.188 | 2.201 | 0.010 |
| SiC/HF                               | 33.413                    | 4.524  | 1.600 | 30.619↓                     | 4.837 | 1.710 | 2.145 | 0.253 |
| SiC/S                                | 52.407                    | 12.314 | 2.293 | 47.152↓                     | 7.307 | 2.583 | 2.145 | 0.150 |
| SiC/HF+S                             | 53.514                    | 4.251  | 4.354 | 47.885↓                     | 8.574 | 3.031 | 2.179 | 0.310 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Con  | 29.397                    | 5.453  | 3.514 | 18.531↓                     | 6.078 | 2.149 | 2.179 | 0.022 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /HF   | 41.672                    | 14.439 | 5.105 | 33.808↓                     | 9.961 | 3.522 | 2.179 | 0.229 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /S    | 49.271                    | 9.907  | 3.503 | 47.936↓                     | 5.451 | 1.927 | 2.201 | 0.745 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /HF+S | 52.936                    | 8.747  | 3.092 | 43.313↓                     | 8.282 | 2.928 | 2.145 | 0.040 |
| CoJet/Con                            | 27.923                    | 5.453  | 1.928 | 20.548↓                     | 3.323 | 1.175 | 2.179 | 0.007 |
| CoJet/HF                             | 33.139                    | 3.294  | 1.165 | 30.068↓                     | 3.475 | 1.229 | 2.145 | 0.091 |
| CoJet/S                              | 47.845                    | 6.380  | 2.256 | 47.316↓                     | 6.983 | 2.469 | 2.145 | 0.876 |
| CoJet/HF+S                           | 57.770                    | 4.251  | 1.503 | 47.348↓                     | 6.198 | 2.191 | 2.179 | 0.002 |

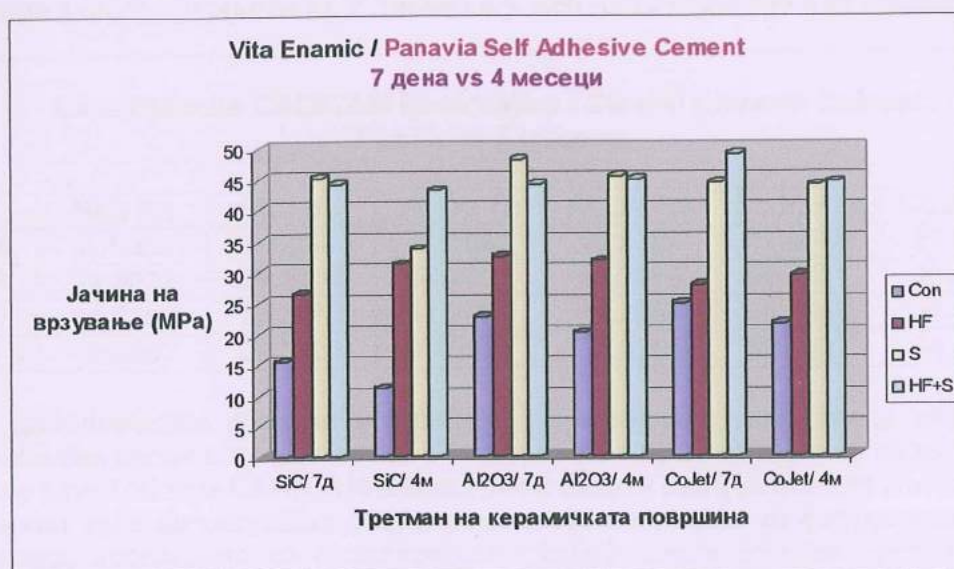
Статистички значајна разлика во средните вредности на јачината на врзување помеѓу Vita Enamic и Clearfil Esthetic Cement по 7-дневно и 5-месечно стареење на материјалот, се забележува за сите основни третмани кога не се спроведува дополнителен третман, како и за третманите кои покрај песарење со алуминиум оксидни зрна и силикатизирање, опфаќаат и нагризување со флуороводородна киселина проследено со силанизирање (табела 34).



Табела 35. Средни вредности на јачината на врзување (МПа) помеѓу Vita Enamic и Panavia Self Adhesive Cement за различни третмани на керамичката површина по 7-дневно и 4-месечно складирање во водена бања

| Vita Enamic / Panavia Self Adhesive Cement<br>7 дена vs 4 месеци |         |         |                                     |                                     |           |           |
|------------------------------------------------------------------|---------|---------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------|-----------|
|                                                                  | SiC/ 7д | SiC/ 4м | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / 7д | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / 4м | CoJet/ 7д | CoJet/ 4м |
| Con                                                              | 15.4778 | 11.1145 | 22.6846                             | 20.1240                             | 24.8724   | 21.6126   |
| HF                                                               | 26.4920 | 31.2348 | 32.5084                             | 31.7894                             | 27.7727   | 29.3996   |
| S                                                                | 45.3045 | 33.7130 | 48.2183                             | 45.4891                             | 44.3475   | 44.0010   |
| HF+S                                                             | 44.1800 | 43.1983 | 44.1594                             | 45.0304                             | 49.1506   | 44.5834   |

Средните вредности на јачината на врзување помеѓу Vita Enamic и Panavia SA Cement се претставени на табела 35 и графикон 12. Силикатизирањето на керамичката површина проследено со нагризување со флуороводородна киселина и силанизирање е третман што гради најдобри керамичко-цементни врски (49.15 МПа), по 7-дневно тестирање. Врски со јачина од 45.49 МПа се измерени по 4-месечно чување на примероците во водена бања, кога третманот на врзните површини се состои од пескарење проследено со силанизирање.



Графикон 12. Средни вредности на јачината на врзување (МПа) помеѓу Vita Enamic и Panavia Self Adhesive Cement за различни третмани на керамичката површина по 7-дневно и 4-месечно складирање во водена бања

Разликата во средните вредности на јачината на врзување помеѓу Vita Enamic и Panavia Self Adhesive Cement, независно од основните или дополнителните третмани по 7-дневно и 4-месечно стареење на материјалот, не е статистички значајна (табела 36).



Табела 36. Студентов t-тест за значајност на разликите во средните вредности на јачината на врзување (МПа) помеѓу Vita Enamic и Panavia Self Adhesive Cement за различни третмани на керамичката површина по 7-дневно и 4-месечно складирање во водена бања

| Vita Enamic<br>Panavia SA            | $\bar{x}$ (МПа)<br>7 дена | SD     | SE    | $\bar{x}$ (МПа)<br>4 месеци | SD     | SE    | t     | P      |
|--------------------------------------|---------------------------|--------|-------|-----------------------------|--------|-------|-------|--------|
| SiC/Con                              | 15.478                    | 4.826  | 1.706 | 11.115↓                     | 4.401  | 1.556 | 2.145 | 0.080  |
| SiC/HF                               | 26.492                    | 5.343  | 1.889 | 31.235↑                     | 5.226  | 1.848 | 2.145 | 0.094  |
| SiC/S                                | 45.304                    | 7.174  | 2.536 | 33.713↓                     | 13.099 | 4.631 | 2.201 | 0.0505 |
| SiC/HF+S                             | 44.180                    | 5.930  | 2.097 | 43.198↓                     | 6.697  | 2.368 | 2.145 | 0.761  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Con  | 22.685                    | 3.358  | 1.187 | 20.124↓                     | 3.857  | 1.364 | 2.145 | 0.179  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /HF   | 32.508                    | 5.039  | 1.782 | 31.789↓                     | 5.733  | 2.027 | 2.145 | 0.794  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /S    | 48.218                    | 5.836  | 2.064 | 45.489↓                     | 5.633  | 1.992 | 2.145 | 0.357  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /HF+S | 44.159                    | 4.557  | 1.611 | 45.030↑                     | 9.193  | 3.250 | 2.228 | 0.815  |
| CoJet/Con                            | 24.872                    | 6.689  | 2.365 | 21.613↓                     | 5.396  | 1.908 | 2.160 | 0.303  |
| CoJet/HF                             | 27.772                    | 5.370  | 1.898 | 29.400↑                     | 4.365  | 1.543 | 2.160 | 0.518  |
| CoJet/S                              | 44.347                    | 15.381 | 5.438 | 44.001↓                     | 7.699  | 2.722 | 2.228 | 0.956  |
| CoJet/HF+S                           | 49.151                    | 9.286  | 3.283 | 44.583↓                     | 9.742  | 3.444 | 2.145 | 0.353  |

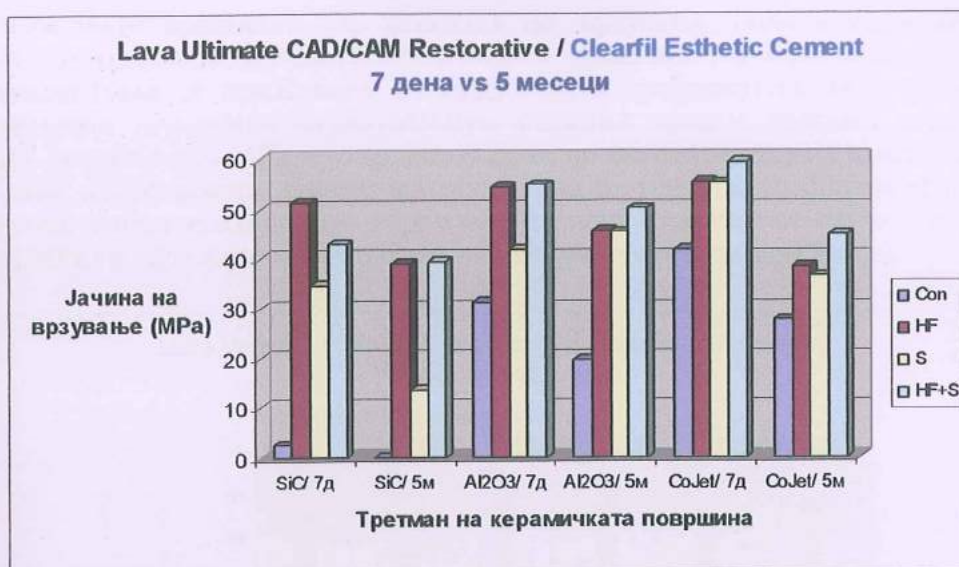
Табела 37. Средни вредности на јачината на врзување (МПа) помеѓу Lava Ultimate CAD/CAM Restorative и Clearfil Esthetic Cement за различни третмани на керамичката површина по 7-дневно и 5-месечно складирање во водена бања

| Lava Ultimate CAD/CAM Restorative / Clearfil Esthetic Cement<br>7 дена vs 5 месеци |         |         |                                     |                                     |           |          |
|------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------|----------|
|                                                                                    | SiC/ 7д | SiC/ 5м | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / 7д | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / 5м | CoJet/ 7д | CoJet/5м |
| Con                                                                                | 2.4363  | 0.0000  | 31.1861                             | 19.5756                             | 41.8549   | 27.6523  |
| HF                                                                                 | 51.3022 | 39.1057 | 54.4032                             | 45.3978                             | 55.4371   | 38.4157  |
| S                                                                                  | 34.6169 | 13.3973 | 41.7632                             | 45.2685                             | 55.1949   | 36.4948  |
| HF+S                                                                               | 42.8907 | 39.3403 | 54.859                              | 50.0250                             | 59.4587   | 44.8999  |

Дополнителен третман (спроведен по основниот) што гради најјаки и најстабилни врски и по 5-месечно складирање на примероците во водена бања помеѓу Lava Ultimate CAD/CAM Restorative и Clearfil Esthetic Cement (табела 37 и графикон 13) е нагризувањето на керамичките површини со флуороводородна киселина, проследено со силанизирање. Најефикасен основен третман што обезбедува солидна јачина на врзувањето (59.46 МПа) кога тестирањето се изведува 7 дена по подготовката на примероците е силикатизацијата (пескарење со алуминиум оксидни зрна обложени со силициум диоксид), а по 5 месечно стареење на материјалот, таков е ефектот од пескарењето на керамичките површини со алуминиум оксидни зрна (50.02 МПа).

Статистички значајна разлика во средните вредности на јачината на врзување (МПа) помеѓу Lava Ultimate CAD/CAM Restorative и Clearfil Esthetic Cement по 7-дневно и 5-месечно стареење на материјалот се забележува за третманите SiC/HF, SiC/S, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Con, и за сите дополнителни третмани кога основниот третман е силикатизација (табела 38).





Графикон 13. Средни вредности на јачината на врзување (MPa) помеѓу Lava Ultimate CAD/CAM Restorative и Clearfil Esthetic Cement за различни третмани на керамичката површина по 7-дневно и 5-месечно складирање во водена бања

Табела 38. Студентов t-тест за значајност на разликите во средните вредности на јачината на врзување помеѓу Lava Ultimate CAD/CAM Restorative и Clearfil Esthetic Cement за различни третмани на керамичката површина по 7-дневно и 5-месечно складирање во водена бања

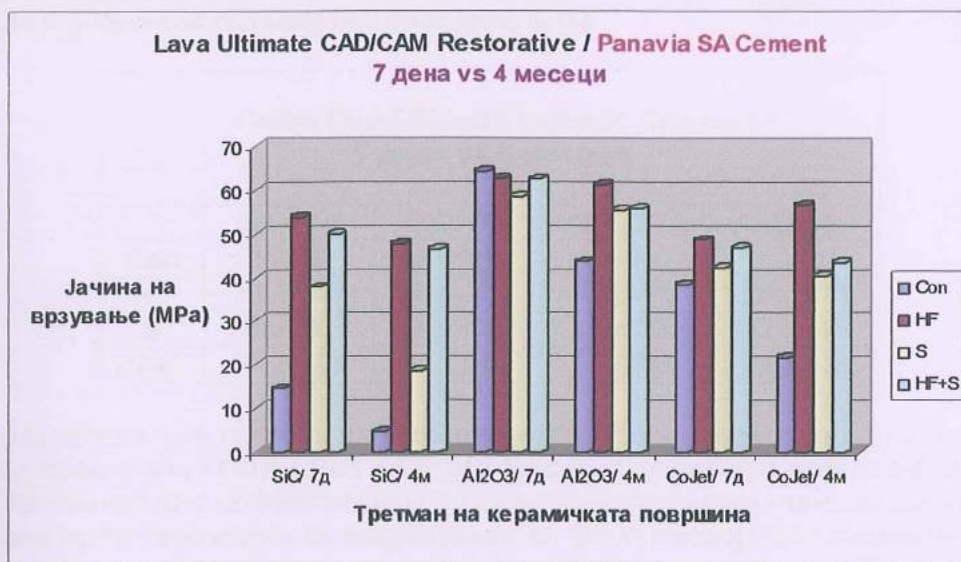
| Lava Ultim.<br>Clearfil EC           | $\bar{x}$ (MPa)<br>7 дена | SD     | SE    | $\bar{x}$ (MPa)<br>5 месеци | SD     | SE    | t     | P      |
|--------------------------------------|---------------------------|--------|-------|-----------------------------|--------|-------|-------|--------|
| SiC/Con                              | 2.436                     | 5.891  | 2.083 | 0.000↓                      | 0.000  | 0.000 | 2.365 | 0.280  |
| SiC/HF                               | 51.302                    | 6.545  | 2.314 | 39.106↓                     | 8.809  | 3.115 | 2.160 | 0.008  |
| SiC/S                                | 34.617                    | 6.277  | 2.219 | 13.397↓                     | 8.861  | 3.113 | 2.160 | <0.001 |
| SiC/HF+S                             | 42.891                    | 10.599 | 3.748 | 39.340↓                     | 8.695  | 3.074 | 2.160 | 0.477  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Con  | 31.186                    | 6.342  | 2.242 | 19.576↓                     | 7.521  | 2.659 | 2.145 | 0.005  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /HF   | 54.403                    | 9.397  | 3.322 | 45.398↓                     | 8.524  | 3.014 | 2.145 | 0.064  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /S    | 41.763                    | 13.230 | 4.678 | 45.268↓                     | 13.135 | 4.644 | 2.145 | 0.603  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /HF+S | 54.859                    | 5.073  | 1.794 | 50.025↓                     | 10.348 | 3.659 | 2.228 | 0.263  |
| CoJet/Con                            | 41.855                    | 10.577 | 3.739 | 27.652↓                     | 7.563  | 2.674 | 2.160 | 0.009  |
| CoJet/HF                             | 55.437                    | 16.088 | 5.688 | 38.416↓                     | 11.218 | 3.966 | 2.160 | 0.029  |
| CoJet/S                              | 55.195                    | 12.811 | 4.529 | 36.495↓                     | 10.200 | 3.606 | 2.160 | 0.007  |
| CoJet/HF+S                           | 59.459                    | 9.428  | 3.333 | 44.900↓                     | 5.472  | 1.935 | 2.201 | 0.003  |

Табела 39. Средни вредности на јачината на врзување (MPa) помеѓу Lava Ultimate Restorative и Panavia Self Adhesive Cement за различни третмани на керамичката површина по 7-дневно и 4-месечно складирање во водена бања

| Lava Ultimate CAD/CAM Restorative / Panavia Self Adhesive Cement<br>7 дена vs 4 месеци |         |         |                                     |                                     |           |          |
|----------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------|----------|
|                                                                                        | SiC/ 7д | SiC/ 4м | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / 7д | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / 4м | CoJet/ 7д | CoJet/4м |
| Con                                                                                    | 14.5177 | 4.6908  | 64.1949                             | 43.5293                             | 38.2898   | 21.7623  |
| HF                                                                                     | 53.8240 | 47.6747 | 62.5248                             | 61.0604                             | 48.5152   | 56.4726  |
| S                                                                                      | 37.6894 | 18.5547 | 58.4355                             | 55.1726                             | 42.0467   | 40.2623  |
| HF+S                                                                                   | 49.7881 | 46.4182 | 62.3974                             | 55.5894                             | 46.7667   | 43.4443  |



Средните вредности на јачината на врзување помеѓу Lava Ultimate CAD/CAM Restorative и Panavia SA Cement по 7-дневно и 4-месечно складирање во водена бања се прикажани на табела 39 и графикон 14; пескарењето на керамичката површина со алуминиум оксидни зрна е третман што гради најјаки врски (64.19 MPa – утврдено 7 дена по подготовката на примероците). Ако вака подготвената керамичка површина се третира со флуороводородна киселина, тогаш создадените керамичко-цементни врски се стабилни и јаки (61.06 MPa) и по 4-месечно стареење на материјалите (примероците).



Графикон 14. Средни вредности на јачината на врзување помеѓу Lava Ultimate CAD/CAM Restorative и Panavia Self Adhesive Cement за различни третмани на керамичката површина по 7-дневно и 4-месечно складирање во водена бања

Табела 40. Студентов t-тест за значајност на разликите во средните вредности на јачината на врзување (MPa) помеѓу Lava Ultimate CAD/CAM Restorative и Panavia Self Adhesive Cement за различни третмани на керамичката површина по 7-дневно и 4-месечно складирање во водена бања

| Lava Ultim.<br>Panavia SA            | $\bar{x}$ MPa<br>7 дена | SD     | SE    | $\bar{x}$ (MPa)<br>4 месеци | SD     | SE    | t     | P                |
|--------------------------------------|-------------------------|--------|-------|-----------------------------|--------|-------|-------|------------------|
| SiC/Con                              | <b>14.518</b>           | 9.764  | 3.452 | <b>4.691↓</b>               | 1.205  | 0.426 | 2.365 | <b>0.026</b>     |
| SiC/HF                               | <b>53.824</b>           | 9.001  | 3.182 | <b>47.675↓</b>              | 5.402  | 1.910 | 2.201 | 0.126            |
| SiC/S                                | <b>37.689</b>           | 9.045  | 3.198 | <b>18.555↓</b>              | 8.865  | 3.134 | 2.145 | <b>&lt;0.001</b> |
| SiC/HF+S                             | <b>49.788</b>           | 8.244  | 2.915 | <b>46.418↓</b>              | 6.368  | 2.251 | 2.160 | 0.377            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Con  | <b>64.195</b>           | 7.716  | 2.728 | <b>43.529↓</b>              | 7.092  | 2.507 | 2.145 | <b>&lt;0.001</b> |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /HF   | <b>62.525</b>           | 7.734  | 2.734 | <b>61.060↓</b>              | 7.078  | 2.502 | 2.145 | 0.699            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /S    | <b>58.435</b>           | 8.699  | 3.076 | <b>55.173↓</b>              | 9.751  | 3.447 | 2.145 | 0.492            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /HF+S | <b>62.397</b>           | 8.462  | 2.992 | <b>55.589↓</b>              | 7.417  | 2.622 | 2.145 | 0.109            |
| CoJet/Con                            | <b>38.290</b>           | 8.945  | 3.163 | <b>21.762↓</b>              | 4.499  | 1.591 | 2.228 | <b>&lt;0.001</b> |
| CoJet/HF                             | <b>48.515</b>           | 10.906 | 3.856 | <b>56.473↑</b>              | 13.264 | 4.689 | 2.160 | 0.213            |
| CoJet/S                              | <b>42.047</b>           | 15.478 | 5.472 | <b>40.262↓</b>              | 8.659  | 3.061 | 2.201 | 0.781            |
| CoJet/HF+S                           | <b>46.767</b>           | 10.093 | 3.568 | <b>43.444↓</b>              | 8.848  | 3.128 | 2.145 | 0.495            |

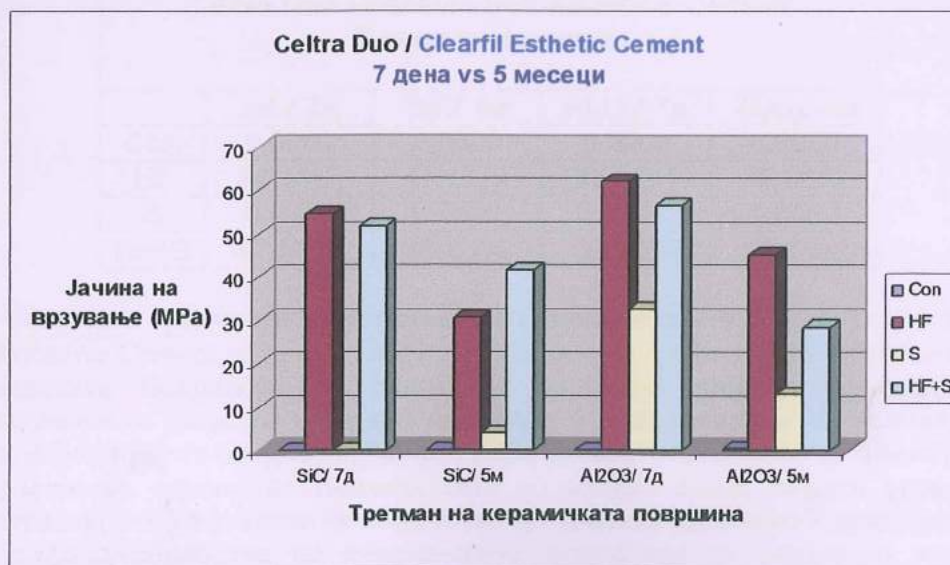


Статистички значајна разлика во средните вредности на јачината на врзување помеѓу Lava Ultimate CAD/CAM Restorative и Panavia Self Adhesive Cement по 7-дневно и 4-месечно стареење на материјалот се забележува за сите основни третмани без никаков дополнителен третман, како и за третманот што опфаќа обработка на керамичката површина со силициум карбидна хартија проследено со силанизирање (табела 40).

Табела 41. Средни вредности на јачината на врзување (МПа) помеѓу Celtra Duo и Clearfil Esthetic Cement за различни третмани на керамичката површина по 7-дневно и 5-месечно складирање во водена бања

| Celtra Duo / Clearfil Esthetic Cement<br>7 дена vs 5 месеци |         |         |                                     |                                     |
|-------------------------------------------------------------|---------|---------|-------------------------------------|-------------------------------------|
|                                                             | SiC/ 7д | SiC/ 5м | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / 7д | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / 5м |
| Con                                                         | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000                              | 0.3497                              |
| HF                                                          | 54.6506 | 30.6374 | 62.0390                             | 45.2405                             |
| S                                                           | 0.0000  | 3.9536  | 32.4705                             | 12.8661                             |
| HF+S                                                        | 51.9843 | 41.5911 | 56.5774                             | 28.5208                             |

На табела 41 и графикон 15 се прикажани средните вредности на јачината на врзување помеѓу Celtra Duo и Clearfil Esthetic Cement при што се забележува дека третманот што опфаќа пескарење на керамичката површина со алуминиум оксидни зрна проследено со нагризување со флуороводородна киселина гради најјаки, но не и најстабилни керамичко-цементни врски: 62.04 МПа, по 7 дена од подготовката на примероците и 45.24 МПа кога тестирањето се изведува по 5-месечно стареење, односно чување на примероците во водена бања; разликата меѓу овие вредности е значајна ( $P=0.016$ ).



Графикон 15. Средни вредности на јачината на врзување (МПа) помеѓу Celtra Duo и Clearfil Esthetic Cement за различни третмани на керамичката површина по 7-дневно и 5-месечно складирање во водена бања



Табела 42. Студентов t-тест за значајност на разликите во средните вредности на јачината на врзување (МПа) помеѓу Celtra Duo и Clearfil Esthetic Cement за различни третмани на керамичката површина по 7-дневно и 5-месечно складирање во водена бања

| Celtra Duo<br>Clearfil EC            | $\bar{x}$ (МПа)<br>7 дена | SD     | SE    | $\bar{x}$ (МПа)<br>5 месеци | SD     | SE    | t     | P     |
|--------------------------------------|---------------------------|--------|-------|-----------------------------|--------|-------|-------|-------|
| SiC/Con                              | 0.000                     | 0.000  | 0.000 | 0.000                       | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| SiC/HF                               | 54.651                    | 8.883  | 3.141 | 30.637↓                     | 13.957 | 4.934 | 2.179 | 0.001 |
| SiC/S                                | 0.000                     | 0.000  | 0.000 | ↑3.954                      | 5.502  | 1.945 | 2.365 | 0.082 |
| SiC/HF+S                             | 51.984                    | 14.667 | 5.186 | 41.591↓                     | 16.886 | 5.970 | 2.145 | 0.210 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Con  | 0.000                     | 0.000  | 0.000 | ↑0.350                      | 0.989  | 0.350 | 2.365 | 0.351 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /HF   | 62.039                    | 8.265  | 2.922 | 45.241↓                     | 14.530 | 5.137 | 2.201 | 0.016 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /S    | 32.471                    | 13.152 | 4.650 | 12.866↓                     | 8.978  | 3.174 | 2.179 | 0.004 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /HF+S | 56.577                    | 17.322 | 6.124 | 28.521↓                     | 8.124  | 2.872 | 2.228 | 0.002 |

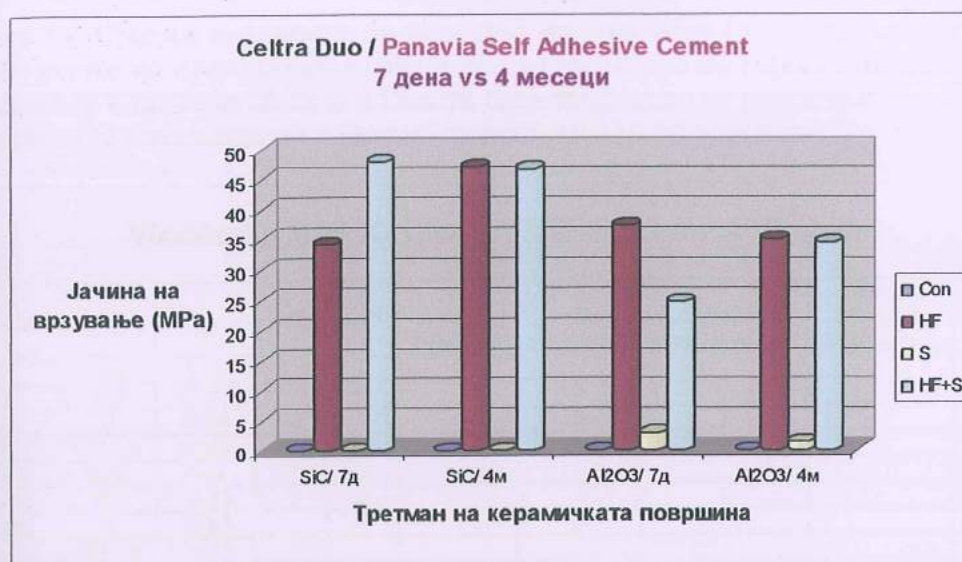
Статистички значајна разлика во средните вредности на јачината на врзување помеѓу Celtra Duo и Clearfil Esthetic Cement по 7-дневно и 5-месечно стареење на материјалот се забележува за третманите што опфаќаат нагризување на керамичките површини со флуороводородна киселина по нивна обработка со силициум карбидна хартија ( $P=0.001$ ) и за сите дополнителни третмани што следат по пескарење на врзните површини со алуминиум оксидни зрна  $P=0.016$  за Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/HF,  $P=0.004$  за Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/S и  $P=0.002$  за Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/HF+S (табела 42).

Табела 43. Средни вредности на јачината на врзување (МПа) помеѓу Celtra Duo и Panavia Self Adhesive Cement за различни третмани на керамичката површина по 7-дневно и 4-месечно складирање во водена бања

| Celtra Duo / Panavia Self Adhesive Cement<br>7 дена vs 4 месеци |         |         |                                     |                                     |
|-----------------------------------------------------------------|---------|---------|-------------------------------------|-------------------------------------|
|                                                                 | SiC/ 7д | SiC/ 4м | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / 7д | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / 4м |
| Con                                                             | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000                              | 0.0000                              |
| HF                                                              | 34.3547 | 47.1779 | 37.3101                             | 35.0832                             |
| S                                                               | 0.0000  | 0.0000  | 3.0251                              | 1.5527                              |
| HF+S                                                            | 47.8706 | 46.6912 | 24.7399                             | 34.5500                             |

Средните вредности на јачината на врзување помеѓу Celtra Duo и Panavia Self Adhesive Cement се претставени на табела 43 и графикон 16. Обработката на керамичката површина со силициум карбидна хартија проследено со нагризување со флуороводородна киселина и силанизирање е третманот што гради најјаки врски од 47.87 МПа, по 7 дена од подготвувањето на примероците. По 4-месечно чување на примероците во водена бања, најјаки керамичко-цементни врски (зајакнати со стареењето) од 47.18 МПа обезбедува третманот што опфаќа обработка на керамичките површини со силициум карбидна хартија и нагризување со флуороводородна киселина.





Графикон 16. Средни вредности на јачината на врзување (MPa) помеѓу Celtra Duo и Panavia Self Adhesive Cement за различни третмани на керамичката површина по 7-дневно и 4-месечно складирање во водена бања

Табела 44. Студентов t-тест за значајност на разликите во средните вредности на јачината на врзување (MPa) помеѓу Celtra Duo и Panavia Self Adhesive Cement за различни третмани на керамичката површина по 7-дневно и 4-месечно складирање во водена бања

| Celtra Duo<br>Panavia SA             | $\bar{x}$ (MPa)<br>7 дена | SD     | SE    | $\bar{x}$ (MPa)<br>4 месеци | SD     | SE    | t     | P     |
|--------------------------------------|---------------------------|--------|-------|-----------------------------|--------|-------|-------|-------|
| SiC/Con                              | 0.000                     | 0.000  | 0.000 | 0.000                       | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| SiC/HF                               | 34.355                    | 14.800 | 5.233 | 47.178                      | 15.240 | 5.388 | 2.145 | 0.110 |
| SiC/S                                | 0.000                     | 0.000  | 0.000 | 0.000                       | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| SiC/HF+S                             | 47.871                    | 15.911 | 5.626 | 46.691                      | 11.683 | 4.130 | 2.160 | 0.868 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Con  | 0.000                     | 0.000  | 0.000 | 0.000                       | 0.000  | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /HF   | 37.310                    | 21.709 | 7.675 | 35.083                      | 15.432 | 5.456 | 2.160 | 0.817 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /S    | 3.025                     | 5.165  | 1.826 | 1.553                       | 3.020  | 1.068 | 2.201 | 0.501 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /HF+S | 24.740                    | 15.664 | 5.538 | 34.550                      | 10.761 | 3.805 | 2.179 | 0.170 |

Не се забележува статистички значајна разлика во средните вредности на јачината на врзување помеѓу Celtra Duo и Panavia Self Adhesive Cement независно од основните или дополнителните третмани по 7-дневно и 4-месечно стареење на материјалот (табела 44).



Табела 45. Средни вредности на јачината на врзување ( $\bar{x}$ , МПа), предвременно раздвојување на примероците (ptf) и тип на фрактура по спроведување на  $\mu$ TBS тест помеѓу Vitablocks Mark II и Clearfil Esthetic Cement за различни третмани на керамичката површина по 7-дневно складирање во водена бања

| Vitablocks Mark II / Clearfil Esthetic Cement / 7 дена |      |           |     |     |                    |                 |                             |                                   |            |
|--------------------------------------------------------|------|-----------|-----|-----|--------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------------------------|------------|
| третман на КП                                          |      | $\bar{x}$ | ptf | adh | adh x2,<br>coh cem | adh,<br>coh cer | adh x2, coh<br>cem, coh cer | adh x2,<br>coh cem,<br>coh cer x2 | coh<br>cer |
| SiC                                                    | Con  | 1.16      | 7   | 7   | 1                  |                 |                             |                                   |            |
| SiC                                                    | HF   | 28.19     |     | 6   |                    | 2               |                             |                                   |            |
| SiC                                                    | S    | 45.68     |     |     |                    | 5               | 1                           |                                   | 2          |
| SiC                                                    | HF+S | 50.20     |     |     |                    | 4               | 1                           |                                   | 3          |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                         | Con  | 0.29      | 7   | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                         | HF   | 22.43     |     | 6   |                    | 1               | 1                           |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                         | S    | 45.07     |     |     |                    | 2               |                             |                                   | 6          |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                         | HF+S | 39.90     |     |     |                    | 7               |                             |                                   | 1          |
| CoJet                                                  | Con  | 0.14      | 7   | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| CoJet                                                  | HF   | 25.91     |     | 6   |                    | 2               |                             |                                   |            |
| CoJet                                                  | S    | 37.97     |     |     | 1                  | 6               |                             |                                   | 1          |
| CoJet                                                  | HF+S | 31.35     |     | 2   |                    | 5               |                             |                                   | 1          |

Табела 46. Средни вредности на јачината на врзување ( $\bar{x}$ , МПа), предвременно раздвојување на примероците (ptf) и тип на фрактура по спроведување на  $\mu$ TBS тест помеѓу Vitablocks Mark II и Clearfil Esthetic Cement за различни третмани на керамичката површина по 5-месечно складирање во водена бања

| Vitablocks Mark II / Clearfil Esthetic Cement / 5 месеци |      |           |     |     |                    |                 |                             |                                   |            |
|----------------------------------------------------------|------|-----------|-----|-----|--------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------------------------|------------|
| третман на КП                                            |      | $\bar{x}$ | ptf | adh | adh x2,<br>coh cem | adh,<br>coh cer | adh x2, coh<br>cem, coh cer | adh x2,<br>coh cem,<br>coh cer x2 | coh<br>cer |
| SiC                                                      | Con  | 2.33      | 6   | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| SiC                                                      | HF   | 23.92     |     | 4   | 3                  | 1               |                             |                                   |            |
| SiC                                                      | S    | 38.75     |     |     |                    | 3               | 2                           |                                   | 3          |
| SiC                                                      | HF+S | 39.62     |     |     |                    | 6               | 1                           |                                   | 1          |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                           | Con  | 0.18      | 7   | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                           | HF   | 29.87     |     | 3   | 2                  | 2               | 1                           |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                           | S    | 28.85     |     |     |                    | 4               | 1                           | 1                                 | 2          |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                           | HF+S | 32.28     |     | 1   |                    | 4               | 1                           |                                   | 2          |
| CoJet                                                    | Con  | 0.73      | 7   | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| CoJet                                                    | HF   | 26.09     |     | 5   | 2                  | 1               |                             |                                   |            |
| CoJet                                                    | S    | 31.55     |     |     |                    | 3               | 5                           |                                   |            |
| CoJet                                                    | HF+S | 36.32     |     |     |                    | 6               | 1                           |                                   | 1          |

Табела 47. Средни вредности на јачината на врзување ( $\bar{x}$ , МПа), предвремено раздвојување на примероците (ptf) и тип на фрактура по спроведување на  $\mu$ TBS тест помеѓу Vitablocks Mark II и Panavia Self Adhesive Cement за различни третмани на керамичката површина по 7-дневно складирање во водена бања

| Vitablocks Mark II / Panavia Self Adhesive Cement / 7 дена |      |           |     |     |                    |                 |                             |                                   |            |
|------------------------------------------------------------|------|-----------|-----|-----|--------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------------------------|------------|
| третман на КП                                              |      | $\bar{x}$ | ptf | adh | adh x2,<br>coh cem | adh,<br>coh cer | adh x2, coh<br>cem, coh cer | adh x2,<br>coh cem,<br>coh cer x2 | coh<br>cer |
| SiC                                                        | Con  | 0.27      | 6   | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| SiC                                                        | HF   | 33.22     |     | 4   | 1                  | 2               | 1                           |                                   |            |
| SiC                                                        | S    | 39.96     |     |     |                    | 3               | 3                           |                                   | 1          |
| SiC                                                        | HF+S | 26.27     |     |     |                    | 5               | 1                           | 2                                 |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                             | Con  | 0.00      | 8   | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                             | HF   | 25.85     |     | 1   | 6                  |                 | 1                           |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                             | S    | 29.35     |     |     |                    | 4               |                             | 4                                 |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                             | HF+S | 26.97     |     |     |                    | 7               |                             | 1                                 |            |
| CoJet                                                      | Con  | 7.09      |     | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| CoJet                                                      | HF   | 26.47     |     | 1   | 4                  | 2               |                             |                                   | 1          |
| CoJet                                                      | S    | 41.66     |     |     |                    | 2               |                             |                                   | 6          |
| CoJet                                                      | HF+S | 35.38     |     |     |                    | 3               |                             |                                   | 5          |

Табела 48. Средни вредности на јачината на врзување ( $\bar{x}$ , МПа), предвремено раздвојување на примероците (ptf) и тип на фрактура по спроведување на  $\mu$ TBS тест помеѓу Vitablocks Mark II и Panavia Self Adhesive Cement за различни третмани на керамичката површина по 4-месечно складирање во водена бања

| Vitablocks Mark II / Panavia Self Adhesive Cement / 4 месеци |      |           |     |     |                    |                 |                             |                                   |            |
|--------------------------------------------------------------|------|-----------|-----|-----|--------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------------------------|------------|
| третман на КП                                                |      | $\bar{x}$ | ptf | adh | adh x2,<br>coh cem | adh,<br>coh cer | adh x2, coh<br>cem, coh cer | adh x2,<br>coh cem,<br>coh cer x2 | coh<br>cer |
| SiC                                                          | Con  | 4.66      | 3   | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| SiC                                                          | HF   | 32.67     |     | 3   | 2                  | 2               | 1                           |                                   |            |
| SiC                                                          | S    | 42.96     |     |     |                    | 2               | 3                           | 2                                 | 1          |
| SiC                                                          | HF+S | 34.69     |     |     |                    | 6               | 2                           |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                               | Con  | 0.00      | 8   | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                               | HF   | 18.78     |     | 4   |                    | 2               | 2                           |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                               | S    | 30.12     |     |     | 1                  | 6               | 1                           |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                               | HF+S | 28.04     |     |     |                    | 7               |                             | 1                                 |            |
| CoJet                                                        | Con  | 12.16     |     | 3   | 5                  |                 |                             |                                   |            |
| CoJet                                                        | HF   | 26.21     |     | 3   | 4                  | 1               |                             |                                   |            |
| CoJet                                                        | S    | 42.08     |     |     |                    | 4               | 1                           |                                   | 3          |
| CoJet                                                        | HF+S | 34.07     |     |     |                    | 6               | 2                           |                                   |            |



Табела 49. Средни вредности на јачината на врзување ( $\bar{x}$ , МПа), предвременно раздвојување на примероците (ptf) и тип на фрактура по спроведување на  $\mu$ TBS тест помеѓу IPS Empress CAD и Clearfil Esthetic Cement за различни третмани на керамичката површина по 7-дневно складирање во водена бања

| IPS Empress CAD / Clearfil Esthetic Cement / 7 дена |      |           |     |     |                    |                 |                             |                                   |            |
|-----------------------------------------------------|------|-----------|-----|-----|--------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------------------------|------------|
| третман на КП                                       |      | $\bar{x}$ | ptf | adh | adh x2,<br>coh cem | adh,<br>coh cer | adh x2, coh<br>cem, coh cer | adh x2,<br>coh cem,<br>coh cer x2 | coh<br>cer |
| SiC                                                 | Con  | 2.83      | 6   | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| SiC                                                 | HF   | 24.24     |     | 7   |                    | 1               |                             |                                   |            |
| SiC                                                 | S    | 27.15     |     | 1   |                    | 6               | 1                           |                                   |            |
| SiC                                                 | HF+S | 38.93     |     |     |                    | 7               | 1                           |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                      | Con  | 0.32      | 7   | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                      | HF   | 30.69     |     | 5   | 1                  | 1               | 1                           |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                      | S    | 56.55     |     |     | 1                  | 1               | 1                           | 4                                 | 1          |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                      | HF+S | 49.43     |     |     | 1                  | 5               | 1                           | 1                                 |            |
| CoJet                                               | Con  | 0.00      | 8   | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| CoJet                                               | HF   | 21.42     |     | 6   | 2                  |                 |                             |                                   |            |
| CoJet                                               | S    | 45.30     |     |     |                    | 5               | 1                           | 2                                 |            |
| CoJet                                               | HF+S | 44.67     |     |     |                    | 6               |                             |                                   | 2          |

Табела 50. Средни вредности на јачината на врзување ( $\bar{x}$ , МПа), предвременно раздвојување на примероците (ptf) и тип на фрактура по спроведување на  $\mu$ TBS тест помеѓу IPS Empress CAD и Clearfil Esthetic Cement за различни третмани на керамичката површина по 5-месечно складирање во водена бања

| IPS Empress CAD / Clearfil Esthetic Cement / 5 месеци |      |           |     |     |                    |                 |                             |                                   |            |
|-------------------------------------------------------|------|-----------|-----|-----|--------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------------------------|------------|
| третман на КП                                         |      | $\bar{x}$ | ptf | adh | adh x2,<br>coh cem | adh,<br>coh cer | adh x2, coh<br>cem, coh cer | adh x2,<br>coh cem,<br>coh cer x2 | coh<br>cer |
| SiC                                                   | Con  | 1.62      | 6   | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| SiC                                                   | HF   | 16.99     |     | 6   |                    | 1               | 1                           |                                   |            |
| SiC                                                   | S    | 33.90     |     |     |                    | 7               | 1                           |                                   |            |
| SiC                                                   | HF+S | 34.91     |     |     |                    | 7               |                             |                                   | 1          |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                        | Con  | 0.34      | 7   | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                        | HF   | 25.80     |     | 4   | 4                  |                 |                             |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                        | S    | 42.77     |     |     |                    | 4               | 2                           | 2                                 |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                        | HF+S | 37.41     |     |     |                    | 4               | 3                           | 1                                 |            |
| CoJet                                                 | Con  | 0.00      | 8   | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| CoJet                                                 | HF   | 27.26     |     | 6   |                    | 2               |                             |                                   |            |
| CoJet                                                 | S    | 44.14     |     |     |                    | 5               | 1                           | 1                                 | 1          |
| CoJet                                                 | HF+S | 37.82     |     |     |                    | 4               | 3                           |                                   | 1          |

Табела 51. Средни вредности на јачината на врзување ( $\bar{x}$ , МПа), предвременно раздвојување на примероците (ptf) и тип на фрактура по спроведување на  $\mu$ TBS тест помеѓу IPS Empress CAD и Panavia Self Adhesive Cement за различни третмани на керамичката површина по 7-дневно складирање во водена бања

| IPS Empress CAD / Panavia Self Adhesive Cement / 7 дена |      |           |     |     |                    |                 |                             |                                   |            |
|---------------------------------------------------------|------|-----------|-----|-----|--------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------------------------|------------|
| третман на КП                                           |      | $\bar{x}$ | ptf | adh | adh x2,<br>coh cem | adh,<br>coh cer | adh x2, coh<br>cem, coh cer | adh x2,<br>coh cem,<br>coh cer x2 | coh<br>cer |
| SiC                                                     | Con  | 0.00      | 8   | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| SiC                                                     | HF   | 23.41     |     | 2   | 3                  | 1               | 2                           |                                   |            |
| SiC                                                     | S    | 49.92     |     |     |                    | 2               | 2                           | 3                                 | 1          |
| SiC                                                     | HF+S | 34.29     |     |     |                    | 4               | 4                           |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                          | Con  | 1.96      | 5   | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                          | HF   | 30.88     |     |     | 3                  | 2               | 3                           |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                          | S    | 48.33     |     |     | 1                  | 3               | 1                           | 3                                 |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                          | HF+S | 33.45     |     |     |                    | 4               | 2                           | 2                                 |            |
| CoJet                                                   | Con  | 2.88      | 4   | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| CoJet                                                   | HF   | 26.03     |     | 5   | 3                  |                 |                             |                                   |            |
| CoJet                                                   | S    | 36.28     |     |     |                    | 3               | 3                           | 1                                 | 1          |
| CoJet                                                   | HF+S | 31.77     |     |     |                    | 6               | 1                           |                                   | 1          |

Табела 52. Средни вредности на јачината на врзување ( $\bar{x}$ , МПа), предвременно раздвојување на примероците (ptf) и тип на фрактура по спроведување на  $\mu$ TBS тест помеѓу IPS e.max CAD и Panavia Self Adhesive Cement за различни третмани на керамичката површина по 7-дневно складирање во водена бања

| IPS e.max CAD / Panavia Self Adhesive Cement / 7 дена |      |           |     |     |                    |                 |                             |                                   |            |
|-------------------------------------------------------|------|-----------|-----|-----|--------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------------------------|------------|
| третман на КП                                         |      | $\bar{x}$ | ptf | adh | adh x2,<br>coh cem | adh,<br>coh cer | adh x2, coh<br>cem, coh cer | adh x2,<br>coh cem,<br>coh cer x2 | coh<br>cer |
| SiC                                                   | Con  | 0.00      | 8   | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| SiC                                                   | HF   | 20.76     |     | 4   | 4                  |                 |                             |                                   |            |
| SiC                                                   | S    | 9.31      | 2   | 6   | 2                  |                 |                             |                                   |            |
| SiC                                                   | HF+S | 51.65     |     |     | 8                  |                 |                             |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                        | Con  | 0.00      | 8   | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                        | HF   | 17.68     |     | 4   | 4                  |                 |                             |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                        | S    | 9.98      |     | 7   | 1                  |                 |                             |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                        | HF+S | 37.68     |     | 1   | 7                  |                 |                             |                                   |            |
| CoJet                                                 | Con  | 0.17      | 7   | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| CoJet                                                 | HF   | 36.26     |     | 5   | 3                  |                 |                             |                                   |            |
| CoJet                                                 | S    | 16.58     |     | 4   | 4                  |                 |                             |                                   |            |
| CoJet                                                 | HF+S | 39.92     |     |     | 8                  |                 |                             |                                   |            |



Табела 53. Средни вредности на јачината на врзување ( $\bar{x}$ , МПа), предвременно раздвојување на примероците (ptf) и тип на фрактура по спроведување на  $\mu$ TBS тест помеѓу IPS e.max CAD и Clearfil Esthetic Cement за различни третмани на керамичката површина по 7-дневно складирање во водена бања

| IPS e.max CAD / Clearfil Esthetic Cement / 7 дена |      |           |     |     |                    |                 |                             |                                   |            |
|---------------------------------------------------|------|-----------|-----|-----|--------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------------------------|------------|
| третман на КП                                     |      | $\bar{x}$ | ptf | adh | adh x2,<br>coh cem | adh,<br>coh cer | adh x2, coh<br>cem, coh cer | adh x2,<br>coh cem,<br>coh cer x2 | coh<br>cer |
| SiC                                               | Con  | 0.00      | 8   | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| SiC                                               | HF   | 30.28     |     | 6   | 2                  |                 |                             |                                   |            |
| SiC                                               | S    | 11.46     |     | 7   | 1                  |                 |                             |                                   |            |
| SiC                                               | HF+S | 55.77     |     | 5   | 3                  |                 |                             |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                    | Con  | 0.17      | 7   | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                    | HF   | 32.1      |     | 7   | 1                  |                 |                             |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                    | S    | 41.54     |     | 7   | 1                  |                 |                             |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                    | HF+S | 63.0      |     | 5   | 3                  |                 |                             |                                   |            |
| CoJet                                             | Con  | 12.37     | 3   | 7   | 1                  |                 |                             |                                   |            |
| CoJet                                             | HF   | 37.91     |     | 4   | 4                  |                 |                             |                                   |            |
| CoJet                                             | S    | 45.20     |     | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| CoJet                                             | HF+S | 73.50     |     | 7   | 1                  |                 |                             |                                   |            |

Табела 54. Средни вредности на јачината на врзување ( $\bar{x}$ , МПа), предвременно раздвојување на примероците (ptf) и тип на фрактура по спроведување на  $\mu$ TBS тест помеѓу IPS e.max CAD и Clearfil Esthetic Cement за различни третмани на керамичката површина по 5-месечно складирање во водена бања

| IPS e.max CAD / Clearfil Esthetic Cement / 5 месеци |      |           |     |     |                    |                 |                             |                                   |            |
|-----------------------------------------------------|------|-----------|-----|-----|--------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------------------------|------------|
| третман на КП                                       |      | $\bar{x}$ | ptf | adh | adh x2,<br>coh cem | adh,<br>coh cer | adh x2, coh<br>cem, coh cer | adh x2,<br>coh cem,<br>coh cer x2 | coh<br>cer |
| SiC                                                 | Con  | 0.00      | 8   | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| SiC                                                 | HF   | 33.02     |     | 2   | 6                  |                 |                             |                                   |            |
| SiC                                                 | S    | 3.47      | 2   | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| SiC                                                 | HF+S | 41.26     |     | 5   | 3                  |                 |                             |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                      | Con  | 1.86      | 6   | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                      | HF   | 16.84     |     | 6   | 2                  |                 |                             |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                      | S    | 15.81     |     | 7   | 1                  |                 |                             |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                      | HF+S | 36.50     |     | 3   | 5                  |                 |                             |                                   |            |
| CoJet                                               | Con  | 8.06      | 4   | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| CoJet                                               | HF   | 29.54     |     | 6   | 2                  |                 |                             |                                   |            |
| CoJet                                               | S    | 16.26     |     | 2   | 6                  |                 |                             |                                   |            |
| CoJet                                               | HF+S | 40.68     |     | 2   | 6                  |                 |                             |                                   |            |

Табела 55. Средни вредности на јачината на врзување ( $\bar{x}$ , МПа), предвременно раздвојување на примероците (ptf) и тип на фрактура по спроведување на  $\mu$ TBS тест помеѓу Vita Enamic и Clearfil Esthetic Cement за различни третмани на керамичката површина по 7-дневно складирање во водена бања

| Vita Enamic / Clearfil Esthetic Cement / 7 дена |      |           |     |     |                    |                 |                             |                                   |
|-------------------------------------------------|------|-----------|-----|-----|--------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| третман на КП                                   |      | $\bar{x}$ | ptf | adh | adh x2,<br>coh cem | adh,<br>coh cer | adh x2, coh<br>cem, coh cer | adh x2,<br>coh cem,<br>coh cer x2 |
| SiC                                             | Con  | 17.78     |     | 8   |                    |                 |                             |                                   |
| SiC                                             | HF   | 33.41     |     | 4   | 3                  |                 | 1                           |                                   |
| SiC                                             | S    | 52.41     |     | 1   |                    | 1               |                             | 6                                 |
| SiC                                             | HF+S | 53.51     |     |     |                    | 2               |                             | 6                                 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                  | Con  | 29.40     |     | 7   |                    | 1               |                             |                                   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                  | HF   | 41.67     |     | 5   | 2                  | 1               |                             |                                   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                  | S    | 49.27     |     |     |                    | 3               |                             | 5                                 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                  | HF+S | 52.94     |     |     |                    | 5               |                             | 3                                 |
| CoJet                                           | Con  | 27.92     |     | 8   |                    |                 |                             |                                   |
| CoJet                                           | HF   | 33.14     |     | 2   | 2                  | 1               | 2                           | 1                                 |
| CoJet                                           | S    | 47.85     |     | 1   |                    | 3               | 1                           | 3                                 |
| CoJet                                           | HF+S | 57.77     |     |     |                    | 5               | 1                           | 2                                 |

Табела 56. Средни вредности на јачината на врзување ( $\bar{x}$ , МПа), предвременно раздвојување на примероците (ptf) и тип на фрактура по спроведување на  $\mu$ TBS тест помеѓу Vita Enamic и Clearfil Esthetic Cement за различни третмани на керамичката површина по 5-месечно складирање во водена бања

| Vita Enamic / Clearfil Esthetic Cement / 5 месеци |      |           |     |     |                    |                 |                             |                                   |
|---------------------------------------------------|------|-----------|-----|-----|--------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| третман на КП                                     |      | $\bar{x}$ | ptf | adh | adh x2,<br>coh cem | adh,<br>coh cer | adh x2, coh<br>cem, coh cer | adh x2,<br>coh cem,<br>coh cer x2 |
| SiC                                               | Con  | 9.91      |     | 8   |                    |                 |                             |                                   |
| SiC                                               | HF   | 30.62     |     | 7   | 1                  |                 |                             |                                   |
| SiC                                               | S    | 47.15     |     | 2   |                    | 1               |                             | 5                                 |
| SiC                                               | HF+S | 47.88     |     |     |                    |                 |                             | 8                                 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                    | Con  | 18.53     |     | 8   |                    |                 |                             |                                   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                    | HF   | 33.81     |     | 5   | 1                  |                 |                             | 2                                 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                    | S    | 47.94     |     |     |                    | 1               |                             | 7                                 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                    | HF+S | 43.32     |     |     |                    | 3               |                             | 4                                 |
| CoJet                                             | Con  | 20.55     |     | 7   | 1                  |                 |                             |                                   |
| CoJet                                             | HF   | 30.07     |     | 6   | 2                  |                 |                             |                                   |
| CoJet                                             | S    | 47.32     |     |     | 1                  | 1               |                             | 5                                 |
| CoJet                                             | HF+S | 47.35     |     |     |                    | 1               | 1                           | 6                                 |



Табела 57. Средни вредности на јачината на врзување ( $\bar{x}$ , МПа), предвременно раздвојување на примероците (ptf) и тип на фрактура по спроведување на  $\mu$ TBS тест помеѓу Vita Enamic и Panavia Self Adhesive Cement за различни третмани на керамичката површина по 7-дневно складирање во водена бања

| Vita Enamic / Panavia Self Adhesive Cement / 7 дена |      |           |     |     |                    |                 |                             |                                   |            |
|-----------------------------------------------------|------|-----------|-----|-----|--------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------------------------|------------|
| третман на КП                                       |      | $\bar{x}$ | ptf | adh | adh x2,<br>coh cem | adh,<br>coh cer | adh x2, coh<br>cem, coh cer | adh x2,<br>coh cem,<br>coh cer x2 | coh<br>cer |
| SiC                                                 | Con  | 15.48     |     | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| SiC                                                 | HF   | 26.49     |     | 4   | 3                  | 1               |                             |                                   |            |
| SiC                                                 | S    | 45.30     |     | 1   |                    | 4               | 2                           |                                   | 1          |
| SiC                                                 | HF+S | 44.18     |     |     |                    | 2               | 1                           | 2                                 | 3          |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                      | Con  | 22.68     |     | 6   | 1                  | 1               |                             |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                      | HF   | 32.61     |     | 1   | 4                  | 3               |                             |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                      | S    | 48.22     |     |     |                    | 5               |                             |                                   | 3          |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                      | HF+S | 44.16     |     |     |                    | 4               | 1                           | 2                                 | 1          |
| CoJet                                               | Con  | 24.87     |     | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| CoJet                                               | HF   | 27.77     |     | 6   |                    | 2               |                             |                                   |            |
| CoJet                                               | S    | 44.35     |     | 1   |                    | 7               |                             |                                   |            |
| CoJet                                               | HF+S | 49.15     |     |     |                    | 4               |                             |                                   | 4          |

Табела 58. Средни вредности на јачината на врзување ( $\bar{x}$ , МПа), предвременно раздвојување на примероците (ptf) и тип на фрактура по спроведување на  $\mu$ TBS тест помеѓу Vita Enamic и Panavia Self Adhesive Cement за различни третмани на керамичката површина по 4-месечно складирање во водена бања

| Vita Enamic / Panavia Self Adhesive Cement / 4 месеци |      |           |     |     |                    |                 |                             |                                   |            |
|-------------------------------------------------------|------|-----------|-----|-----|--------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------------------------|------------|
| третман на КП                                         |      | $\bar{x}$ | ptf | adh | adh x2,<br>coh cem | adh,<br>coh cer | adh x2, coh<br>cem, coh cer | adh x2,<br>coh cem,<br>coh cer x2 | coh<br>cer |
| SiC                                                   | Con  | 11.11     |     | 7   | 1                  |                 |                             |                                   |            |
| SiC                                                   | HF   | 31.23     |     | 4   | 2                  | 2               |                             |                                   |            |
| SiC                                                   | S    | 33.71     |     | 1   | 3                  | 3               |                             |                                   | 1          |
| SiC                                                   | HF+S | 43.20     |     |     |                    | 1               | 2                           |                                   | 5          |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                        | Con  | 20.12     |     | 7   | 1                  |                 |                             |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                        | HF   | 31.79     |     | 5   | 1                  | 1               | 1                           |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                        | S    | 46.49     |     |     |                    | 6               |                             |                                   | 2          |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                        | HF+S | 45.03     |     |     |                    | 4               | 3                           |                                   | 1          |
| CoJet                                                 | Con  | 21.61     |     | 7   | 1                  |                 |                             |                                   |            |
| CoJet                                                 | HF   | 29.40     |     | 3   | 5                  |                 |                             |                                   |            |
| CoJet                                                 | S    | 44.00     |     |     | 3                  |                 | 2                           |                                   | 3          |
| CoJet                                                 | HF+S | 44.58     |     |     |                    | 3               | 1                           | 3                                 | 1          |

Табела 59. Средни вредности на јачината на врзување ( $\bar{x}$ , МПа), предвременно раздвојување на примероците (ptf) и тип на фрактура по спроведување на  $\mu$ TBS тест помеѓу Lava Ultimate CAD/CAM Restorative и Clearfil Esthetic Cement за различни третмани на керамичката површина по 7-дневно складирање во водена бања

| Lava Ultimate CAD/CAM Restorative / Clearfil Esthetic Cement / 7 дена |      |           |     |     |                    |                 |                             |                                   |            |
|-----------------------------------------------------------------------|------|-----------|-----|-----|--------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------------------------|------------|
| третман на КП                                                         |      | $\bar{x}$ | ptf | adh | adh x2,<br>coh cem | adh,<br>coh cer | adh x2, coh<br>cem, coh cer | adh x2,<br>coh cem,<br>coh cer x2 | coh<br>cer |
| SiC                                                                   | Con  | 2.47      | 6   | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| SiC                                                                   | HF   | 51.30     |     | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| SiC                                                                   | S    | 34.62     |     | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| SiC                                                                   | HF+S | 42.89     |     | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                        | Con  | 31.19     |     | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                        | HF   | 54.40     |     | 7   |                    |                 |                             |                                   | 1          |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                        | S    | 41.76     |     | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                        | HF+S | 54.86     |     | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| CoJet                                                                 | Con  | 41.85     |     | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| CoJet                                                                 | HF   | 55.44     |     | 6   |                    |                 |                             |                                   | 2          |
| CoJet                                                                 | S    | 55.19     |     | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| CoJet                                                                 | HF+S | 59.46     |     | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |

Табела 60. Средни вредности на јачината на врзување ( $\bar{x}$ , МПа), предвременно раздвојување на примероците (ptf) и тип на фрактура по спроведување на  $\mu$ TBS тест помеѓу Lava Ultimate CAD/CAM Restorative и Clearfil Esthetic Cement за различни третмани на керамичката површина по 5-месечно складирање во водена бања

| Lava Ultimate CAD/CAM Restorative / Clearfil Esthetic Cement / 5 месеци |      |           |     |     |                    |                 |                             |                                   |            |
|-------------------------------------------------------------------------|------|-----------|-----|-----|--------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------------------------|------------|
| третман на КП                                                           |      | $\bar{x}$ | ptf | adh | adh x2,<br>coh cem | adh,<br>coh cer | adh x2, coh<br>cem, coh cer | adh x2,<br>coh cem,<br>coh cer x2 | coh<br>cer |
| SiC                                                                     | Con  | 0.00      | 8   | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| SiC                                                                     | HF   | 39.11     |     | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| SiC                                                                     | S    | 13.40     |     | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| SiC                                                                     | HF+S | 39.34     |     | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                          | Con  | 19.58     |     | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                          | HF   | 45.40     |     | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                          | S    | 45.27     |     | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                          | HF+S | 50.03     |     | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| CoJet                                                                   | Con  | 27.65     |     | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| CoJet                                                                   | HF   | 38.42     |     | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| CoJet                                                                   | S    | 36.49     |     | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| CoJet                                                                   | HF+S | 44.90     |     | 7   | 1                  |                 |                             |                                   |            |



Табела 61. Средни вредности на јачината на врзување ( $\bar{x}$ , МПа), предвременно раздвојување на примероците (ptf) и тип на фрактура по спроведување на  $\mu$ TBS тест помеѓу Lava Ultimate CAD/CAM Restorative и Panavia Self Adhesive Cement за различни третмани на керамичката површина по 7-дневно складирање во водена бања

| Lava Ultimate CAD/CAM Restorative / Panavia Self Adhesive Cement<br>7 дена |      |           |     |     |                    |                 |                             |                                   |            |
|----------------------------------------------------------------------------|------|-----------|-----|-----|--------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------------------------|------------|
| третман на КП                                                              |      | $\bar{x}$ | ptf | adh | adh x2,<br>coh cem | adh,<br>coh cer | adh x2, coh<br>cem, coh cer | adh x2,<br>coh cem,<br>coh cer x2 | coh<br>cer |
| SiC                                                                        | Con  | 14.52     |     | 7   | 1                  |                 |                             |                                   |            |
| SiC                                                                        | HF   | 53.82     |     | 7   |                    | 1               |                             |                                   |            |
| SiC                                                                        | S    | 37.69     |     | 6   | 1                  | 1               |                             |                                   |            |
| SiC                                                                        | HF+S | 49.79     |     | 4   | 1                  |                 | 1                           |                                   | 2          |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                             | Con  | 64.19     |     | 1   | 4                  | 1               | 2                           |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                             | HF   | 62.52     |     | 7   | 1                  |                 |                             |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                             | S    | 58.44     |     | 1   | 3                  |                 | 3                           |                                   | 1          |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                             | HF+S | 62.40     |     | 5   | 2                  |                 | 1                           |                                   |            |
| CoJet                                                                      | Con  | 38.29     |     | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| CoJet                                                                      | HF   | 48.52     |     | 7   |                    |                 |                             |                                   | 1          |
| CoJet                                                                      | S    | 42.05     |     | 6   |                    | 1               |                             |                                   | 1          |
| CoJet                                                                      | HF+S | 46.77     |     | 7   |                    |                 |                             |                                   | 1          |

Табела 62. Средни вредности на јачината на врзување ( $\bar{x}$ , МПа), предвременно раздвојување на примероците (ptf) и тип на фрактура по спроведување на  $\mu$ TBS тест помеѓу Lava Ultimate CAD/CAM Restorative и Panavia Self Adhesive Cement за различни третмани на керамичката површина по 4-месечно складирање во водена бања

| Lava Ultimate CAD/CAM Restorative / Panavia Self Adhesive Cement<br>4 месеци |      |           |     |     |                    |                 |                             |                                   |            |
|------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|-----|-----|--------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------------------------|------------|
| третман на КП                                                                |      | $\bar{x}$ | ptf | adh | adh x2,<br>coh cem | adh,<br>coh cer | adh x2, coh<br>cem, coh cer | adh x2,<br>coh cem,<br>coh cer x2 | coh<br>cer |
| SiC                                                                          | Con  | 4.69      |     | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| SiC                                                                          | HF   | 47.67     |     | 7   |                    |                 |                             |                                   | 1          |
| SiC                                                                          | S    | 18.55     |     | 5   | 3                  |                 |                             |                                   |            |
| SiC                                                                          | HF+S | 46.42     |     | 3   | 3                  |                 | 1                           |                                   | 1          |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                               | Con  | 43.53     |     | 5   | 2                  |                 | 1                           |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                               | HF   | 61.06     |     | 1   | 6                  |                 | 1                           |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                               | S    | 55.17     |     | 1   | 4                  |                 | 2                           |                                   | 1          |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                               | HF+S | 55.59     |     | 4   | 2                  | 1               | 1                           |                                   |            |
| CoJet                                                                        | Con  | 21.76     |     | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| CoJet                                                                        | HF   | 56.47     |     | 4   | 2                  |                 |                             |                                   | 2          |
| CoJet                                                                        | S    | 40.26     |     | 7   | 1                  |                 |                             |                                   |            |
| CoJet                                                                        | HF+S | 43.44     |     | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |

Табела 63. Средни вредности на јачината на врзување ( $\bar{x}$ , МПа), предвремено раздвојување на примероците (ptf) и тип на фрактура по спроведување на  $\mu$ TBS тест помеѓу Celtra Duo и Clearfil Esthetic Cement за различни третмани на керамичката површина по 7-дневно складирање во водена бања

| Celtra Duo / Clearfil Esthetic Cement / 7 дена |      |           |     |     |                    |                 |                             |                                   |            |
|------------------------------------------------|------|-----------|-----|-----|--------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------------------------|------------|
| третман на КП                                  |      | $\bar{x}$ | ptf | adh | adh x2,<br>coh cem | adh,<br>coh cer | adh x2, coh<br>cem, coh cer | adh x2,<br>coh cem,<br>coh cer x2 | coh<br>cer |
| SiC                                            | Con  | 0.00      | 8   | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| SiC                                            | HF   | 54.65     |     | 3   | 3                  | 2               |                             |                                   |            |
| SiC                                            | S    | 0.00      | 8   | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| SiC                                            | HF+S | 51.98     |     | 3   |                    | 3               | 2                           |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                 | Con  | 0.00      | 8   | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                 | HF   | 62.04     |     | 3   | 4                  |                 | 1                           |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                 | S    | 32.47     |     | 6   |                    | 2               |                             |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                 | HF+S | 56.58     |     | 2   | 1                  | 4               | 1                           |                                   |            |
| CoJet                                          | Con  | 0.00      | 8   | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| CoJet                                          | HF   | 43.86     |     | 2   | 3                  | 3               |                             |                                   |            |
| CoJet                                          | S    | 18.20     |     | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| CoJet                                          | HF+S | 43.03     |     | 2   | 3                  | 2               | 1                           |                                   |            |

Табела 64. Средни вредности на јачината на врзување ( $\bar{x}$ , МПа), предвремено раздвојување на примероците (ptf) и тип на фрактура по спроведување на  $\mu$ TBS тест помеѓу Celtra Duo и Clearfil Esthetic Cement за различни третмани на керамичката површина по 5-месечно складирање во водена бања

| Celtra Duo / Clearfil Esthetic Cement / 5 месеци |      |           |     |     |                    |                 |                             |                                   |            |
|--------------------------------------------------|------|-----------|-----|-----|--------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------------------------|------------|
| третман на КП                                    |      | $\bar{x}$ | ptf | adh | adh x2,<br>coh cem | adh,<br>coh cer | adh x2, coh<br>cem, coh cer | adh x2,<br>coh cem,<br>coh cer x2 | coh<br>cer |
| SiC                                              | Con  | 0.00      | 8   | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| SiC                                              | HF   | 30.64     |     | 3   |                    | 5               |                             |                                   |            |
| SiC                                              | S    | 3.95      |     | 7   | 1                  |                 |                             |                                   |            |
| SiC                                              | HF+S | 41.59     |     | 2   |                    | 6               |                             |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                   | Con  | 0.35      | 7   | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                   | HF   | 45.24     |     | 4   |                    | 3               |                             | 1                                 |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                   | S    | 12.87     |     | 4   | 4                  |                 |                             |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                   | HF+S | 28.52     |     | 1   | 2                  | 3               | 1                           | 1                                 |            |



Табела 65. Средни вредности на јачината на врзување ( $\bar{x}$ , МПа), предвременно раздвојување на примероците (ptf) и тип на фрактура по спроведување на  $\mu$ TBS тест помеѓу Celtra Duo и Panavia Self Adhesive Cement за различни третмани на керамичката површина по 7-дневно складирање во водена бања

| Celtra Duo / Panavia Self Adhesive Cement / 7 дена |      |           |     |     |                    |                 |                             |                                   |            |
|----------------------------------------------------|------|-----------|-----|-----|--------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------------------------|------------|
| третман на КП                                      |      | $\bar{x}$ | ptf | adh | adh x2,<br>coh cem | adh,<br>coh cer | adh x2, coh<br>cem, coh cer | adh x2,<br>coh cem,<br>coh cer x2 | coh<br>cer |
| SiC                                                | Con  | 0.00      | 8   | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| SiC                                                | HF   | 34.35     |     | 5   |                    | 2               | 1                           |                                   |            |
| SiC                                                | S    | 0.00      | 8   | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| SiC                                                | HF+S | 47.87     |     |     |                    | 7               | 1                           |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                     | Con  | 0.00      | 8   | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                     | HF   | 37.31     |     | 6   | 1                  | 1               |                             |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                     | S    | 3.03      | 4   | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                     | HF+S | 24.74     |     | 3   | 3                  | 2               |                             |                                   |            |
| CoJet                                              | Con  | 3.80      | 5   | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| CoJet                                              | HF   | 37.34     |     | 3   | 2                  | 3               |                             |                                   |            |
| CoJet                                              | S    | 7.40      | 1   | 6   | 2                  |                 |                             |                                   |            |
| CoJet                                              | HF+S | 38.75     |     | 3   | 2                  | 3               |                             |                                   |            |

Табела 66. Средни вредности на јачината на врзување ( $\bar{x}$ , МПа), предвременно раздвојување на примероците (ptf) и тип на фрактура по спроведување на  $\mu$ TBS тест помеѓу Celtra Duo и Panavia Self Adhesive Cement за различни третмани на керамичката површина по 4-месечно складирање во водена бања

| Celtra Duo / Panavia Self Adhesive Cement / 4 месеци |      |           |     |     |                    |                 |                             |                                   |            |
|------------------------------------------------------|------|-----------|-----|-----|--------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------------------------|------------|
| третман на КП                                        |      | $\bar{x}$ | ptf | adh | adh x2,<br>coh cem | adh,<br>coh cer | adh x2, coh<br>cem, coh cer | adh x2,<br>coh cem,<br>coh cer x2 | coh<br>cer |
| SiC                                                  | Con  | 0.00      | 8   | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| SiC                                                  | HF   | 47.18     |     | 3   | 2                  | 1               | 1                           | 1                                 |            |
| SiC                                                  | S    | 0.00      | 8   | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| SiC                                                  | HF+S | 46.69     |     | 2   | 2                  | 3               | 1                           |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                       | Con  | 0.00      | 8   | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                       | HF   | 35.08     |     | 2   | 1                  | 2               | 2                           | 1                                 |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                       | S    | 1.55      | 6   | 8   |                    |                 |                             |                                   |            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                       | HF+S | 34.55     |     | 4   | 2                  | 2               |                             |                                   |            |

Табела 67. Просечно губење на керамичкиот материјал по пескарење и силикатизирање на керамичките површини

| керамика \ третман                | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (g) | CoJet (g) |
|-----------------------------------|------------------------------------|-----------|
| Vitablocks Mark II                | 0.00293                            | 0.00121   |
| IPS Empress CAD                   | 0.00256                            | 0.00126   |
| IPS e.max CAD                     | 0.00066                            | -0.00001  |
| Vita Enamic                       | 0.00392                            | 0.00121   |
| Lava Ultimate CAD/CAM Restorative | 0.00332                            | 0.00256   |
| Celtra Duo                        | 0.00137                            | 0.0005    |

Просечното губење на керамичкиот материјал по извршеното пескарење на керамичките површини со алуминиум оксидни зрна (27  $\mu\text{m}$ ), односно по извршената силикатизација со алуминиум оксидни зрна чија површина е обложена со силициум диоксид (30  $\mu\text{m}$ ) е претставено на табела 67. Најголем губиток на материјалот (0.00392 g) како резултат на пескарење на керамичките површини се јавува кај Vita Enamic. Силикатизирањето предизвикува најголема абразија и губење на керамичкиот материјал (0.00256 g) кај хибридната нанокерамика Lava Ultimate CAD/CAM Restorative, а истиот третман спроведен кај керамиката IPS e.max CAD предизвикува (иако минимално) зголемување на масата од 0.00001 g.

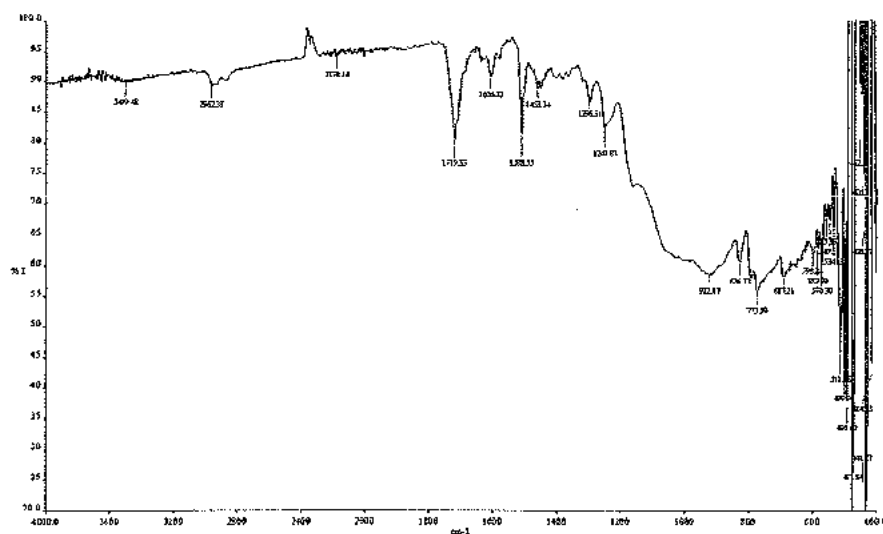
Табела 68. Асигнација на карактеристичните ленти за цементите Clearfil Esthetic Cement и Panavia Self Adhesive Cement

| Асигнација                     | Clearfil EC<br>Бранова должина [ $\text{cm}^{-1}$ ] | Panavia SAC<br>Бранова должина [ $\text{cm}^{-1}$ ] |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| $\nu_{\text{as}}(\text{CH}_2)$ | 2934                                                | 2927                                                |
| $\nu_s(\text{CH}_3\text{-I})$  | 2890                                                | 2890                                                |
| $\nu(\text{C}=\text{C})$       | 1637                                                | 1640                                                |
| $\delta(\text{Ar-H})$          | 1508                                                | 1509                                                |
| $\delta(\text{CH}_2\text{-a})$ | 1458                                                | 1459                                                |

Во табелата 68 е прикажана асигнацијата на некои од карактеристичните ленти кои се сретнуваат во спектрите на наведените композитни цементи.

Карактеристичните (FTIR) спектри за композитните цементи со различен начин на полимеризација се претставени на сликите 30, 31, 32 и 33. На сликите 30 и 31 се претставени спектрите за Clearfil Esthetic Cement со светлосна полимеризација (Слика 30) и автополимеризација (Слика 31), додека на сликите 32 и 34 соодветно спектрите за Panavia Self Adhesive Cement.

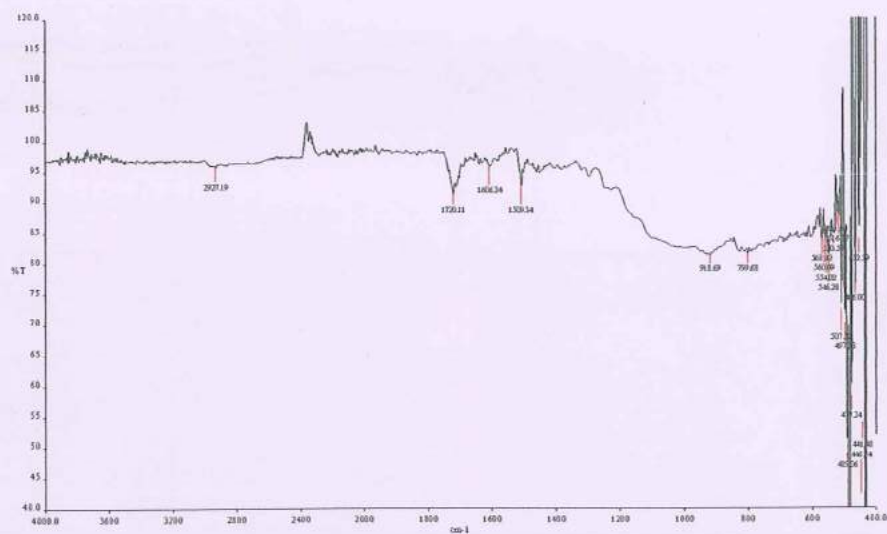




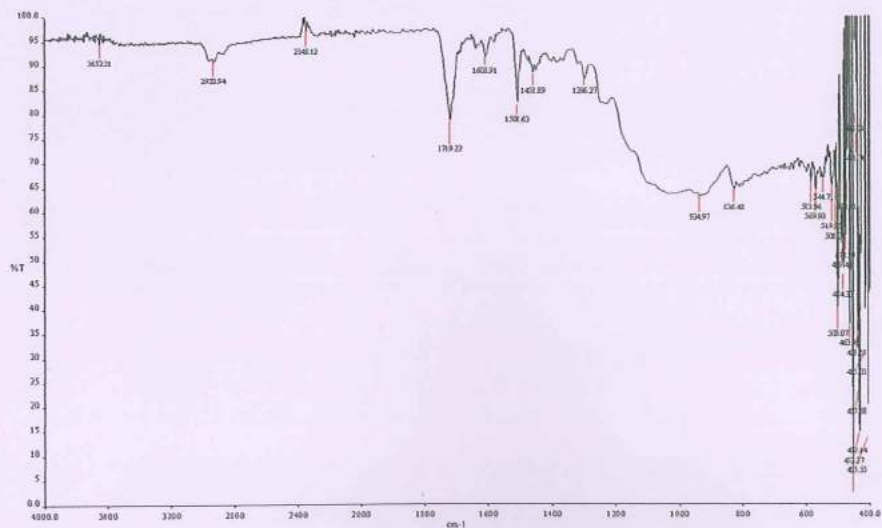
Сл. 30. ФТИР спектар на Clearfil Esthetic Cement  
(со светлосна полимеризација)



Сл. 31. ФТИР спектар на Clearfil Esthetic Cement  
(автополимеризација)

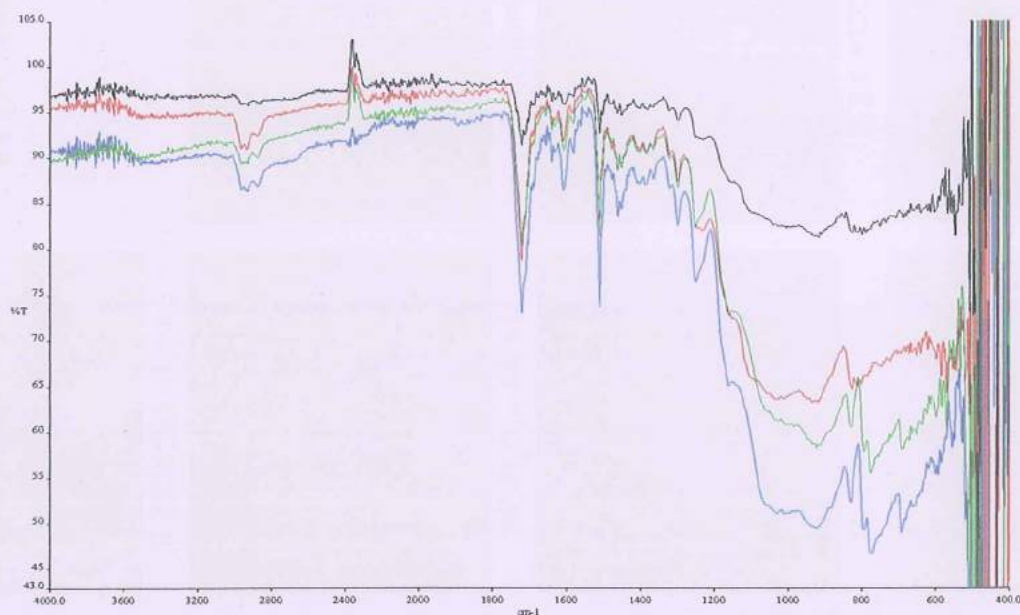


Сл. 32. ФТИР спектар на Panavia Self Adhesive Cement (со светлосна полимеризација)



Сл. 33. ФТИР спектар на Panavia Self Adhesive Cement (автополимеризација)





Сл. 34. ФТИР спектри на композитните цементи Clearfil Esthetic Cement и Panavia Self Adhesive Cement со различен начин на полимеризација:  
**сино:** спектар на Clearfil EC со авто (хемиска) полимеризација  
**зелено:** спектар на Clearfil EC со светлосна полимеризација  
**црвено:** спектар на Panavia SAC со авто (хемиска) полимеризација  
**црно:** спектар на Panavia SAC со светлосна полимеризација

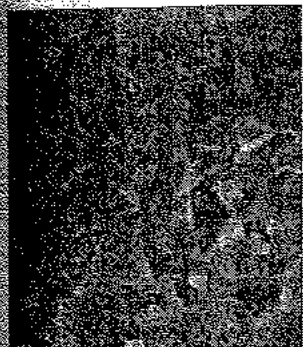
# VITA Mark II



3. SiC #600



4. SiC #600 + HF



5. SiC #600 + S



6. SiC #600 + HF + S



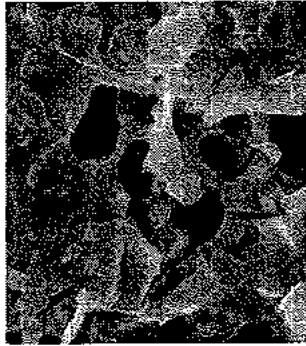
7. SiC #600  $Al_2O_3$



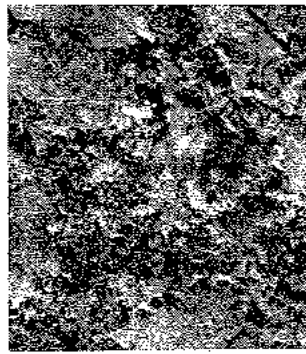
8.  $Al_2O_3$  + HF



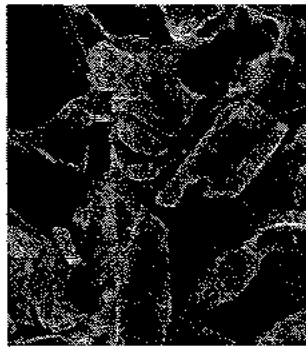
9.  $Al_2O_3$  + S



10.  $Al_2O_3$  + HF + S



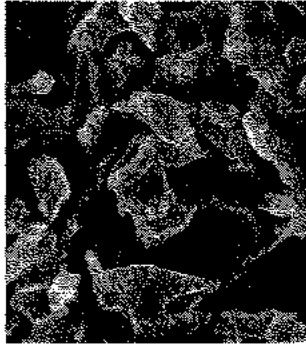
11. SiC #600 Cojet



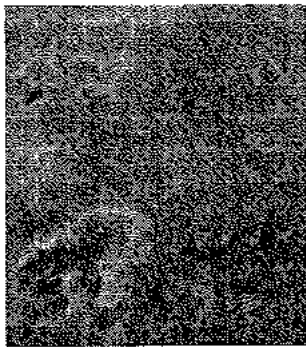
12. Cojet + HF



13. Cojet + S



14. Cojet + HF + S



1. accutom



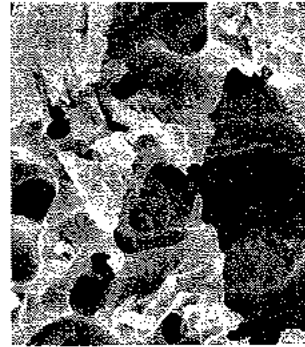
2. SiC #320



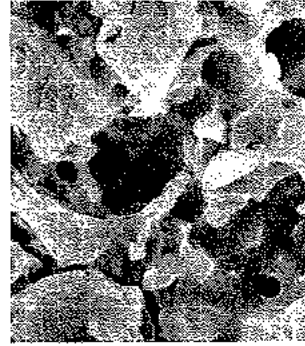
15. HF 20s



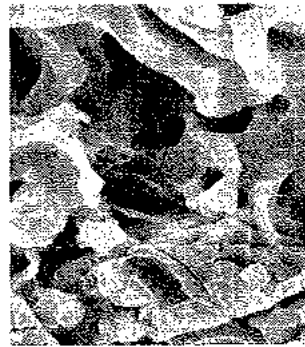
16. HF 30s



17. HF 60s



18. HF 90s



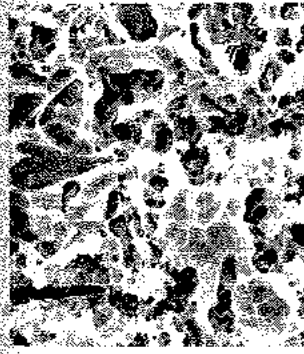
19. HF 120s



# IPS Empress CAD



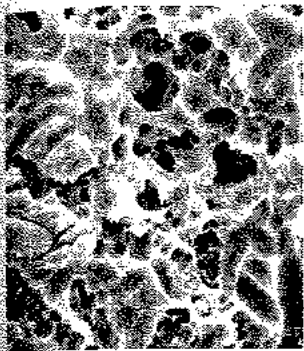
3. SiC #600



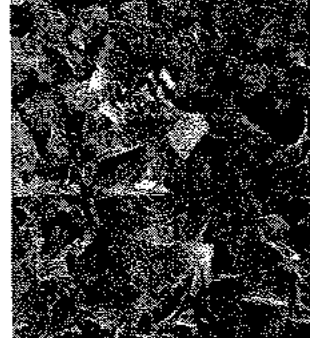
4. SiC #600 + HF



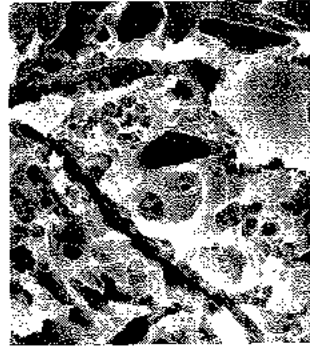
5. SiC #600 + S



6. SiC #600 + HF + S



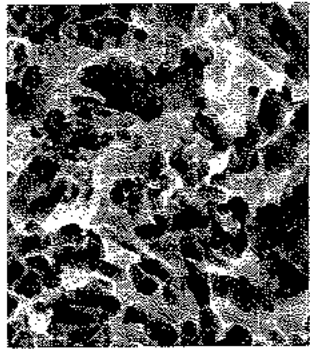
7. SiC #600 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>



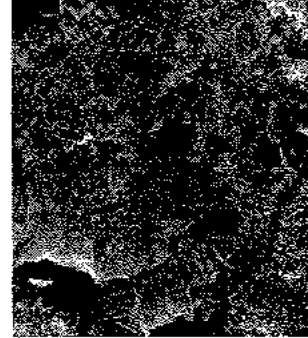
8. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + HF



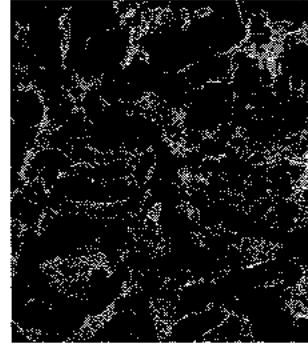
9. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + S



10. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + HF + S



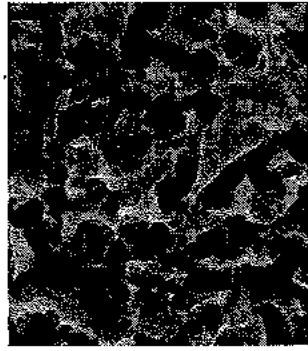
11. SiC #600 Cojet



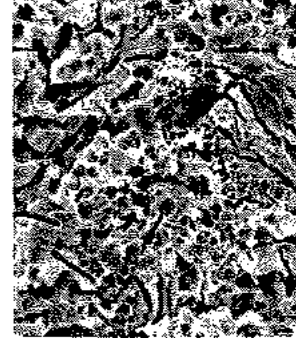
12. Cojet + HF



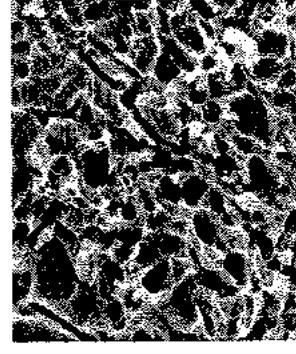
13. Cojet + S



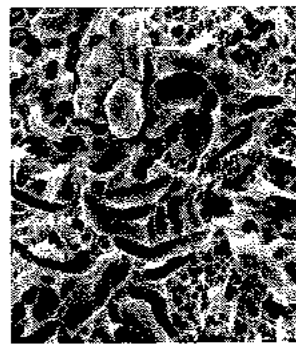
14. Cojet + HF + S



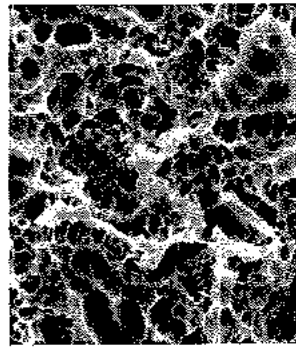
15. HF 20s



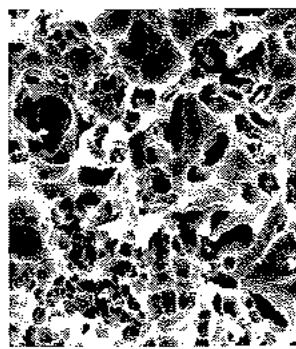
16. HF 30s



17. HF 60s



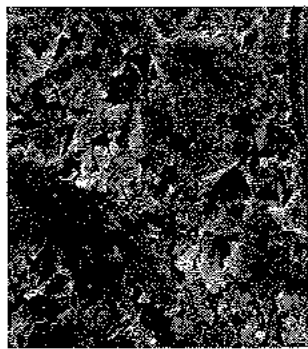
18. HF 90s



19. HF 120s



1. accutom



2. SiC #320

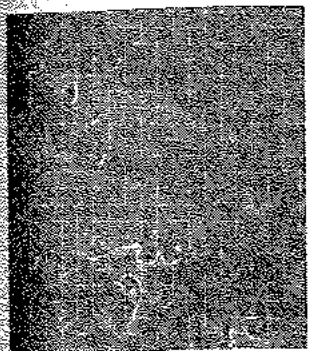
# IPS e.max CAD



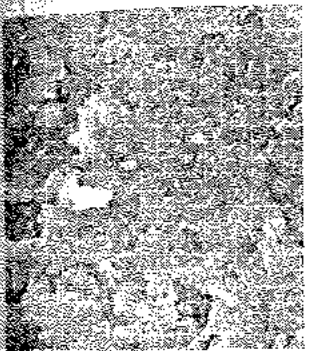
3. SiC #600



4. SiC #6000+ HF



5. SiC #600+S



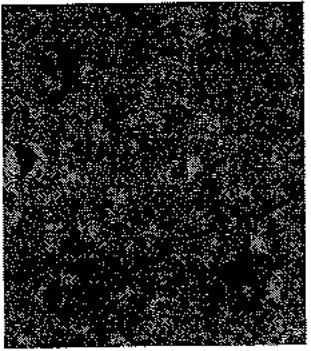
6. SiC #600+ HF + S



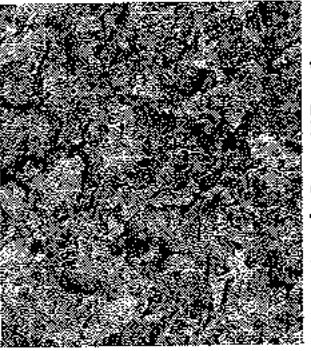
7. SiC #500 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>



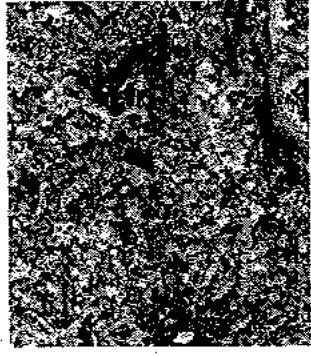
8. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + HF



9. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + S



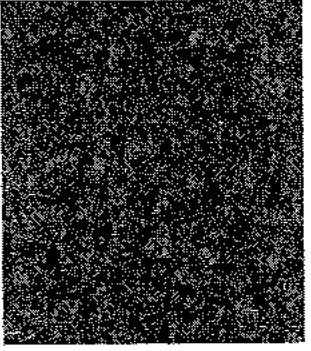
10. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + HF + S



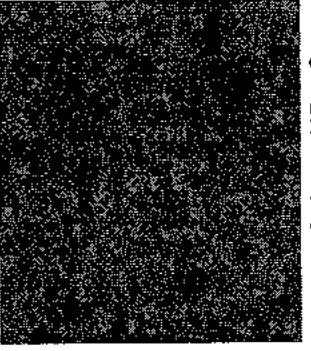
11. SiC #600 Cojet



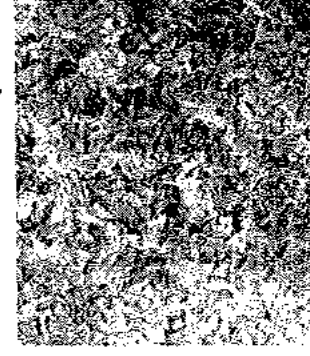
12. Cojet + HF



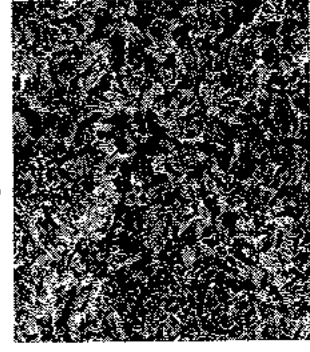
13. Cojet + S



14. Cojet + HF + S



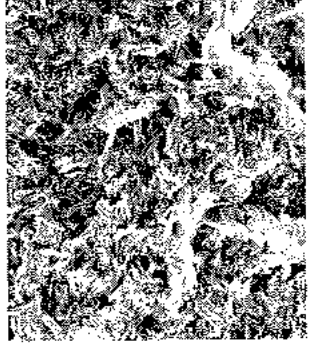
15. HF 20s



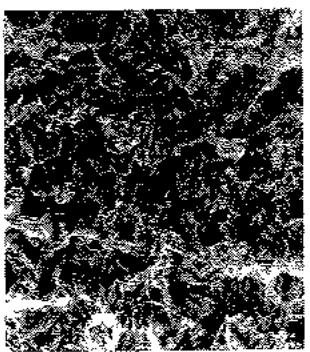
16. HF 30s



17. HF 60s



18. HF 90s



19. HF 120s

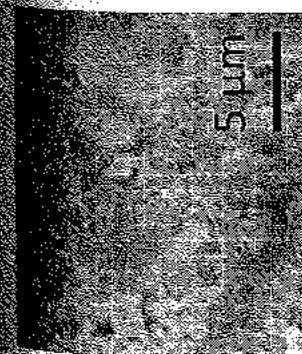
1. accutom



2. SiC #320



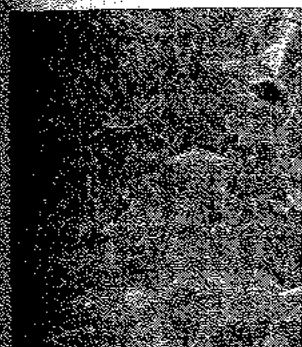
# Vita Enamic



3. SiC #600



4. SiC #600 + HF



5. SiC #600 + S



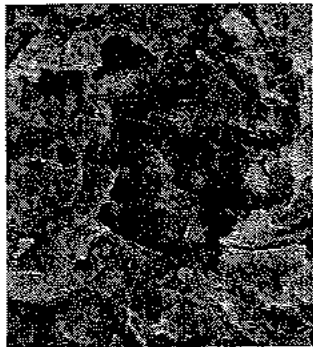
6. SiC #600 + HF + S



7. SiC #600 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>



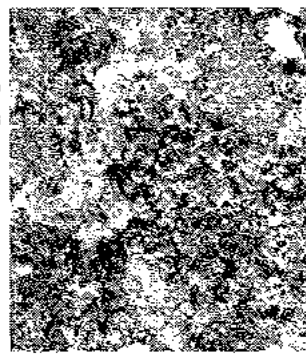
8. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + HF



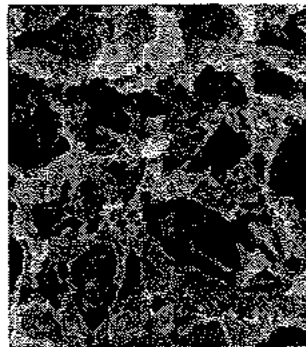
9. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + S



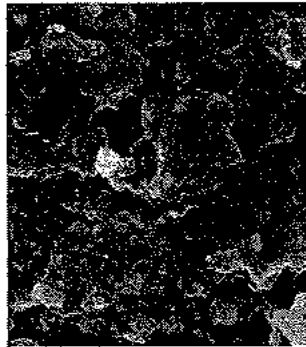
10. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + HF + S



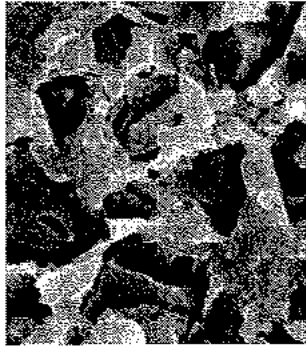
11. SiC #600 Cojet



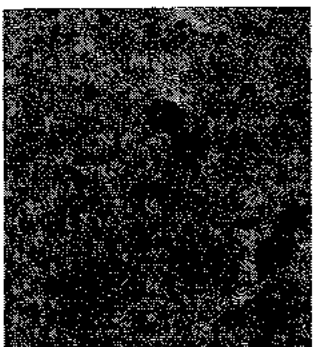
12. Cojet + HF



13. Cojet + S



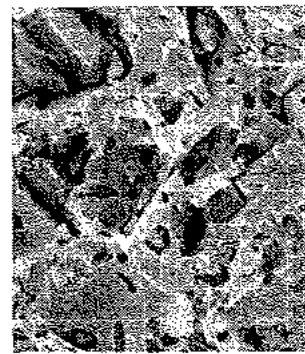
14. Cojet + HF + S



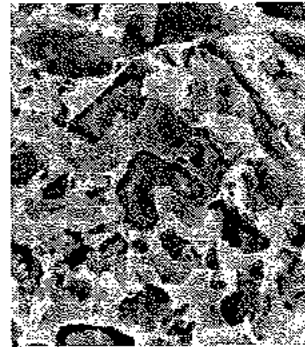
1. accutom



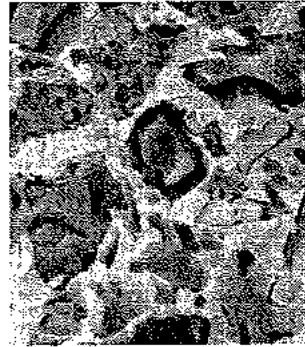
2. SiC #320



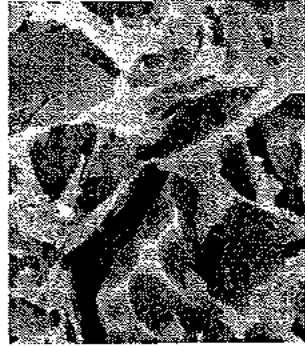
15. HF 20s



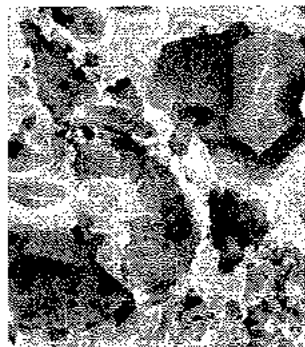
16. HF 30s



17. HF 60s



18. HF 90s

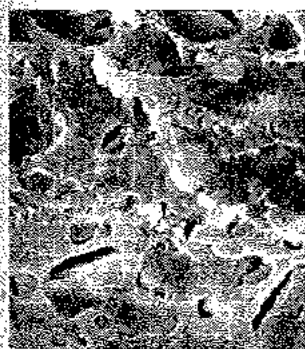


19. HF 120s

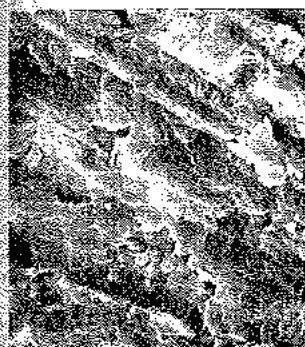
# Lava Ultimate CAD/CAM Restorative



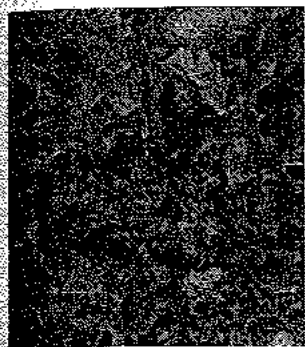
3. SiC #600



4. SiC #600 + HF



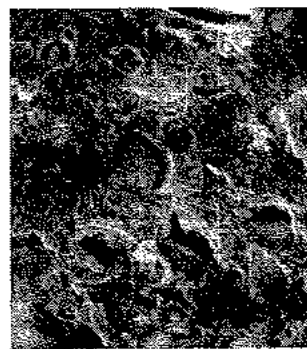
5. SiC #600 + S



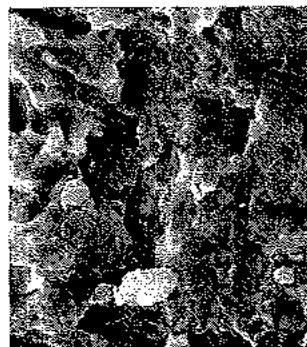
6. SiC #600 + HF + S



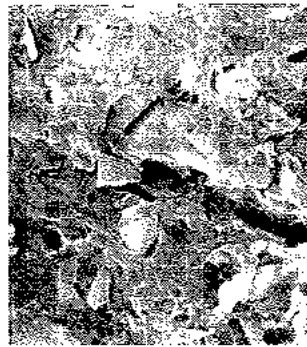
7. SiC #600 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>



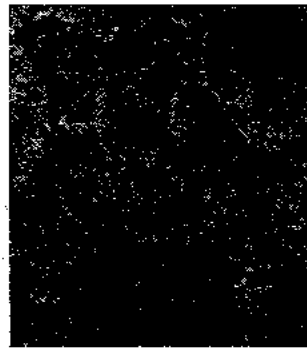
8. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + HF



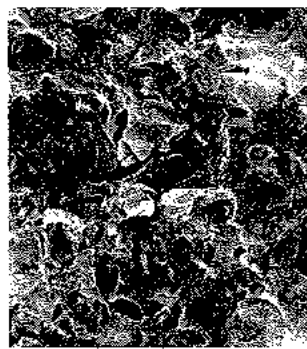
9. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + S



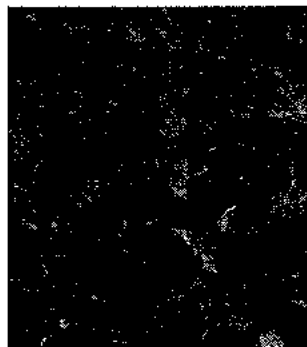
10. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + HF + S



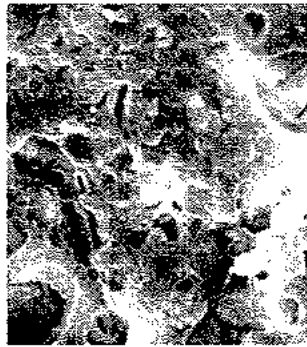
11. SiC #600 Cojet



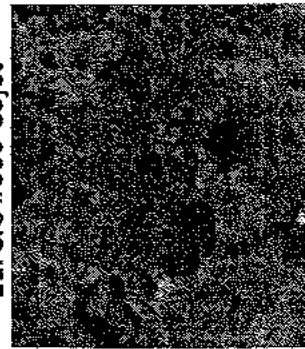
12. Cojet + HF



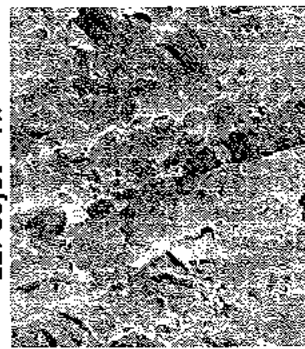
13. Cojet + S



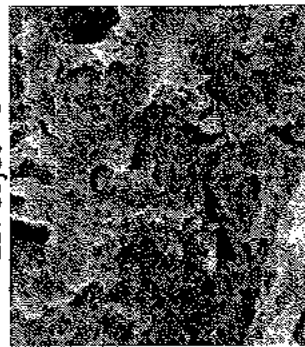
14. Cojet + HF + S



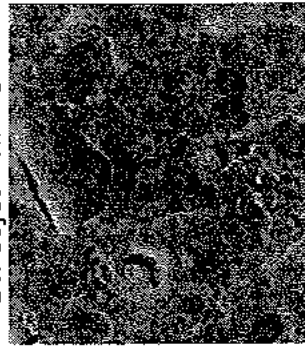
15. HF 20s



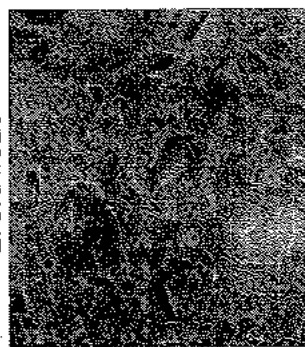
16. HF 30s



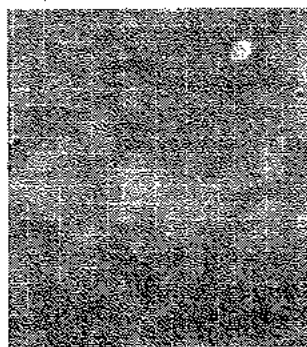
17. HF 60s



18. HF 90s



19. HF 120s



1. accutom



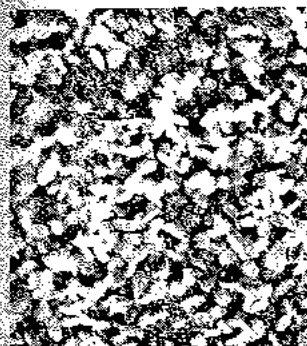
2. SiC #320



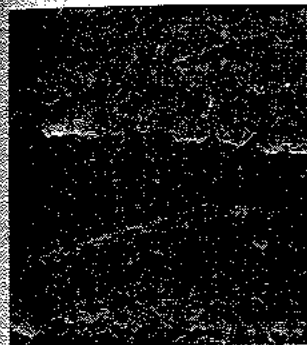
# Celtra Duo



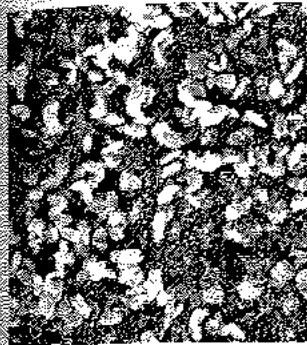
3. SiC #600



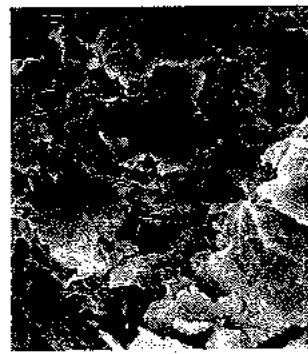
4. SiC #600 + HF



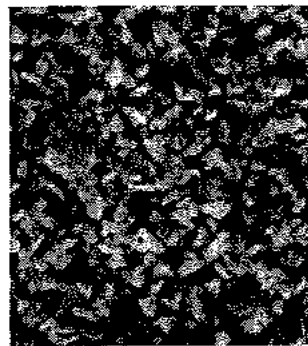
5. SiC #600 + S



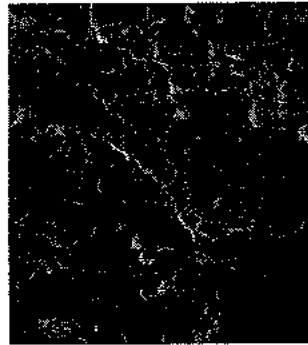
6. SiC #600 + HF + S



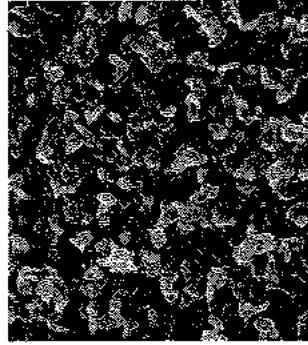
7. SiC #600 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>



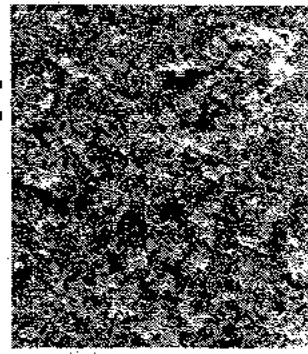
8. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + HF



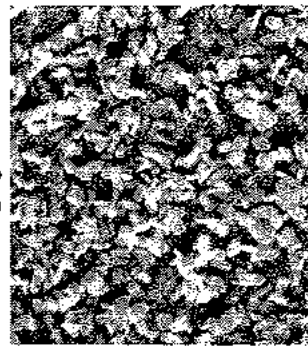
9. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + S



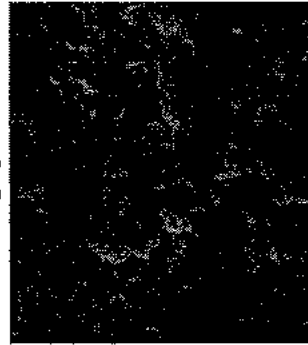
10. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + HF + S



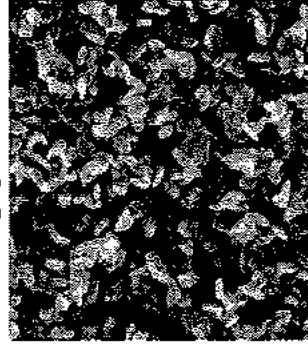
11. SiC #600 Cojet



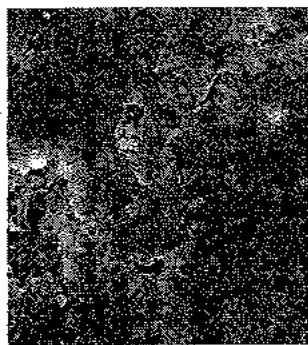
12. Cojet + HF



13. Cojet + S



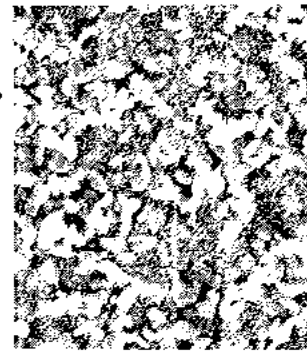
14. Cojet + HF + S



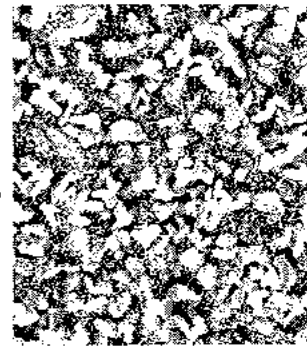
1. accutom



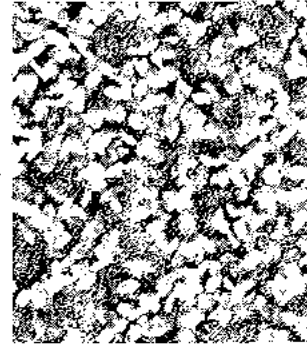
2. SiC #320



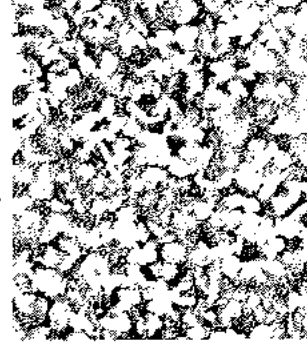
15. HF 20s



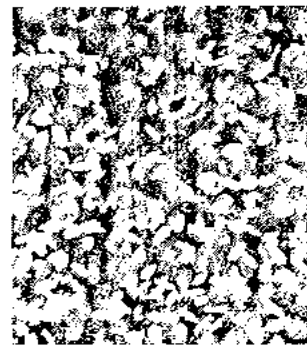
16. HF 30s



17. HF 60s



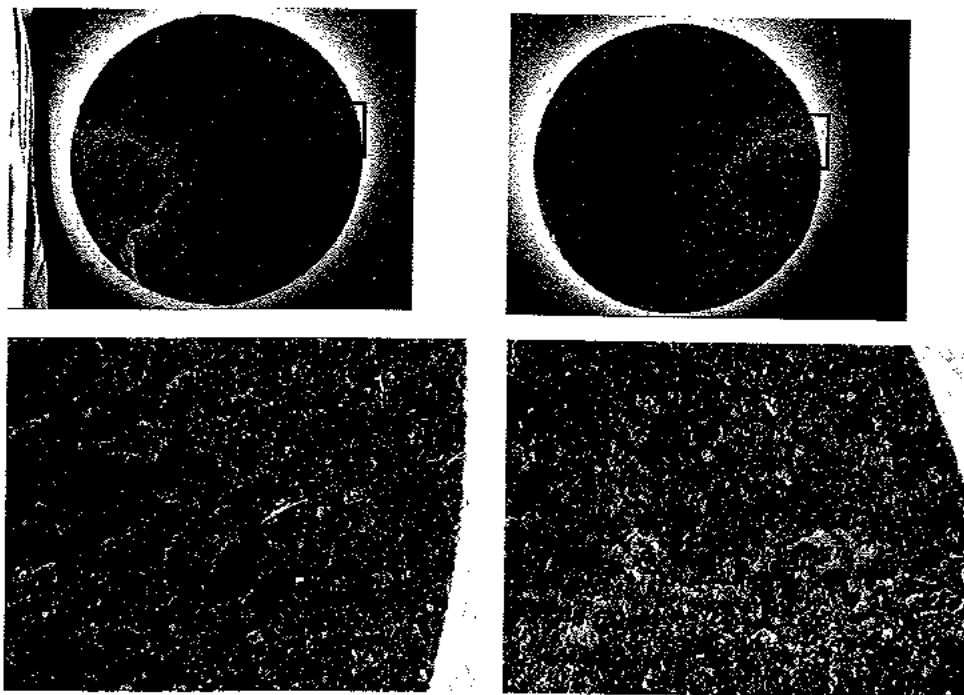
18. HF 90s



19. HF 120s

Fracture surface

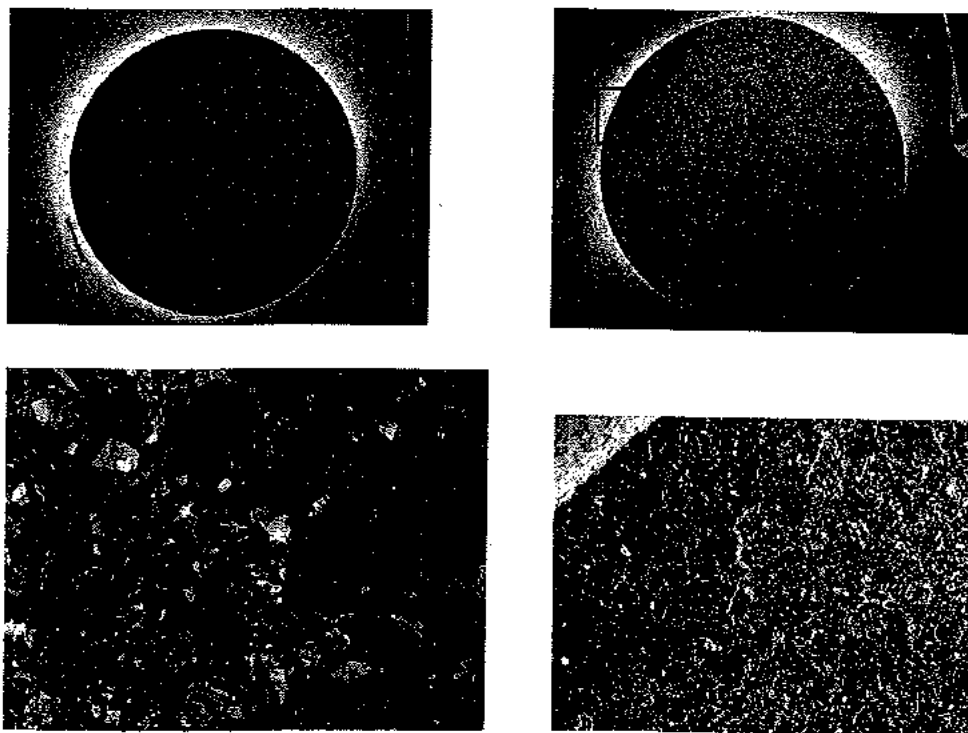
Lava Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> CEC HF+S adh x2 Cohcem



Сл. 41. SEM слика на фрактурната површина на Lava Ultimate CAD/CAM R.

Fracture surface

Lava Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> CEC HF adh

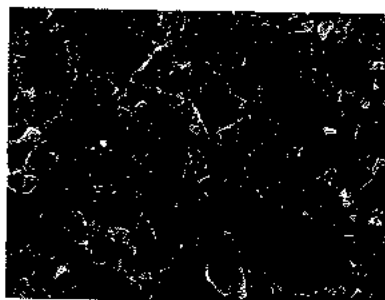
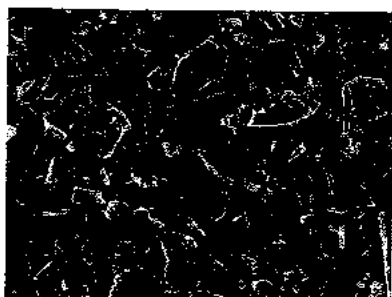
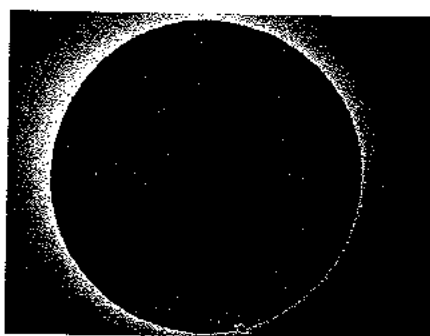
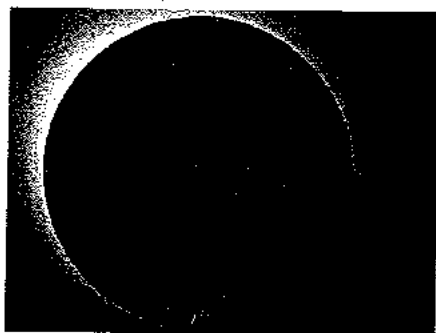


Сл. 42. SEM слика на фрактурната површина на Lava Ultimate CAD/CAM R.



Fracture surface

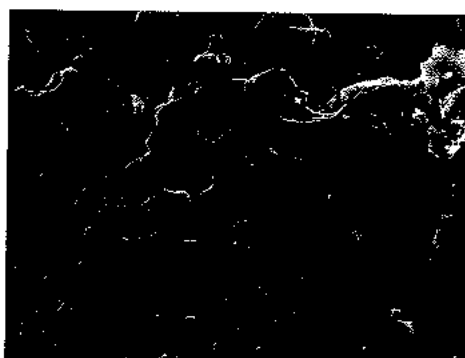
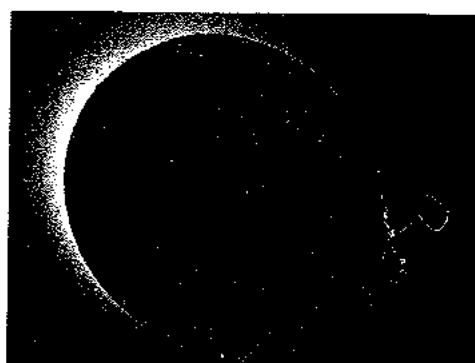
VITA Enamic cojet HF adh CEC 6m



Сл. 43. SEM слика на фрактурната површина на Vita Enamic

Fracture surface

VITA Enamic cojet HF + S adh CEC 6m



Сл. 44. SEM слика на фрактурната површина на Vita Enamic

## 6. ДИСКУСИЈА

Истражувањата во медицинските науки се спроведуваат во клинички (*in vivo*) или лабораториски (*in vitro*) услови, во соодветно опремени лаборатории. Воведениот принцип – пристап базиран на докази предвидува логички и статистички алатки за критичко оценување на *in vivo* и *in vitro* истражувањата. Клиничките испитувања обезбедуваат вредни информации. Меѓутоа, *in vivo* тестовите не се секогаш изводливи; како што вели Gogacci (2004), нивното изведување се доведува во прашање кога предмет на испитување се денталните материјали [176]. Покрај економскиот и етичкиот аспект, кои добија неоминлива релевантност, најголемо ограничување кај *in vivo* истражувањата претставува времето потребно да се заврши одредено клиничко испитување, за тоа да има научна вредност [22]. Ова често не е во согласност со интересите на денталната индустрија во иновативноста на сè посовршени стоматолошки материјали. Оттаму, *in vitro* тестовите остануваат корисни поради нивниот потенцијал - од прва рака да обезбедат информации за особините на некој новопровиран дентален производ [176].

Истражувачките резултати добиени во рамките на оваа докторска дисертација се базираат токму на *in vitro* испитувања, имајќи ги предвид нивните предности и научна релевантност. А научната релевантност на едно истражување е императив што мора да биде задоволен поради претензиите за неговото имплементирање во практиката, во овој случај – да најде практична клиничка употреба.

Кога е во прашање ефикасноста/квалитетот на една протетска керамичка реставрација, еден од значајните елементи е стабилноста на врската што се гради помеѓу (целосно) керамичката реставрација и средството што се користи за нејзино цементирање во оралната празнина. Во таа насока, за обезбедување на солидна керамичко-цементна врска, неопходно е спроведување на одредени постапки/третмани на врзните површини. Yesil (2009) вели: „за да се воспостави силна и долготрајна врска, која е неопходна за доброто биомеханичко функционирање на системот заб/реставрација, од голема важност е спроведувањето соодветен третман на керамичките површини“ [143].

### 6.1. ЕФИКАСНОСТ НА ОСТВАРЕНАТА ВРСКА ПОМЕЃУ ИСПИТУВАНИТЕ КЕРАМИЧКИ МАТЕРИЈАЛИ И КОМПОЗИТНИ ЦЕМЕНТИ ПО СПРОВЕДЕНИТЕ ТРЕТМАНИ

Спроведувањето различни третмани на површината на керамиката има влијание врз јачината на нејзиното поврзување со употребениот цемент, а во клинички услови, врз јачината меѓу керамичката реставрација и средството за нејзино цементирање.

#### 6.1.1. Vitablocks Mark II

**Влијанието на третманите на керамичката површина кај Vitablocks Mark II врз ефикасноста на остварената врска со Clearfil Esthetic Cement**

Различните третмани на керамичката површина пред цементирањето имаат различно влијание врз квалитетот/јачината на керамичко-цементната врска. Така, без дополнителен третман на керамичката површина, врската што се гради помеѓу керамиката Vitablocks Mark II и Clearfil Esthetic Cement-от е исклучително слаба, независно од основниот третман. Третманот со киселина резултира во значително подобра врска во споредба со контролните групи, но



со значително пониски јачини, кога како третман се спроведува силанизирање или третирање со киселина и силанизирање. Оваа значајна разлика (во однос на ефикасноста на керамичко-цементната врска) помеѓу третманот со киселина и комбинираниот третман се губи кога керамичката површина претходно се силикатизира. Разликата помеѓу средните вредности за јачината на врските остварени по третирањето на пескарениите или силикатизираниите површини со киселина ( $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{HF}$  – 22.434 МПа и  $\text{CoJet}/\text{HF}$  – 25.907 МПа) може да се објасни со ефектот на силикатизацијата врз површината (одредено зголемување на содржината на силициум диоксид во керамичката површина, која и по третирањето со киселина останува во неа).

Кога керамичката површина е третирана со абразивна хартија, последователните третмани придонесуваат за сукцесивно зголемување на јачината на врската. Помеѓу сите последователни третмани постои сигнификантна разлика, освен помеѓу силанизирањето (45.680 МПа) и комбинираниот третман од нагризување со киселина и силанизирање, што истовремено претставува најефикасен метод за градење на добра врска (50.202 МПа); токму овој метод е препорачан од страна на производителот за подготовка на врзната површина на реставрациите изработени од оваа керамика при нивно атхезивно цементирање.

Кога на керамичките површини прво ќе се изврши пескарење, или силикатизирање, сите вредности за јачината на остварената врска добиени со примена на последователните третмани се пониски во однос на истите кога се спроведуваат по користење на абразивната хартија. Ова упатува на заклучок дека за да се обезбеди добра врска помеѓу реставрации изработени од Vitablocks Mark II и цемент базиран на Bis-GMA, нема потреба од алтерација на керамичката површина од наведениот тип. При ова, послаба врска се гради кога за основен третман се применува силикатизирање во споредба со пескарење со алуминиум оксидни зрна. Ова може да се објасни со фактот што оваа керамика според својот хемиски состав е фелдспатна, со оптимална содржина на силициум диоксид (потребен за врзување на силанските молекули), така што евентуалното силикатизирање, при кое на површината се формира слој од  $\text{SiO}_2$  молекули (кои може да бидат лабаво прикрупени за површината), може да придонесе за ослабнување на врската. И за двата основни третмани, силанизирањето (45.074 МПа за  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{S}$ , односно 37.967 МПа за  $\text{CoJet}/\text{S}$ ) резултира со подобра врска со Clearfil E Cement-от во споредба со комбинираниот третман од нагризување со киселина и силанизирање (39.902 МПа за  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{HF}+\text{S}$ , односно 31.349 МПа за  $\text{CoJet}/\text{HF}+\text{S}$ ). Овој наод (кога основниот третман е силикатизација) би можел да се објасни со губење на ефектот од силикатизацијата, ако потоа површината се третира со киселина. Во секој случај, послабата врска што се создава со комбинирано третирање може да се препише на ефектот од киселината (во однос на сите дополнителни третмани, третирањето со киселина гради најслаби врски 28.186 МПа за  $\text{SiC}/\text{HF}$ , 22.434 МПа за  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{HF}$  и 25.907 МПа за  $\text{CoJet}/\text{HF}$ ) со оглед на високите вредности што се добиени со силанизирање на површините.

Овие сознанија се во согласност со сознанијата на Stewart (2002) и Brentel (2007), според кои најефикасниот третман за обезбедување на добра врска помеѓу оваа керамика и композитниот цемент се состои од нагризување на површината со киселина и силанизирање (независно од употребуваниот цемент и третманите за лабораториско стареење на материјалите); кога третманот опфаќа само нагризување со киселина, јачината на врската е значително послаба [90,131]. Најслаба врска, според Stewart, се постигнува кога третманот се состои исклучиво од пескарење на површините, со спонтано разделување на примероците (појава што е забележана во овој докторски труд при подготовка на примероците за изведување на  $\mu\text{TBS}$ -тестот). Нашите сознанија се во согласност со овие автори, имајќи предвид дека јачината на врските што се

градат по претходно пескарење на керамичките површини е пониска од јачината на оние што се добиени кога третманите не ја вклучиле оваа процедура, независно од спроведувањето на дополнителните третмани. Чувањето во вода нема ефект врз јачината на врската што била постигната со силанизирање на примероците, со што се докажува позитивниот ефект од примената на ова средство и издржливоста на врската што се создава [131].

И покрај тоа што нагризувањето на врзните површини на Vitablocks Mark II било изведено со фосфорна киселина, Kamada (2006) утврдил високи вредности за јачината на врзување за четири различни системи за врзување, вклучувајќи ги и цементите на Kuraray, кои се базираат врз Bis-GMA полимерот, односно во својот состав содржат и MDP мономер. Токму за овие два цемента, јачината на врската дури и се зголемила по спроведениот термички третман. И овој автор утврдил многу голем број кохезивни фрактури во керамиката (што се во согласност со наодите во докторскиот труд), со што се потврдува јачината на создадените врски [35].

*Најсоодветен метод за подготовка на врзните површини на реставрациите изработени од Vitablocks Mark II при нивно цементирање со Bis-GMA - Clearfil Esthetic Cement е третирање на површините со флуороводородна киселина и последователно силанизирање.*

### **Влијанието на третманите на керамичката површина кај Vitablocks Mark II врз ефикасноста на остварената врска со Panavia Self Adhesive Cement**

Кога на керамичката површина кај Vitablocks Mark II не е извршен никаков третман или е само пескарена со алуминиум оксидни зрна, јачината што се постигнува со Panavia SAC е исклучително мала. Нешто подобра вредност на јачината на врската се добива ако површината се силикатизира (7.086 MPa), но и таа е значително пониска, од јачината што се постигнува со примена на дополнителни третмани.

Ефектот на киселината е поголем кога не ѝ претходи друг третман на керамичката површина (33.223 MPa за SiC/HF). Јачината на постигнатата врска е речиси идентична, кога пред нагризувањето со киселина, површината се пескари или силикатизира (25.855 MPa за  $Al_2O_3$ /HF и 26.471 MPa за CoJet/HF). Ист ефект од нагризувањето со киселина се забележува кога за цементирање на оваа керамика се користи цемент на база на Bis-GMA. Зголемувањето на количината на  $SiO_2$  по спроведеното силикатизирање има минимално влијание врз јачината на врската ако потоа површината се нагризе со киселина. Ова би можело да се објасни со влијанието на киселината врз ефектот од силикатизацијата на керамичката површина (го минимизира); предизвикува делумно растворање на слојот од  $SiO_2$ , што се вградил во керамичката површина по спроведената силикатизација.

Силанизирањето на керамичката површина има најголемо позитивно влијание – се постигнуваат највисоки вредности на јачината на создадената керамичко-цементна врска кај секој основен третман на керамичката површина одделно (39.956 MPa за SiC/S, 29.345 MPa за  $Al_2O_3$ /S и 41.558 MPa за CoJet/S). Ова укажува на тоа дека силанизирањето само по себе има голема улога во создавањето солидна врска на керамиката со цементот што во својот состав содржи MDP мономер, независно од основниот третман. Најголеми вредности за јачината на врзување помеѓу Vitablocks Mark II и Panavia Self Adhesive Cement се постигнува кога керамичката површина прво се силикатизира а потоа се силанизира. Ова е разбирливо ако се земе предвид фактот дека силикатизацијата доведува до зголемување на количината на  $SiO_2$ , со што се зголемува количината на места за поврзување на силианот, без разлика што оваа керамика веќе содржи голема количина на силициум диоксид.



Нанесувањето киселина пред силанизирањето на керамичката површина ја намалува јачината на врската во однос на онаа што се постигнува само со силанизирање на површината (киселината се врзува со  $\text{SiO}_2$  од керамичката површина, го раствора и на тој начин се намалува бројот на врзните места за силанот). Ова влијание на киселината врз ефектот на силанот (го намалува) е изразено кај керамиките што се третирали со силициум карбидна хартија ( $\text{SiC}/\text{HF}+\text{S}$ ; 26.669 MPa) или пескарени ( $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{HF}+\text{S}$ ; 26.969 MPa). Повисоките вредности на јачината на врската за овој третман по претходна силикатизација на површината (35.383 MPa) се објаснуваат со ефектот на силикатизацијата во збогатувањето на површината со силициум диоксид, чија количина се задржува на повисоко ниво (во однос на другите основни третмани), и покрај губитокот што се случува поради неговото (делумно) растворање од страна на флуороводородната киселина.

Претходната анализа упатува на тоа дека најсоодветен третман на реставрациите изработени од Vitablocks Mark II за апхезивно цементирање со Panavia SA цементот е силикатизација на површината, проследена со силанизирање.

### **Влијание на хемискиот состав на цементите (Panavia SA Cement и Clearfil Esthetic Cement) врз ефикасноста на керамичко-цементната врска кај Vitablocks Mark II**

Составот на цементите влијае врз нивната ефикасност при остварувањето на керамичко-цементната врска. За разлика од Clearfil Esthetic Cement, Panavia SA Cement во својот состав содржи и 10-MDP мономер. Овој мономер покажува афинитет кон металните оксиди (цирковиум оксид и алуминиум оксид, содржани во одредени керамики вклучувајќи ги и нано керамиките), што има значење за квалитетот на остварената цементно-керамичка врска. Секако, тука мора да се имаат предвид и учеството на планираните/спроведените третмани на керамичката површина и нивниот ефект врз споменатата врска. Така, кога керамичката површина е третирана само со силициум карбидна хартија или пескарена со алуминиум оксидни зрна, јачината на врската е помала кога за цементирање се користи Panavia SA Cement (MDP цемент).

Со силикатизација на керамичката површина (без последователен третман), се постигнува значително поголема јачина на врската со Panavia SA (7.086 MPa) отколку со Clearfil Esthetic цементот (0.136 MPa). Ова може да се објасни со зголемувањето на количината на  $\text{SiO}_2$  на керамичката површина, односно со зголемување на бројот на врските за Panavia SA цементот.

Кога како дополнителен третман на керамичката површина се применува нагризување со HF киселина, кај сите основни третмани доаѓа до зголемување на јачината на врската, но зголемувањето е значајно само кога керамичката површина е обработена со SiC хартија. Кај другите два основни третмани, иако доаѓа до зголемување на јачината, тоа е незначително, поради фактот што со самото пескарење или силикатизирање веќе се создава микроретентивна површина, која со нагризувањето со киселина (како дополнителен третман) само се потенцира.

При нанесување на керамички прајмер на врзната површина, Panavia SA Cement (MDP цемент) гради послаба врска во однос на Clearfil Esthetic Cement (Bis-GMA цемент), кога површината претходно се третира со силициум карбидна хартија или алуминиум оксидни зрна. Наспроти ова, кога керамичката површина се силикатизира, MDP-цементот гради појака врска со силанизираната површина, во споредба со Bis-GMA цементот. Ова може да се објасни со кумулативниот ефект на позитивните страни од силикатизирањето, силанската модификација на површината и врската со MDP мономерот.

Кога керамичката површина се нагризува со киселина, а потоа се силанизира по претходно пескарење со алуминиум оксидни зрна или

третирање со силициум карбидна хартија, јачината на врзување е значително помала кога цементирањето се изведува со MDP цемент. Ако пред спроведувањето на овие два третмана површината се силикатизира, со MDP цементот се обезбедува појака врска.

Употребата на MDP цементот има различен ефект врз јачината на керамичко-цементната врска, зависно од основниот третман. Кога третманот се состои од користење на силициум карбидна хартија или пескарење со алуминиум оксидни зрна, MDP цементот обезбедува поголема јачина на врската единствено по нагризувањето со флуороводородна киселина. Ова покажува дека микроретентивната површина обезбедена со претходно нагризување со киселина има поголемо влијание врз јачината на врската со цементот што во својот состав содржи MDP мономер, во споредба со Bis-GMA цементот. За другите третмани, MDP цементот обезбедува помала јачина на врската. Кога керамичката површина прво се силикатизира, 10-MDP цементот обезбедува појака врска со керамиката во однос на Bis-GMA цементот, независно од последователните третмани. Зголемувањето на количината на силициум диоксидот на површината на керамиката е попогодно за врзување со 10-MDP цемент.

### 6.1.2. IPS Empress CAD

#### Влијанието на третманите на керамичката површина кај IPS Empress CAD врз ефикасноста на остварената врска со Clearfil Esthetic Cement

Јачината на врската што се гради меѓу IPS Empress CAD керамиката и Clearfil Esthetic Cement-от е исклучително слаба ако не се спроведе дополнителен третман, без оглед на основниот третман. Третирањето со киселина придонесува за значително подобра врска во споредба со контролните групи, но значително пониска, кога дополнителниот третман се состои од силанизирање или третирање со киселина и силанизирање. Оваа значајност во разликата на јачината на врската помеѓу нагризувањето со киселина (24.238 MPa за SiC/HF) и силанизирањето (27.150 MPa) како дополнителни третмани се губи кога основниот третман се состои само од обработка на врзната површина со силициум карбидна хартија. Третманот со киселина гради најдобра врска ако керамичката површина претходно била пескарена (30.694 MPa за  $Al_2O_3$ /HF), а најслаба по извршената силикатизација (21.417 MPa за CoJet/HF). Објаснувањето за позитивниот ефект од пескарењето се наоѓа во фактот што преку промената на површинската морфологија, овој третман создава поголема површина за дејствување на киселината. Во однос на силикатизирањето пак, може да се претпостави дека нанесувањето киселина (по извршената силикатизација) го намалува ефектот, пред сè поради растварачкото дејство на киселината на силициум диоксидот, вграден во керамичката површина за време на овој третман.

Констатацијата во однос на ефектот од силанизирањето и комбинираниот третман од нагризување со киселина и силанизирање кај фелдспатната керамика важи и за оваа (леуцитна) керамика. Силанизирањето постигнува послаба врска (27.150 MPa) во споредба со комбинираниот третман (38.929 MPa) само ако површината претходно е третирана со силициум карбидна хартија. Кај пескарените или силикатизирани керамики, силанизирањето резултира со незначително подобра јачина на врската во однос на комбинираниот третман (56.550 MPa за  $Al_2O_3$ /S и 45.304 MPa за CoJet/S, наспроти 49.432 MPa за  $Al_2O_3$ /HF+S и 44.670 MPa за CoJet/HF+S). И кај оваа керамика, пескарењето со алуминиум оксидни зрна гради подобра врска со Bis-GMA цементот во однос на силикатизирањето на површината. Со ова се потврдува фактот дека кога е потребно да се цементираат керамики чијашто матрица содржи голема количина  $SiO_2$ , силикатизирањето на површината не го



дава очекуваниот ефект. Сепак, механичката алтерација на површината на IPS Empress CAD остварена со пескарење или силикатизирање дава подобра јачина на врската кај сите дополнителни третмани (со исклучок на нагризувањето со киселина по извршена силикатизација на површината) во однос на површините што биле третирани со SiC хартија.

Резултатите од овој труд се во согласност со сознанијата на Meng (2010), според кој со силанизирање на керамичките површини се постигнува подобра керамичко-цементна врска отколку со нагризување со киселина, независно од лабораториското стареење на материјалите [122]. Според Kapsu (2011), значително поголема јачина на керамичко-цементното поврзување се јавува и кај Empress I и Empress II при примена на комбиниран третман од пескарење со  $50 \mu\text{m Al}_2\text{O}_3$  и нагризување со HF киселина, отколку со пескарење како единствен третман, што е во согласност со резултатите од овој докторски труд [178].

Според Shimakura и сор. [75] најјака врска се остварува кога третманот се состои од силикатизација проследена со апликација на комбинација од керамички прајмери кои содржеле силан и MDP мономер, што е во спротивност со резултатите од докторскиот труд според кои најјака врска се обезбедува со пескарење на керамичките површини и апликација на керамички прајмер.

Според Lee [179], комбинираниот третман од пескарење, нагризување со киселина и силанизирање гради појака врска со композитниот цемент во споредба со третирањето со киселина проследено со силанизирање, што е во согласност со презентираниите резултати во оваа докторска дисертација. Резултатот, според кој нагризувањето на керамичката површина со киселина обезбедува појака врска во однос на пескарењето со алуминиум оксидни зрна и апликација на силан, е во спротивност со резултатите добиени во овој труд, што би можело да се објасни со постапката што Lee со соработниците ја применувале за подготовка на керамичката површина; тие користеле средство за силанизација, а во овој труд, покрај силан, прајмерот содржи и кисели фосфатни мономер, кои покажуваат афинитет кон металните оксиди. De Melo [8] не утврдил разлика во јачината на врската со композитниот цемент кога леуцитната керамика била нагризувана со киселина, односно силикатизирана; наспроти ова, нашиот наод укажува дека кога третманот на керамичката површина се состои исклучиво од силикатизација, за време на подготовката на примероците доаѓа до нивно разделување. Констатацијата во овој докторски труд дека по силикатизирањето и силанизирањето на керамичките површини се зголемува хемиската реактивност кон композитните материјали, е во согласност со наодите на De Melo. Според Della Bona, комбинираниот третман од нагризување на керамичката површина со киселина и силанизирање, гради послаба врска со композитниот полимер во однос на третманот изведен само со силанизирање [87]. Ова не е во согласност со нашите наоди; ваков резултат од овие два дополнителни третмани се среќава само кога врзните површини претходно се пескарени или силикатизирани. Наодот е во спротивност со резултатите на Saygili и Sahmali [180], кои утврдиле дека Clearfil Se Bond остварува подобра врска кога третманот на керамичката површина се состои од пескарење, нагризување со киселина и силанизирање, а најслаба со пескарење и силанизирање.

Од анализата на резултатите за влијанието на третманите на IPS Empress CAD керамиката врз ефикасноста на остварената врска со Clearfil Esthetic Cement произлезе дека *пескарењето на керамичките површини со алуминиум оксидни зрна и последователното силанизирање се третман на избор, кога реставрациите изработени од оваа керамика треба да се цементираат со Clearfil Esthetic Cement.*

За Mark II и IPS Empress CAD керамиките важат истите законитости во однос на ефектите од третманите: најниска вредност за јачината, т.е. најслаба

врска се воспоставува кај примероците кај кои не е вршен дополнителен третман (контролните групи). Значително подобрување на јачината на врската се постигнува со нагризување со киселина. Кога површината е третирана со SiC хартија, и кај двете керамики силанизирањето гради послаба врска со композитниот цемент, во споредба со комбинираниот третман. Се подразбира дека на мазна површина (каква што се добива при третирање со SiC хартија) силанизирањето нема да го даде очекуваниот ефект. Само по создавање на рапава површина (во овие случаи преку нагризување со киселина), ќе се оствари најдобра врска. Кога површината прво се пескари или силикатизира (се обезбедува ретентивна површина), и кај двете керамики силанизирањето резултира со појака врска во однос на комбинираниот третман. Може да се заклучи дека послабиот ефект на комбинираниот третман, пред сè, е резултат на дејствувањето на киселината а не на силанот.

Иако не била забележана статистички значајна разлика во иницијалната јачина на керамичко-цементната врска кај фелдспатната Vita Mark II и леуцитната керамика, термичкиот третман придонел за мало подобрување на врската кај Mark II, а нејзино значајно намалување кај леуцитната керамика. Ова произлегува од различната застапеност на компонентите во составот на овие керамики: фелдспатната керамика –  $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$  и леуцитната –  $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 4SiO_2$ . Бидејќи силанот реагира со Si-OH групите на керамичката површина, претпоставката на Kamada (2006) е логична, дека разликата во количината на силициум диоксидот ( $SiO_2$ ) во кристалната фаза во двете керамики е причина за разликите во јачината на керамичко-цементното поврзување кај споредените керамики [35]. Поголема иницијална јачина на керамичко-цементната врска (при изведување на експерименталниот дел од оваа докторска дисертација) беше забележана кај фелдспатната Vita Mark II керамика отколку кај леуцитната IPS Empress CAD, кога керамичките површини беа третирани со силициум-карбидна хартија, за сите дополнителни третмани. Ова не беше случај кога беа вклучени другите основни третмани, пескарење и силикатизирање, што е разбирливо ако се земе предвид фактот дека овие третмани ја менуваат хемиската содржина на површинскиот слој од третираните керамики.

### **Влијанието на третманите на керамичката површина кај IPS Empress CAD врз ефикасноста на остварената врска со Panavia Self Adhesive Cement**

Значењето на дополнителните третмани на врзните површини кај IPS Empress CAD се потврдува и во случај кога за цементирање на оваа керамика се употребува Panavia SA Cement. Кога подготовката на врзните површини на IPS Empress CAD керамичката се состои единствено од спроведување на основните третмани, јачината на врзување за Panavia SA Cement-от е исклучително слаба. Третирањето со флуороводородна киселина придонесува за значително подобрување на врските, во споредба со контролните групи. Меѓутоа, овие врски (23.409 MPa за SiC/HF и 26.028 MPa за CoJet/HF) се значително послаби кога површините обработени со SiC хартија се силанизираат (49.921 MPa) или подлежат на комбиниран третман SiC/HF+S (34.291 MPa), а незначително послаби кога силикатизираниите површини се силанизираат (36.282 MPa) или е спроведен комбиниран третман од нагризување со киселина проследено со силанизација (31.769 MPa).

Нагризувањето со киселина како дополнителен третман е поефикасен во случај кога керамичките површини претходно биле пескарени, градејќи врска со Panavia SA Cement-от со јачина од 30.883 MPa; незначително појака врска (33.450 MPa) се создава ако по третирањето на пескарениите површини со киселина, истите бидат силанизирани.



Ако за основен третман на керамичката површина биде спроведено пескарење, тогаш најсолидни врски со композитниот 10-MDP цемент се градат кога вака подготвените површини се силанизираат (48.326 МПа).

Анализата на податоците за јачината на врската изградена помеѓу керамиката IPS Empress CAD и Panavia Self Adhesive Cement-от кога се спроведени различни дополнителни третмани на врзните површини, укажува на тоа дека третманот со флуороводородна киселина е неефикасен метод, без оглед на изборот на основниот третман. Комбинираниот третман (нагризување со киселината проследено со силанизирање) е метод што гради солидни врски, независно од основниот третман, но сепак, силанизирањето (керамичкиот прајмер) е третман што обезбедува најјаки врски. Резултатите од овој докторски труд покажуваат дека хемиските врски (остварени помеѓу средството за силанизирање и врзната површина на керамиката од една страна и композитниот цемент на база на 10-MDP од друга страна) се појаки во однос на оние обезбедени со механичка ретенција, постигната преку третман на керамичките површини со киселина.

### **Влијание на хемискиот состав на цементите (Panavia SA Cement и Clearfil Esthetic Cement) врз ефикасноста на керамичко-цементната врска кај IPS Empress CAD**

Влијанието на 10-MDP мономерот (составен дел на Panavia SA Cement) врз јачината на керамичко-цементното врзување е различно и е поврзано со видот на спроведените дополнителни третмани. Така, кога како основни третмани се применуваат пескарење на керамичките површини со алуминиум оксидни зрна или силикатизирање, присуството на 10-MDP мономерот во композитниот цемент има позитивен ефект само кај контролните групи и оние керамички површини кои биле дополнително третираны со флуороводородна киселина. Киселиот фосфатен мономер има негативно влијание врз јачината на врзување, ако како дополнителни третмани се спроведе силанизирање, односно третирање со киселина и силанизирање на керамичките површини. Притоа, негативниот ефект е многу поизразен во однос на позитивниот ефект кој е назначен.

Кога како основен третман се примени обработка на врзните површини со силициум карбидна хартија, тогаш позитивен ефект се јавува само кај силанизираните керамички површини ( $p=0.006$ ). Оттука, може да се заклучи дека, позитивна корелација помеѓу овој мономер и керамичкиот прајмер постои само во случај, кога средството за силанизирање се нанесува на керамичка површина без ретензивна морфологија.

### **6.1.3. IPS e.max CAD**

#### **Влијанието на третманите на керамичката површина кај IPS e.max CAD врз ефикасноста на остварената врска со Clearfil Esthetic Cement**

Ефектот од спроведените третмани врз јачината на врзување меѓу IPS e.max CAD керамиката и Clearfil Esthetic Cement-от, се должи пред сè на процентуалната застапеност на стаклестата и кристалната фаза кај оваа керамика. Иако IPS e.max CAD керамиката содржи 57-80% силициум диоксид, тој е пред сè вграден во литиум дисиликатните кристали што опфаќаат дури 70% од волуменот на керамиката. Силикатизацијата како основен третман обезбедува највисоки вредности на јачината на керамичко-цементното врзување за секој дополнителен третман одделно, како резултат на зголемување на количината на слободен силициум диоксид на керамичката површина (ваков силен ефект не е забележан кај керамиките Vita Mark II и IPS Empress CAD).

За разлика од другите контролни групи каде што се забележани исклучително ниски вредности за јачината на врската - 0.00 MPa за SiC/Con и 0.168 MPa за  $Al_2O_3$ /Con (вклучувајќи ги и контролните групи кај Mark II и IPS Empress CAD), силикатизацијата како единствен третман овозможува формирање солидна врска меѓу керамиката и Bis-GMA - композитниот цемент (12.365 MPa за CoJet/Con).

Нагризувањето на керамичките површини со флуороводородна киселина обезбедува солидна врска (32.101 MPa за  $Al_2O_3$ /HF и 37.910 MPa за CoJet/HF), незначајно послаба во однос на оние што се создаваат при силанизирање на претходно пескарени (41.541 MPa за  $Al_2O_3$ /S) или силикатизирани (45.203 MPa за CoJet/S) површини. Нагризувањето со киселина (30.276 MPa) гради значајно подобра врска во однос на силанизирањето (11.460 MPa) само во случај кога површината е третирана со абразивна хартија. Ова се објаснува со фактот што силанизирањето на литиум дисиликатната керамика, чија површина е рамна, без микроретенции, не може да даде соодветен ефект врз јачината на остварената врска, имајќи ја предвид специфичната структура на оваа керамика. Ефектот на силанот е многу поизразен кога керамичката површина е рапава (резултат на пескарење со алуминиум оксидни зрна или силикомодифицирани алуминиум оксидни зрна), што ја зголемува плоштината на површината и врзните места за силанот.

Комбинираниот третман од нагризување на керамичката површина со киселина и силанизирање (како дополнителен третман што се спроведува по основните третмани) резултира со создавање најдобра врска со композитниот цемент во однос на сите други дополнителни третмани, независно од основниот третман. Ова се објаснува со ефектот на киселината врз литиум дисиликатната керамика: врши растворање на стаклестата фаза која се наоѓа помеѓу кристалите (по што истите се протружени во однос на околната матрица), со тесни, длабоки празни простори меѓу нив погодни за ретенција на цементот; од друга страна, ваквата микроретентивна морфологија „ги заробува и штити“ настанатите силоксански врски од хидролиза. Токму поради тоа, овој третман е многу поефикасен во споредба со нагризувањето со киселина или силанизирањето, кога тие се спроведуваат одделно. Најниска вредност за јачината на врската (по спроведувањето на овој комбиниран третман) се забележува кога основниот третман се состои од третирање со силициум карбидна хартија (55.769 MPa за SiC/HF+S), повисока – кога површината се пескари (се зголемува плоштината на третираната површина, 63.020 MPa за  $Al_2O_3$ /HF+S) и највисока кога површината претходно се силикатизира (73.503 MPa за CoJet/HF+S).

Резултатите од овој труд се во согласност со оние на Spohr [165] според кој третманот што се состои од нагризување на керамичката површина со киселина и последователна силанизација, обезбедува појака врска со композитниот цемент во однос на силанизирањето на пескарени керамички површини. Нагризувањето со киселина обезбедува создавање на силно изразена микроморфологија на третираната површина, за разлика од неправилните вдлабнатини што се јавуваат по пескарењето.

Резултатите за јачината на керамичко-цементната врска во случај кога пескарењето на керамичките површини е применето како основен третман се во согласност со оние на Filho [138], според кој комбинираниот третман од пескарење, нагризување со киселина и силанизирање обезбедува најјака врска со композитниот цемент во споредба со третманите што опфаќаат пескарење и нагризување со киселина, или пескарење и силанизирање. Силанизирањето на керамичките површини, како дополнителен третман по спроведеното пескарење, обезбедува значително подобра врска отколку нагризувањето со HF киселина. Резултатите од обата труда сугерираат дека на средството за силанизирање треба да му се препише заслугата за постигнатата јачина на



керамичко-цементното врзување, кога двата третмана се применуваат заедно. Керамичките површини што не се третирани со киселина или силан (само пескарени), спонтано се раздвојуваат од композитниот материјал при сечењето на керамичко-композитното блокче за добивање на експерименталните микростапчиња. Ова укажува на фактот дека пескарењето само по себе, без никаков друг последователен третман претставува неефикасна процедура за подготовка на врзната површина на керамиката IPS e.max CAD.

Резултатите добиени за јачината на врската кај оваа керамика делумно се совпаѓаат со резултатите на Özcan и Vallittu [6], според кои силикатизацијата проследена со силанизација обезбедува нешто подобра врска кај употребениот Bis-GMA цемент во однос на третманот што опфаќал нагризување на керамичката површина со HF киселина проследено со силанизација; нашите наоди го тврдат спротивното. Најслаба врска авторите востановиле кога третманот се состоел од пескарење на површините проследено со силанизирање, што се совпаѓа со вредностите презентирани во овој докторски труд. Разликите за јачината на остварените врски во цитираниот и докторскиот труд се јавуваат поради разликата во применетите материјали и методи на работа. За да ги спроведат третманите на пескарење и силикатизација, Özcan и Vallittu користеле зрна со големина од 110  $\mu\text{m}$  (неефикасни во однос на очекуваната промена на морфологијата на керамичката површина), хемискиот третман на керамичките површини го изведувале со Monobond S (во својот состав содржи само силан), а за да ја испитаат јачината на врската, користеле сили на смолкнување. Вредностите што ја отсликуваат јачината на керамичко-композитното врзување презентирани во овој труд се двојно повисоки од оние што ги добиле цитираните автори, истовремено докажувајќи ја предноста од користењето на  $\mu\text{TBS}$ -тестот во однос на SBS-тестот.

Резултатите од актуелната студија делумно се во согласност со резултатите на Panah [137], според кој најјака врска се постигнува кога пескарениите керамички површини се нагризуваат со HF киселина и се силанизираат. Според овој автор, не постои разлика во јачината на остварената врска кога третманите на врзните површини со киселина и средството за силанизирање се спроведувале поединечно. Во оваа докторска дисертација е утврдено спротивното: нагризувањето на керамичката површина обезбедува речиси трипати појака врска со композитниот цемент, во однос на силанизирањето како поединечен третман. Овие наоди се поткрепени со фактот дека по нагризувањето на врзната површина со киселина, таа добива микроретентивна морфологија која придонесува за „вклетување“ на композитниот цемент; силанизирањето овозможува градење на хемиски врски со композитните цементи кои лесно подлежат на хидролиза, ако средството за силанизирање е нанесено на рамна површина. Резултатите од овој докторски труд се во согласност со оние на Pisani-Proenca [181] и покажуваат дека третманот што вклучува нагризување со HF киселина и силанизирање, резултира со значително зголемување на јачината на врската (во однос на контролната група), како за самоатхерирачкиот така и за конвенционалниот композитен цемент. Според Della Bona [87], комбинираниот третман (нагризување на керамичката површина со киселина и употреба на силан) гради најјака врска со композитниот цемент. Третманот што се состои само од нагризување со киселина обезбедува појака врска во однос на третманот што вклучува само силанизирање, што е во согласност со нашите резултати.

Нашите наоди се во согласност со резултатите на Kiyun [182], според кој најдобра врска била постигната со третманот што опфаќал пескарење, проследено со нагризување со киселина и силанизирање на керамичките површини (бидејќи во неговото испитување не бил земен предвид комбиниран третман од силикатизација, нагризување со киселина и силанизирање). Сепак, според овој автор, третманот што се состоел од пескарење, силикатизирање и

силанизирање остварил значително најслаба врска, дури послаба и од комбинираниот третман од пескарење и силанизирање, што е спротивно од нашите наоди; логично би било да се очекува третманот, со кој се зголемува количината на слободен силициум диоксид за кој се врзува средството за силанизирање, да обезбеди појака врска во однос на третманот што се состои од пескарење на керамичката површина (се постигнува релативно мала морфолошка промена) проследено со силанизирање.

До слични резултати за ефектот од комбинираниот третман (нагризување на керамичката површина со 10% HF киселина и силанизирање) како во овој труд дошле Pollington и Guarda [135,136]; остварената к-ц врска е појака отколку кај третманот што вклучува пескарење на површините и силанизирање.

Резултатите добиени во рамките на овој труд посочуваат на фактот дека најефикасен метод за обезбедување на јака врска помеѓу литиум дисиликатната керамика IPS e.max CAD и Clearfil Esthetic Cement-от е силикатизирање на керамичката површина проследено со третирање со флуороводородна киселина и силанизирање.

### **Влијанието на третманите на керамичката површина кај IPS e.max CAD врз ефикасноста на остварената врска со Panavia Self Adhesive Cement**

Влијанието на третманите на керамичката површина кај IPS e.max CAD и IPS Empress CAD врз ефикасноста на остварената врска со Panavia SA композитниот цемент е ралично и пред сè се должи на различната структура и хемискиот состав на овие керамики. Кај IPS Empress CAD леуцитната керамика (не земајќи ги предвид контролните групи) најслаби врски со Panavia SA композитниот цемент (независно од основните третмани) се градат кога како дополнителен третман се спроведува само нагризување со флуороводородна киселина. Непшто појаки врски се обезбедуваат кога по основните третмани следи комбинираниот третман од нагризување со киселина и силанизирање, а најјаки керамичко-композитни врски се обезбедуваат преку хемиско дејствување врз керамичките површини (силанизирање) со Monobond Plus. Спротивно од IPS Empress CAD, силанизирањето на врзните површини на литиум дисиликатната IPS e.max CAD керамика резултира со создавање на многу слаби врски со композитниот цемент на база на 10-MDP мономер (9.315 MPa за SiC/S, односно 9.980 MPa за Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/S). Значително подобрување во јачината на врска се забележува ако средството за силанизирање се нанесе на силикатизирана површина – 16.578 MPa, што се објаснува со фактот дека со силикатизацијата се зголемува количината на силициум диоксид на керамичката површина, а со тоа и бројот на врзните места за силанските молекули. Незначително подобрување на керамичко-цементното поврзување се јавува ако наместо силанизирање на керамичките површини, се спроведе третман со флуороводородна киселина (20.757 MPa за SiC/HF и 17.684 MPa за Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/HF). И во овој случај, силикатизирањето на керамичките површини (како основен третман) пред нагризувањето со киселина резултира со значително појака врска (36.258 MPa); се работи за кумулација на позитивните ефекти од нагризувањето со киселина (создава ретензивна површина) и силикатизацијата (со двоен ефект – хемиски и механички).

Актуелните резултати се во спротивност со оние на Maguio со сор. (2012), според кои кога третманот на IPS e.max CAD опфаќа пескарење на врзните површини (50 µm Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) и нагризување со HF киселина, врските кои се градат со Clearfil SA цементот се појаки во споредба со третманот што опфаќа само нагризување со киселина, но во согласност се со наодот според кој најслаба врска била остварена кога третманот на керамичката површина се состоел од нејзино пескарење без дополнителен третман [77].



Резултатите во овој труд кореспондираат со оние на Torres [69] и De Menezes [101], кои независно едни од други утврдиле дека кога третманот се состои од нагризување на оваа литиум дисиликатна керамика со HF киселина и силанизирање, се обезбедуваат подобри врски со композитниот цемент Panavia F (во својот состав содржи 10-MDP мономер) во однос на третманот што се состои од пескарење и силанизирање. Кога силанизирањето на керамичките површини е единствен третман, тогаш јачината на врската е најмала. Вредностите за јачината на врската што биле добиени за наведените третмани се пониски во однос на актуелните, пред сè поради тоа што за одредување на јачината на врзување бил користен  $\mu$ SBS-тестот.

Дополнителен третман што овозможува создавање на најјаки врски помеѓу IPS e.max CAD и Panavia SA Cement-от е комбинираниот третман од нагризување на керамичките површини со HF киселина проследено со силанизирање (за сите основни третмани); сепак треба да се нагласи дека овој третман е најефикасен ако се спроведува по обработка на керамичките површини со силициум карбидна хартија (51.646 MPa). Овој наод се совпаѓа со препораките на производителот на керамиката IPS e.max CAD според кој третманот на врзните површини треба да се состои од нагризување со HF киселина (20 секунди), обилно плакнење со вода и нанесување на средство за силанизирање.

#### **Влијанието на хемискиот состав на цементите (Panavia SA Cement и Clearfil Esthetic Cement) врз ефикасноста на керамичко-цементната врска кај IPS e.max CAD**

Присуството на 10-MDP мономерот во Panavia SA Cement-от има негативен ефект врз јачината на врзувањето помеѓу IPS e.max керамиката и композитниот цемент. Генерално, се забележуваат пониски вредности за керамичко-цементните врски независно од изборот на основниот третман или пак дополнителните третмани. Ова би можело да се објасни со специфичната структура на оваа керамика; големата застапеност на кристалната фаза претставена преку литиум дисиликатните кристали се неповолен момент за делување на киселиот фосфатен мономер.

Наодите од овој докторски труд укажуваат на тоа дека при изборот на средство, за атхезивно цементирање на реставрациите изработени од керамиката IPS e.max CAD, големо внимание треба да се обрне на хемискиот состав на композитниот цемент: *треба да се одбегнуваат цементите кои во својот состав содржат 10-MDP мономер.*

#### **6.1.4. Vita Enamic**

##### **Влијанието на третманите на керамичката површина кај Vita Enamic врз ефикасноста на остварената врска со Clearfil Esthetic Cement**

Добиените резултати за јачината на врската помеѓу Vita Enamic и Clearfil Esthetic Cement-от се одраз на специфичниот состав на оваа хибридна керамика. Полимерниот состав на матрицата (волуменски до 25%), што се состои од UDMA и TEGDMA, овозможува создавање солидна врска (17.782 MPa) со композитниот цемент кој содржи до 8% triethyleneglycol dimethacrylate - TEGDMA, и кога на керамичката површина не е извршен никаков дополнителен третман (SiC/Con). Со пескарење или силикатизирање на керамичката површина доаѓа до значајно зголемување на јачината на врската, што се објаснува со ретентивната морфологија, која се создава по спроведувањето на овие третмани (29.397 MPa за  $Al_2O_3$ /Con и 27.923 MPa за CoJet/Con).

И покрај големата разлика во јачината на врзувањето помеѓу контролните групи за основните третмани - третирање со SiC хартија и силикатизирање (17.782 MPa наспроти 27.923 MPa), ефектот од силикатизацијата се губи кога за дополнителен третман на површините, се користи киселина (33.413 MPa за SiC/HF и 33.139 MPa за CoJet/HF). Ова е резултат на растворувачкиот ефект на киселината врз силикатизираната површина. Појака врска се добива само кога киселината се аплицира на претходно пескарена површина – 41.672 MPa.

Силанизирањето на површините има позитивен ефект врз остварената врска (52.407 MPa за SiC/S, 49.271 MPa за Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/S и 47.845 MPa за CoJet/S), со оглед на фактот што на керамичката фелдспатна мрежа отпаѓаат 75% од волуменот или 86% од тежината на оваа хибридна керамика. Повисоките вредности на јачината на остварените врски со композитниот цемент, кои се постигнуваат со силанизирање на керамичките површини во однос на нагризувањето со киселина независно од спроведените основни третмани, укажуваат на тоа дека хемиските врски што се создаваат преку нанесување на средството за силанизирање на керамичката површина, се доминантни во однос на механичките, кои се градат со нагризување на површината со киселина.

Најголем позитивен ефект врз јачината на врската што се гради помеѓу хибридна керамика и композитниот цемент, има комбинираниот третман од нагризување со киселина, проследено со силанизирање. Ова укажува дека сублиматот од создадените хемиски силиксански врски и механичкото вклучување на композитниот цемент се пресудни за градење на сигурна врска. Најјака врска (57.77 MPa) е остварена кога комбинираниот третман е спроведен по силикатизација на површината. Зголемувањето на силициум диоксидот на керамичката површина има пресудно значење во создавање на јаки врски со композитниот цемент. Според препораките на производителот Vita Zahnfabrik, реставрациите изработени од Vita Enamic треба да се третираат со HF киселина, а потоа да се силанизираат. Јачината на врската што се постигнува со овој третман, 53.514 MPa, е незначајно пониска во однос на максималните добиени вредности. Сепак, за да се обезбеди најдобра врска со цементот врз база на Bis-GMA и TEGDMA - Clearfil Esthetic Cement, резултатите од овој труд укажуваат дека *реставрациите изработени од Vita Enamic најпрво треба да се силикатизираат, а потоа да се нагризат со флуороводородна киселина и да се силанизираат.*

### **Влијанието на третманите на керамичката површина кај Vita Enamic врз ефикасноста на остварената врска со Panavia Self Adhesive Cement**

Релативно високите вредности на јачината на врските што се остварени помеѓу контролните групи и Panavia SA Cement-от, ја потврдуваат улогата на полимерната мрежа која се наоѓа во состав на Vita Enamic и при цементирање со цемент што содржи MDP мономери.

Најслаба врска од 15.478 MPa се гради кога површината се третира само со силициум карбидна хартија. Зголемување на јачината се постигнува со механичка алтерација на хибридна керамика со песарење (22.685 MPa), односно силикатизација (24.872 MPa), при што силикатизирањето обезбедува подобра врска, што се должи на зголемената количина на силициум диоксид на површината.

Нагризувањето на површината со киселина доведува до значајно зголемување на јачината на врската во однос на контролните групи, за првите два основни третмани (26.492 MPa за SiC/HF, односно 32.508 MPa за Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/HF), а кога површината претходно се силикатизира, јачината на остварената врска е незначајно повисока (од 27.773 MPa).



Силанизирањето на керамичките површини доведува до создавање на значајно појаки врски во однос на нагризувањето со киселина, независно од основниот третман. Со ова се потврдува дека хемиските врски имаат позначајна улога во однос на механичкото „вклетпување“ (постигнато со третирање со киселина) и тогаш кога цементирањето се изведува со Panavia SA Cement.

Комбинираниот третман од нагризување на површината со киселина проследено со силанизирање има различен ефект врз јачината на врзување, и пред сè зависи од типот на основниот третман. Кога керамичките површини се третирани со силициум карбидна хартија или пескарени со алуминиум оксидни зрна, комбинираниот третман гради незначително послаба врска во однос на онаа што се постигнува со силанизирање на површините (44.180 MPa за SiC/HF+S во однос на 45.305 MPa за SiC/S и 44.159 MPa за Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/HF+S во однос на 48.218 MPa за Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/S). Незначително подобра врска (во однос на силанизирањето) овој третман гради само ако керамичката површина била претходно силикатизирана (49.151 MPa).

Врската што се гради со силанизирање на силикатизирани површини е појака во однос на комбинираниот третман што се спроведува по обработката со SiC хартија, или по пескарењето со алуминиум оксидни зрна. Нагризувањето со HF киселина проследено со силанизирање на претходно силикатизирани керамички површини, гради незначително подобра врска во однос на силанизирањето на пескарени површини (49.151 MPa за CoJet/HF+S во однос на 48.218 MPa за Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/S). Ова укажува на фактот дека негативни последици врз јачината на керамичко-цементната врска нема да има ако при спроведувањето на третманот за подготовка на керамичките површини за атхезивно цементирање, бидеј избегнато користењето на токсичната HF киселина.

Кога цементирањето на реставрации изработени од Vita Enamic се изведува со цемент што содржи 10-MDP мономер, најпрепорачлив третман е нагризување на силикатизираната керамичка површина со флуороводородна киселина и нејзино силанизирање.

### **Влијание на хемискиот состав на цементите (Panavia SA Cement и Clearfil Esthetic Cement) врз ефикасноста на керамичко-цементната врска кај Vita Enamic**

Анализата на вредностите на јачината на врските што се добиваат при цементирањето на Vita Enamic со Clearfil Esthetic Cement-от и Panavia Self Adhesive Cement-от упатува на генерален заклучок дека, цементот што во својот состав содржи 10-MDP мономер е непогоден за цементирање на хибридни керамики составени од фелдспатна керамика и полимерна структура. Се претпоставува дека токму овој мономер има несакани ефекти врз полимерната мрежа, со оглед на фактот што дури и кај керамичките површини што биле силикатизирани, употребата на овој цемент има негативно влијание врз остварените врски.

Vitablocks Mark II и Vita Enamic, во основа, се состојат од фелдспатна керамика, со таа разлика што Vita Enamic, покрај фелдспатот што е организиран во мрежа, содржи и полимерна мрежа што се состои од UDMA и TEGDMA. Позитивниот ефект од користењето на композитниот цемент со фосфатен мономер, кој се јавува кај Vita Mark II (кај групите што биле силикатизирани независно од дополнителните третмани, како и кај пескарени и со абразивна хартија третирани керамики што биле нагризувани со киселина), се губи кога станува збор за Vita Enamic. Послабата јачина на врските помеѓу 10-MDP композитниот цемент и хибридната керамика добиена кај сите можни комбинации од третмани што се спроведуваа на керамичките површини, дава право да се заклучи дека за цементирање на реставрации изработени од Vita Enamic се погодни единствено „класичните“ Bis-GMA-базирани цемента, кои во својот состав не содржат фосфатни мономер.

### 6.1.5. Lava Ultimate CAD/CAM Restorative

#### Влијанието на третманите на керамичката површина кај Lava Ultimate CAD/CAM Restorative врз ефикасноста на остварената врска со Clearfil Esthetic Cement

Врската која ја гради смолестата нано керамика Lava Ultimate CAD/CAM Restorative со Clearfil Esthetic Cement-от се разликува по својата јачина зависно од видот на основниот третман и секако од спроведените дополнителни третмани на врзната површина. Оваа врска е најслаба доколку површината се обработи само со силициум карбидна хартија (се постигнува мазна, неретензивна површина). Значајно зголемување на јачината на врската кај контролните групи (каде што не се спроведени никакви дополнителни третмани) се забележува кај другите два основни третмани, при што пескарењето на керамичката површина со  $Al_2O_3$  зрна резултира со послаба врска со цементот (31.186 MPa), во однос на силикатизацијата (41.855 MPa). Пескарењето само по себе предизвикува создавање вдлабнатини на површината, кои овозможуваат едноставна механичка ретенција, додека со силикатизацијата покрај механичкиот ефект (создавање рапавост на површината) се воспоставуваат и подобри хемиски врски – резултат на вградување на силициум диоксид во керамичката површина.

Нагризувањето со флуороводородна киселина и силанизирањето како поединечни дополнителни третмани имаат различен ефект врз јачината на врзување кај овој тип керамика, во однос на Vita Enamic. Кај Vita Enamic силанизирањето гради значително поголема јачина на врзување за композитниот цемент во однос на нагризувањето со киселина. Ефектот е спротивен кај Lava Ultimate CAD/CAM Restorative што се должи на специфичниот состав на керамиката: во полимерната матрица се внесени керамички нано честички составени од силициум диоксид и циркониум диоксид. За да можат овие нано честички да се поврзат со околната полимерна матрица и да создадат една целина, во текот на производството тие се силанизираат. Имајќи го ова предвид, може да се претпостави дека силанизирањето како поединечен дополнителен третман има послаб ефект во подобрувањето на врската со композитниот цемент, во однос на нагризувањето со флуороводородна киселина. Се подразбира дека врската што ќе се добие, ќе биде појака ако силанизирањето се спроведе по претходно пескарење на керамичката површина – се создава механичка ретенција (34.617 MPa за SiC/S и 41.763 MPa за  $Al_2O_3$ /S) и најјака по спроведена силикатизација (55.195 MPa), поради зголемување на слободниот силициум диоксид, што всушност е супстрат за дејствување на силанот. Добивањето повисоки вредности за јачината на врската по нагризувањето на површината со флуороводородна киселина, може да се објасни со евентуалниот ефект на киселината врз силициум диоксидните честички. Со оглед на нано големината на овие честички, со нивното растворање се создава порозност на површината со нано димензии, која е погодна за механичко вклучување на композитниот цемент. Ефектот од нагризувањето со киселина ќе биде поголем доколку врзната површина претходно се подготви со пескарење или силикатизирање (51.302 MPa за SiC/HF, 54.403 MPa за  $Al_2O_3$ /HF и 55.437 MPa за CoJet/HF).

Комбинираниот третман од нагризување на површината со киселина проследено со силанизирање, има различен ефект во однос на другите дополнителни третмани, зависно од основниот третман што претходно се спровел. Комбинираниот третман секако дека ќе оствари појака врска во однос на силанизирањето како поединечен третман имајќи ги предвид ефектите утврдени за дејствувањето на киселината. Во споредба со нагризувањето со киселина како поединечен третман, комбинираниот третман резултира во послаба јачина на врската само кога површината е обработена со силициум



карбидна хартија (42.891 MPa за SiC/HF+S). Претходно спроведената механичка, односно механичко-хемиска алтерација на керамичката површина, доведува до градење на појака врска (54.859 MPa за  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{HF}+\text{S}$ , односно 59.459 MPa за CoJet/HF+S).

Производителот на Lava Ultimate CAD/CAM Restorative - 3M ESPE, не препорачува нагризување со флуороводородна киселина на врзните површини на реставрациите изработени од оваа нано керамика, со објаснување дека киселината не предизвикува промена врз структурата на керамичката. *Резултатите во овој труд го докажаа спротивното.* Непескарена керамичка површина гради јака врска со композитниот цемент само ако таа се нагризе со флуороводородна киселина. Предложениот третман од производителот за пескарење на керамичката површина со алуминиум оксидни зрна проследено со силанизирање, покажа послаба јачина на врската со Clearfil Esthetic Cement-от (41.763 MPa) во однос на нагризувањето со киселина (54.403 MPa за  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{HF}$ ), односно комбинираниот третман (54.859 MPa за  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{HF}+\text{S}$ ). Како алтернатива на пескарењето со алуминиум оксидни зрна, производителот препорачува силикатизирање на површината (CoJet е продукт на 3M ESPE) проследено со силанизирање. Резултатите од овој труд ги докажуваат ефикасноста на предложениот третман и оправданоста за негова примена (кога постои тенденција за одбегнување на примената на токсичната HF киселина). Разликата во добиената јачина на врската од 55.195 MPa (CoJet/S), наспроти 59.459 MPa кај најефикасниот CoJet/HF+S третман е незначителна и оди во прилог на претходната констатација.

Сопственото испитување на компанијата 3M ESPE покажало дека пескарењето на Lava Ultimate CAD/CAM Restorative без употреба на друго средство, обезбедува појако врзување за композитниот цемент во однос на IPS e.max CAD, IPS Empress CAD и Vitablocks Mark II, чии третмани се состоеле од нагризување на врзните површини со киселина, силанизирање и апликација на атхезив. Сознанијата од оваа докторска дисертација не се во согласност со гореизнесеното, земајќи предвид дека јачината на врската што се гради само со пескарење на површините на Lava Ultimate е послаба во однос на оние што се добиени при комбиниран третман од нагризување со киселина и силанизирање на керамичките површини на споменатите керамики.

Сознанијата од овој докторски труд се во согласност со Vargavaа и сор. [183], кои утврдиле дека силикатизацијата на керамичката површина на Lava Ultimate обезбедува најјака врска за композитниот цемент, а нешто послаба врска кога површините се пескарени со 30  $\mu\text{m}$   $\text{Al}_2\text{O}_3$ , или подготвени само со силициум карбидна хартија. Сепак, не се во согласност со заклучокот на авторите дека најслаба врска се создава кога површината се третира со 5% HF киселина. Спротивно, нагризувањето на врзните површини со HF киселина придонесува за значајно зголемување на јачината на к-ц поврзување.

### **Влијанието на третманите на керамичката површина кај Lava Ultimate CAD/CAM Restorative врз ефикасноста на остварената врска со Panavia Self Adhesive Cement**

Позитивниот ефект од нагризувањето на површината на Lava Ultimate CAD/CAM Restorative со флуороводородна киселина врз јачината на добиената керамичко-цементна врска, се забележува и кога за цементирање се користи Panavia SA Cement. Кога керамичките површини се обработуваат со силициум карбидна хартија или се силикатизираат, третирањето со флуороводородната киселина овозможува создавање најјаки врски со композитниот цемент во однос на другите дополнителни третмани. Кога површината се обработува со силициум карбидна хартија, нагризувањето со киселина гради најјака врска – 53.824 MPa, кај комбинираниот третман е незначително пониска 49.788 MPa, а уште пониска кај силанизирањето како поединечен третман – 37.689 MPa.

Одредена јачина на врска (14.518 МПа) се добива и кога керамичката површина не подлежи на никаков дополнителен третман (контролна група).

Највисоки вредности на јачината на врска се обезбедени со пескарење на керамичките површини, при што помеѓу третманите од оваа група не се јавува статистички значајна разлика. Генерално, дополнителните третмани ја намалуваат јачината на врска во однос на контролната група, при што нагризувањето со киселина и комбинираниот третман (нагризување со киселина проследено со силанизирање) обезбедуваат врски што се слични според вредностите на јачината (62.525 МПа за  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{HF}$  односно 62.397 МПа за  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{HF}+\text{S}$ ). Кога пескарена површина се силанизира, се добива најниска средна вредност за јачината на врска од 58.435 МПа.

Релативно пониските вредности на јачината на врските што се добиваат по силанизирање на керамичките површини (во однос на нагризувањето со киселина или комбинираниот третман) може да се објаснат со веќе спроведениот процес на силанизација на нано честичките и нано кластерите при индустриското производство на блоковите.

Силикатизирањето како основен третман генерално резултира во послаби врски со 10-MDP композитниот цемент, во споредба со пескарењето. И во оваа група не постои значајна разлика помеѓу јачините на врските добиени со спроведување на различни дополнителни третмани. Сепак, нагризувањето со киселина обезбедува најдобра врска (48.515 МПа), а најслаба (38.290 МПа) кога по силикатизирањето не се спроведува друг третман.

Од анализата на резултатите може да се заклучи дека доколку за цементирање на реставрации изработени од *Lava Ultimate CAD/CAM Restorative* се користи цемент што во својот состав содржи 10-MDP мономер каков што е *Panavia Self Adhesive Cement*-от, за обезбедување на најдобра врска, врзната површина на реставрацијата треба само да се пескари со алуминиум оксидни зрна.

Какви врски ќе се изградат помеѓу различни композитни цемента и реставрации изработени од *Lava Ultimate CAD/CAM Restorative* не може да се претпостави, со оглед на фактот што производителот се уште го чува во тајност хемискиот состав на полимерната матрица, наведувајќи единствено дека се разликува од сите досега познати самополимеризирачки или светлосно-полимеризирачки композитни материјали.

### **Влијание на хемискиот состав на цементите (*Panavia SA Cement* и *Clearfil Esthetic Cement*) врз ефикасноста на керамичко-цементната врска кај *Lava Ultimate CAD/CAM Restorative***

Присуството на 10-MDP мономерот во *Panavia Self Adhesive* композитниот цемент има различен ефект врз јачината на врзување за *Lava Ultimate CAD/CAM Restorative*, зависно од третманот на врзната површина. Кога керамичките површини подлежат на обработка со силициум карбидна хартија или третман со алуминиум оксидни зрна, независно од дополнителните третмани, *Panavia SA* цементот обезбедува појака врзувачка сила во однос на *Clearfil Esthetic* цементот. Може да се претпостави дека позитивниот ефект на *Panavia Self Adhesive Cement*-от се должи на врска што се гради со циркониум оксидните нано честички – поради афинитетот на 10-MDP мономерот кон металните оксиди. Значајно појака врска се обезбедува при цементирање на примероците од контролните групи за наведените основни третмани (2.436→14.518 МПа за третирање со абразивна хартија, односно 31.186→64.195 МПа за пескарение на керамички), како и во случаите кога пескарењето е проследено со силанизирање (41.763→58.436 МПа).

Негативен ефект од примената на *Panavia SA Cement*-от се јавува единствено кај оние керамички чијашто површина е силикатизирана, независно од дополнителниот третман. Силикатизацијата на керамичката површина



веројатно го оневозможува контактот на 10-MDP мономерот со циркониум оксидните наночестички.

### 6.1.6. Celtra Duo

#### Влијанието на третманите на керамичката површина кај Celtra Duo врз ефикасноста на остварената врска со Clearfil Esthetic Cement

Обработката со силициум карбидна хартија, пескарењето и силикатизирањето на керамичките површини кај Celtra Duo спроведени поединечно, не обезбедуваат задоволителна јачина на врската со Clearfil Esthetic Cement-от (предвременно раздвојување е забележано кај сите подготвени микростапчиња).

Кога керамичките површини се третираат со силициум карбидна хартија, нагризувањето на површината со киселина и комбинираниот третман од нагризување со киселина и силанизирање даваат високи вредности за јачината на керамичко-цементната врска. Киселината предизвикува растворање на стаклестата матрица, при што се јавуваат протружени литиум силикатни кристали; добиената микроретензивна површина овозможува вклучување на полимерниот композит, што резултира со јачина на керамичко-цементната врска од 54.651 MPa за SiC/HF, а незначително послаба врска (51.984 MPa) се гради за комбинираниот третман (SiC/HF+S).

Пескарењето на керамичката површина со алуминиум оксидни зрна има голем ефект врз јачината на врската со цементот (доколку следат дополнителни третмани). Третирањето на површината со киселина обезбедува врска со јачина од 62.039 MPa ( $Al_2O_3$ /HF). Послаба врска се гради ако по третирањето со киселина површината се силанизира (56.577 MPa за  $Al_2O_3$ /HF+S); силанизирањето како единствен дополнителен третман гради значајно послаба врска (32.471 MPa за  $Al_2O_3$ /S).

Со ова се докажува дека третирањето со киселина (се добива микромеханичка ретензивна површина) е далеку поуспешен метод за алтерација и подготовка на врзната површина за атхезивно цементирање наспроти силанизирањето, кое ќе има ефект врз јачината на остварената врска само доколку претходно била обезбедена рапава површина. На тој начин се зголемува активната површина на која дејствува силанот, а од друга страна, силиоксанските врски се заштитени од хидролиза.

Силикатизацијата на керамичките површини се покажа како помалку ефикасен метод за алтерација на врзните површини при цементирање со Bis-GMA цементот. Кога силикатизираната површина се третира со HF киселина или кога следи комбиниран третман од нагризување со киселината и силанизирање, јачината на керамичко-цементните врски е послаба (43.860 MPa за CoJet/HF и 43.030 MPa за CoJet/HF+S) во однос на онаа која се добива кога наведените дополнителни третмани се спроведуваат по обработка со SiC хартијата или пескарење. Силанизирањето на силикатизираната површина обезбедува значително послаба врска (18.203 MPa) во споредба со истиот третман спроведен на пескарена керамичка површина.

Пескарењето на керамичките површини со алуминиум оксидни зрна проследено со нагризување со флуороводородна киселина е метод на избор при подготовка на реставрациите изработени од Celtra Duo за атхезивно цементирање со Clearfil Esthetic Cement.

#### Влијанието на третманите на керамичката површина кај Celtra Duo врз ефикасноста на остварената врска со Panavia Self Adhesive Cement

Кога цементирањето се изведуваше со Panavia Self Adhesive Cement-от, поради предвременно разделување на микростапчињата не можеше да се измери

јачината на керамичко-цементната врска кај контролните групи, за обата основни третмани - SiC и  $Al_2O_3$ , како и кај примероците чиешто силанизирање беше извршено по обработката со силициум карбидната хартија. Пескарењето изведено со алуминиум оксидни зрна има минимален ефект во подобрување на врската кога како дополнителен третман површината се силанизира (3.025 MPa). Нагризувањето со киселина (34.355 MPa за SiC/HF) има позитивен ефект врз врската, што се зголемува ако површината претходно е пескарена (37.310 MPa за  $Al_2O_3$ /HF), односно силикатизирана (37.337 MPa за CoJet/HF). Комбинираниот третман од нагризувањето со киселина проследено со силанизирање има различен ефект, што зависи од основниот третман; послаба врска се постигнува ако површината била претходно пескарена (24.74 MPa за  $Al_2O_3$ /HF+S), а појака при обработка со силициум карбидна хартија односно силикатизација (47.871 MPa за SiC/HF+S и 38.748 MPa за CoJet/HF+S).

Резултатите од овој експеримент ги потврдуваат препораките на производителот за подготовката на керамичката површина за цементирање: *нагризување на врзната површина со флуороводородна киселина и нејзино силанизирање. Оваа препорака треба да се почитува само кога цементирањето се врши со композитен цемент што во својот состав содржи 10-MDP мономер.*

### **Влијание на хемискиот состав на цементите (Panavia SA Cement и Clearfil Esthetic Cement) врз ефикасноста на керамичко-цементната врска кај Celtra Duo**

Присуството на 10-MDP мономерот во композитниот цемент има негативно влијание врз јачината на врската што се гради со овој тип керамика. Забележани се пониски вредности за сите дополнителни третмани независно од основниот третман. Појака к-ц врска овој цемент гради единствено кога керамичките површини се силикатизираат.

Од изнесеното може да се заклучи дека Panavia Self Adhesive Cement кој во својот состав содржи 10-MDP мономер, не е погоден за цементирање на реставрации изработени од Celtra Duo.

### **6.2. ВЛИЈАНИЕТО НА ЛАБОРАТОРИСКОТО СТАРЕЕЊЕ НА МАТЕРИЈАЛИТЕ ВРЗ ЈАЧИНАТА НА КЕРАМИЧКО-ЦЕМЕНТНАТА ВРСКА**

Лабораториското стареење на материјалите постигнато со продолжено чување на примероците во водена бања има влијание врз јачината на керамичко-цементното поврзување, а ефектот (постигнат со симулација на условите во оралната празнина) е различен кај различните керамики, видот на композитниот цемент и секако видот на спроведените третмани на керамичката површина.

#### **• Vitablocks Mark II / Clearfil Esthetic Cement / 5 месеци**

По 5-месечно чување на примероците во водена бања, највисоки вредности за јачината на врската помеѓу Vitablocks Mark II и Clearfil Esthetic Cement-от е утврдена кога керамичката површина е третирана со киселина и керамички прајмер (комбиниран третман) по обработката со силициум карбидната хартија (39.619 MPa за SiC/HF+S); нешто пониска вредност е забележана кај третманот што опфаќа силанизирање на керамичките површини (38.745 MPa SiC/S). Наведените дополнителни третмани (силанизирање и нагризување со киселина проследено со силанизирање) обезбедуваат солидни врски и по пескарењето и силикатизирањето на керамичките површини (од 28.848 за  $Al_2O_3$ /S до 36.323 MPa за CoJet/HF+S).



### • 7 дена vs 5 месеци / Vitablocks Mark II / Clearfil Esthetic Cement

Студент-овиот t-тест (за значајноста на промените во јачината на керамичко-цементното врзување, по лабораториското стареење на материјалите) покажа дека статистички незначајно зголемување на јачината на врските се јавува кај примероците каде што врзните површини биле силикатизирани. Меѓутоа, јачината на керамичко-цементната врска се намалува ако силикатизацијата е проследена со силанизирање на керамичките површини. Намалување на јачината на врските по силанизирањето се забележува и во случаите кога како основни третмани се спроведени обработка со SiC хартија или пескареење на керамичките површини; тоа укажува на нестабилноста на изградените силиоксански врски, независно од морфологијата на керамичката површина.

Иако статистички незначајно, зголемување на јачината на врските се забележува кога по пескареењето и силикатизирањето на керамичките површини се спроведува нагризување со флуороводородна киселина. Ова покажува дека со промената на морфологијата на врзните површини, вклучувањето на композитниот цемент во вдлабнатините и порите на керамичката површина овозможува физичките врски воспоставени помеѓу Vitablocks Mark II и Clearfil Esthetic Cement-от да бидат зачувани и зајакнати. Би можело да се претпостави дека извесната апсорпција на вода која се случува за време на чувањето на примероците во водената бања, доведува до зголемување на волуменот на композитниот цемент кој останува „заробен“ во ретензивната керамичка површина.

И покрај негативниот ефект (статистички незначаен,  $P=0.08$ ) што продолженото чување на примероците во водена бања го има врз јачината на керамичко-цементното врзување, третманот што обезбедува најјаки врски помеѓу Vitablocks Mark II и Clearfil Esthetic Cement-от е нагризувањето на врзните површини со флуороводородна киселина проследено со силанизирање (50.202 MPa за 7-дневно чување во водена бања и 39.619 MPa за 5-месечно чување во водена бања).

### • Vitablocks Mark II / Panavia Self Adhesive Cement / 4 месеци

Кога за цементирање на врзните површини на Vitablocks Mark II се употребува Panavia Self Adhesive композитниот цемент, по 4-месечно складирање на примероците во водена бања највисока вредност за керамичко-цементната врска (42.961 MPa) покажуваат примероците каде бил спроведен третман од обработка на врзните површини со силициум карбидна хартија и нанесување на керамички прајмер (средство за силанизирање). Нешто пониски вредности се констатирани кај примероците каде третманот опфаќа силанизирање на силикатизираниите керамички површини (42.078 MPa). Најјаки к-ц врски (30.117 MPa) биле обезбедени и при силанизирање (во споредба со останатите дополнителни третмани) на примероците чии врзни површини биле претходно пескарени.

Нешто послаби врски за секој основен третман поединечно, било утврдено кај комбинираниот третман од нагризување со флуороводородната киселина и силанизирање, а значително послаби врски кога е вршено само механичко алтерирање на керамичките површини со споменатата киселина.

Кога не се спроведуваат дополнителни третмани (контролни групи), најјако керамичко-цементно врзување од 12.158 MPa (слично како и во случаите на 7-дневно чување на примероците во водена бања) е утврдено кај примероците кои биле силикатизирани.

Од горе изнесеното може да се заклучи дека по 4-месечно чување на примероците во водена бања, најефикасни и најстабилни се покажале хемиските врски воспоставени помеѓу 10-MDP композитниот цемент од една

страна и хемиски изменетата керамика Vitablocks Mark II од друга страна. Ова би можело да се објасни со компатибилноста на керамичкиот прајмер со употребениот Panavia Self Adhesive Cement, односно на нивниот хемиски состав: керамичкиот прајмер покрај силен содржи и кисел фосфатен мономер, сличен на оној што се наоѓа во составот на споменатиот цемент.

#### • 7 дена vs 4 месеци / Vitablocks Mark II / Panavia Self Adhesive Cement

Статистичката обработка на податоците за улогата на стареењето на материјалите врз ефикасноста на керамичко-цементното врзување покажува дека кога основните третмани вклучуваат употреба на керамички прајмер (силанизирање), јачината на керамичко-цементната врска се зголемува независно дали истиот е применет како единствен дополнителен третман или пак по претходен третман на керамичката површина со флуороводородна киселина. Ова е посебно изразено кога како основен третман на керамичките површини била спроведена обработка со силициум карбидна хартија.

Минимално намалување на јачината на врзување ( $<1$  MPa) е забележано кога нагризувањето на керамичката површина со флуороводородна киселина како дополнителен третман, следи по основните третмани - обработка на врзните површини со SiC хартија или силикатизација. Поизразено намалување на јачината на керамичко-цементната врска (но без статистичка значајност,  $P=0.197$ ) е утврдено кога керамичката површина претходно била пескарена со алуминиум оксидни зрна (25.855 MPa по 7-дневно и 18.776 MPa по 4-месечно чување во водена бања).

Што се однесува до контролните групи, значајно зголемување на јачината на врзување по продолженото чување на примероците во водена бања, се забележува кога керамичките површини биле силикатизирани (7.086 MPa  $\rightarrow$  12.158 MPa и  $P=0.049$ , односно обработени со силициум карбидна хартија (0.266 MPa  $\rightarrow$  4.657 MPa). Со оглед на тоа што стапчињата чии керамички површини беа пескарени со алуминиум оксидни зрна, се дебондираа за време на нивната обработка со цел намалување на обемот во пределот на атхезивната зона, кај нив не постоеше можност за процена на влијанието на стареењето врз керамичко-цементното поврзување.

Од изнесеното може да се констатира дека по пролонгираното чување на примероците во водена бања, може да се забележи намалување или зголемување на јачината на керамичко-цементната врска помеѓу Vitablocks Mark II керамиката и Panavia Self Adhesive композитниот цемент кај одредени третмани на врзната површина, но генерално, заклучокот е дека стареењето на материјалите нема некое значајно влијание врз изградените вски.

#### • IPS Empress CAD / Clearfil Esthetic Cement / 5 месеци

И по 5-месечното чување во водена бања на примероците од керамиката IPS Empress CAD цементирани со Clearfil Esthetic Cement, се потврдува констатацијата дека силанизирањето извршено по претходно пескарење или силикатизирање на керамичките површини, гради најјаки вски со Bis-GMA композитниот цемент (42.770 MPa за  $Al_2O_3/S$  односно 44.135 MPa за CoJet/S). Нешто послаби вски (статистички незначајно) за истите основни третмани, се утврдени кај примероците кај кои бил спроведен комбиниран третман од нагризување со флуороводородна киселина проследено со силанизација (37.408 MPa за  $Al_2O_3/HF+S$ , односно 37.817 MPa за CoJet/HF+S). Во случај на обработка на керамичките површини со силициум карбидна хартија како основен третман, влијанието на споменатите дополнителни третмани е обратен: појака врска се забележува кога третманот се состои од нагризување со киселина и силанизирање. Она што е воочливо е дека по пролонгираното чување во вода,



разликата во однос на ефикасноста на овие дополнителни третмани врз јачината на керамичко-цементното врзување е речиси изедначена (33.897 MPa за SiC/S, односно 34.907 MPa за SiC/HF+S) и изнесува само 1.01 MPa, наспроти разликата од 11.778 MPa во јачината на врзување за овие два третмани, утврдена по 7-дневното тестирање.

Нагризувањето со киселина се покажа како најмалку ефикасен дополнителен третман не само по 7-дневното тестирање на примероците, но и по 5-месечното чување во водена бања.

Најефикасен метод за третирање на врзните површини на реставрации изработени од леуцитната IPS Empress CAD керамика, при атхезивно цементирање со Bis-GMA Clearfil Esthetic Cement-от, што обезбедува создавање на најјака и најстабилна керамичко-цементна врска е силикатизирање на врзните површини проследено со силанизирање. Вака создадените хемиски врски се стабилни, долготрајни и најмалку подложни на хидролиза.

#### • 7 дена vs 5 месеци / IPS Empress CAD / Clearfil Esthetic Cement

Податоците добиени од тестирањето на јачината на керамичко-цементното поврзување меѓу керамиката IPS Empress CAD и Clearfil Esthetic композитниот цемент по 7-дневно и 5-месечно чување на примероците во водена бања, укажуваат на негативниот ефект на лабораториското стареење на материјалите врз воспоставената врска. Овој ефект е најизразен токму кај групата која покажа најголеми вредности за јачината на врзување по 7-дневното чување на примероците во водена бања: јачината на врската кај силанизираните пескарени примероци од 56.550 MPa се намали на 42.770 MPa по 5-месечно чување на дел од примероците во водена бања ( $P=0.019$ ). Сличен (негативен) ефект се забележа кога третманот се состоеше од нагризување на керамичките површини претходно обработени со силициум карбидна хартија ( $P=0.021$ ). Флуороводородната киселина покажа позитивно влијание врз јачината на керамичко-цементната врска, кога истата беше нанесена на силикатизирана керамичка површина; ова може да се објасни со механичкиот ефект од силикатизацијата и делувањето на киселината врз морфологијата на керамичката површина, но и со хемискиот ефект на силикатизацијата.

Сепак и покрај значајното намалување на јачината на врската создадена по силанизирање на пескарените керамички површини, овој третман останува втор по својата ефикасност во обезбедувањето на долготрајни керамичко-цементни врски. Ако силанизирањето се изведе на керамички површини кои претходно биле силикатизирани, намалувањето на јачината на врската е незначајно, од 45.304 MPa на 44.135 MPa кога микро-затегнувачкиот тест се изведува по 5-месечно чување во водена бања. До зголемување на јачината на врската доаѓа доколку силанизирањето се изведе на керамички површини кои биле обработени со SiC хартија (33.897 MPa). И покрај ова зголемување, создадените врски се послаби во споредба со истиот дополнителен третман спроведен кај останатите основни третмани.

#### • IPS e.max CAD / Clearfil Esthetic Cement / 5 месеци

Нагризувањето на керамичката површина со флуороводородна киселина проследено со силанизирање е третман што обезбедува најјака врска помеѓу IPS e.max CAD и Clearfil Esthetic Cement-от и по продолженото чување на примероците во водена бања. Овој дополнителен третман е најефикасен кога се спроведува на керамички површини кои претходно биле обработени со силициум карбидна хартија (41.262 MPa), односно третирани со CoJet (40.675 MPa). Овие резултати се потврда на препораката на производителот на оваа керамика, Ivoclar Vivadent – токму овој третман да се спроведува при атхезивно цементирање на реставрации изработени од IPS e.max CAD.

Хемиските врски кои се создадени при силанизирање на керамичките површини, се покажаа како нестабилни при пролонгирано чување во вода, посебно ако керамичката површина е релативно мазна (3.468 MPa за SiC/S). Силанизирањето на пескарени и силикатизирани керамички површини обезбеди јачина на врските од 15.813 MPa за  $Al_2O_3/S$  и 16.260 MPa за CoJet/S, кои се значајно пониски во однос на оние кои се создаваат при спроведување на комбинираниот третман.

Механичката ретенција (постигната со третирање на керамичките површини со флуороводородна киселина) и нејзиното влијание врз јачината на керамичко-цементната врска се покажа како поефикасна (во издржливоста) при спроведувањето на тестот на стареење, во однос на хемиските - силоксански врски. Нагризувањето со флуороводородна киселина се покажа како слабо ефикасен метод доколку е спроведен на пескарени керамички површини (16.843 MPa). Сепак јачината на вака обезбедената врска е поголема во однос на онаа, која се добива кога како дополнителен третман се спроведува силанизирањето. Од изнесеното може да се заклучи дека воспоставените керамичко-цементни врски (при комбинираниот третман) кои опстојуваат и по 5 месечно чување во водена бања, од една страна се должат на механичкиот ефект од нагризувањето со киселина, односно на настанатите каналчиња и пори каде доаѓа до вклучување на композитниот цемент и „заштитата“ на создадените хемиски врски од хидролиза, од друга страна.

#### • 7 дена vs 5 месеци / IPS e.max CAD / Clearfil Esthetic Cement

Анализата и споредбата на вредностите за јачината на керамичко-цементното врзување по 7-дневно и 5-месечно чување на примероците во водена бања, укажуваат на негативниот ефект од лабораториското стареење на материјалот врз ефикасноста на третманите. Генерално се забележува намалување на јачината на врзување, кое е статистички значајно кога третманите вклучуваат користење на средство за силанизирање. Анализата на графиконите за средните вредности на јачината на врзување кај примероците од IPS e.max CAD, за различни третмани, тестирани по 7-дневно чување во вода, укажуваат дека силанизирањето (како дополнителен третман) гради појаки керамичко-цементни врски во споредба со нагризувањето со киселина, доколку средството биде нанесено (на рапава површина), по извршено пескарење или силикатизирање. Ако керамичкиот прајмер Monobond Plus е нанесен на површина обработена со силициум карбидна хартија, изградените врски се статистички значајно послаби во однос на оние кои се градат при нагризување на површините со киселина.

Пролонгираното чување на примероците во вода го потенцира негативниот ефект врз силоксанските врски. Хидролизата на овие врски доведува до значајно намалување на јачината на керамичко-цементното врзување, така што кај примероците кои се чувани во водена бања во времетраење од 5 месеци, се јавува истиот сооднос меѓу средните вредности за наведените дополнителни третмани (нагризување со киселина или силанизирање) како во случаите кога третманите се спроведуваат на керамички површини обработени со силициум карбидна хартија, без лабораториско стареење на материјалите.

Со оглед на фактот што и по стареењето на материјалот, комбинираниот третман обезбедува релативно јаки сили на врзување, може да се заклучи дека нагризувањето со киселина е поефикасен метод во обезбедување на рапава (ретензивна) керамичка површина во споредба со пескарењето и силикатизацијата. Овој наод се потврдува и со направените SEM фотомикрографи.



### • Vita Enamic / Clearfil Esthetic Cement / 5 месеци

Специфичниот хемиски состав на Vita Enamic (фелдспатна керамичка и композитна мрежа кои меѓусебно се преплетуваат) е одговорен за релативно високите вредности на јачината на керамичко-цементното врзување и по продолженото чување на експерименталните примероци во водена бања. Се забележуваат вредности од над 43.0 MPa (43.313 MPa за  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{HF}+\text{S}$ ), односно над 47.0 MPa за сите останати основни третмани, кога како дополнителни третмани се спроведува силанизирање на керамичките површини или нагризување со киселина проследено со силанизирање. Кој било од наведените третмани може да се примени со успех. Ваква хомогеност во резултатите не е забележана за ниеден друг керамичко-цементен систем. Сепак, најголема јачина на керамичко-цементната врска (47.936 MPa) се обезбедува кога пескарениите врзни површини се силанизираат.

Вредности од 30.068 MPa до 33.808 MPa се утврдени кога по основните третмани керамичките површини биле нагризувани со флуорводородна киселина. Што се однесува пак до контролните групи, ако третманот опфаќа само обработка на керамичката површина со силициум карбидна хартија, тогаш врските се со јачина од 9.906 MPa, а пескарењето на керамичките површини со алуминиум оксидни зрна или CoJet градат двојно појаки врски (18.531 MPa, односно 20.548 MPa).

Од наведените податоци може да се заклучи дека керамичкиот прајмер во чиј состав влегува силанот, има најважна улога во градењето на солидни керамичко-цементни врски. За ова придонесува и специфичниот хемиски состав на оваа керамика (фелдспатна керамика појачана со полимерна мрежа составена од UDMA и TEGDMA); TEGDMA влегува во составот и на Heliobond-от и на композитниот цемент градејќи со нив една компактна структура.

### • 7 дена vs 5 месеци / Vita Enamic / Clearfil Esthetic Cement

Она што е воочливо кога се анализираат и споредуваат вредностите за јачината на керамичко-цементното врзување помеѓу Vita Enamic и Clearfil Esthetic Cement-от по лабораториското стареење на материјалите, е општото намалување на нивната вредност – за сите основни и дополнителни третмани. Притоа, статистички значајно намалување се јавува кај контролните групи за сите основни третмани, и кај комбинираниот третман од нагризување со киселина и силанизирање спроведен по пескарење или силикатизирање на керамичките површини. Ова значајно намалување на јачината на врските изградени по спроведувањето на комбинираниот третман во комбинација со наведените основни третмани и минималното намалување на јачината на врските изградени по силанизирање на керамичките површини, доведува до изедначување на јачината на создадените керамичко-цементни врски за наведените дополнителни третмани (по 5-месечно чување во водена бања). Третманите на керамичките површини кои обезбедија најјаки врски со Clearfil Esthetic Cement-от по 7-дневното чување на примероците во водена бања (57.770 MPa за CoJet/HF+S и 52.936 MPa за  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{HF}+\text{S}$ ), не се покажаа ефикасни во зачувувањето на нивната јачина (47.348 MPa /  $P=0.002$ , односно 43.313 MPa /  $P=0.040$ ) по лабораториското стареење. Затоа пак, незначајно пониските вредности ( $P=0.745$ ) на јачината на врската изградена по силанизирање на пескарениите керамички површини по 7-дневното тестирање (49.271 MPa за  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{S}$ ) на примероците од нивната подготовка, доведе до одржување на најјака керамичко-цементна врска (47.936 MPa) помеѓу Vita Enamic и Clearfil Esthetic Cement-от по 5-месечното складирање во вода.

### • Vita Enamic / Panavia Self Adhesive Cement / 4 месеци

Хомогеноста на вредностите за јачината на реализираните врски по различните третмани на керамичките површини на керамиката Vita Enamic при цементирање со Clearfil Esthetic цементот, се забележува и кога цементирањето се изведува со Panavia SA Cement и тестирање на јачината на врските по 4 месеци од подготвувањето на примероците. Најниска вредност (11.115 MPa) за керамичко-цементната врска се забележува кај оние примероци чија керамичка површина била обработена единствено со силициум карбидна хартија. Ова е разбирливо имајќи ја во предвид морфологијата на вака обработената керамичка површина, потврдена со помош на скенирачката електронска микроскопија (SEM) – рамна, неретентивна површина. Промените на површинската морфологија настанати како резултат на пескарењето на керамичките површини или користењето на CoJet, доведува до зголемување на јачината на врзување (20.124 MPa за  $Al_2O_3/Con$  и 21.613 MPa за CoJet/Con). Вдлабнатините кои настануваат при овие третмани овозможуваат ретенција на композитниот цемент, и придонесуваат за одредена отпорност на воспоставените керамичко-цементни врски на продолженото делување на водата. Улогата на механичките ретенции е поизразена во случај кога керамичките површини се третираат со флуороводородна киселина. По овој третман се забележуваат голем број на пори и каналчиња во кои навлегува течниот композитен цемент при неговото нанесување на врзните површини. Утврдена јачина на врзување на полимеризираниот цемент со третираната керамичка површина по пролонгираното чување во водена бања изнесува 29.40 MPa за CoJet/HF до 31.789 за  $Al_2O_3/HF$ .

Ако дополнителниот третман се состои од силанизирање на керамичките површини се забележуваат појакви врски, што е поизразено ако како основни третмани на керамичките површини биле спроведени пескарење (45.489 MPa) или силикатизирање (44.001 MPa). Помалата ефикасност на средството за силанизирање (33.713 MPa) кога истото е нанесено на мазни керамички површини (добиеени со обработка со силициум карбидната хартија), укажува на осетливоста на силоксанските врски на хидролиза и потребата од ретентивна површина, со цел истите да бидат заштитени. Делумно поголеми вредности за јачината на керамичко-цементните врски се констатира кај комбинираниот третман спроведен по пескарењето (45.030 MPa) или силикатизацијата (44.583 MPa), во однос на истиот спроведен по обработката на керамичката површина со SiC хартијата (43.198 MPa). Ова се подразбира, со оглед на тоа дека по нагризувањето на претходно пескарените или силикатизирани керамички површини со флуороводородна киселина се добива поизразена ретентивна морфологија.

На препораките на производителот Vita Zahnfabrik за подготовка на реставрациите изработени од хибридна керамика Vita Enamic за атхезивно цементирање, би додале: за да се зачува солидната јачина на воспоставените керамичко-цементни врски, пред нагризувањето на врзните површини со 4% флуороводородна киселина и нивно силанизирање, пожелно би било истите да се пескарат или силикатизираат.

### • 7 дена vs 4 месеци / Vita Enamic / Panavia Self Adhesive Cement

Големо намалување на јачината на керамичко-цементните врски по 4-месечното складирање во водена бања се забележува кај примероците чија керамичка површина била обработена со силициум карбидна хартија без никаков дополнителен третман (SiC/Con: 15.478 MPa → 11.115 MPa,  $P=0.080$ ), односно кога вака обработените керамички површини биле само силанизирани (SiC/S: 45.304 MPa → 33.713 MPa,  $P=0.0505$ ). Изразеното намалување на јачината на врзување, иако без статистичка значајност е очекувано, имајќи ја



предвид неретентивната морфологија на вака обработената керамичка површина и неможноста за „заштита“ на создадените врски од влијанието на водата. Намалување на јачината на врзување кај контролните групи се забележува и кај другите два основни третмани ( $22.685 \text{ MPa} \rightarrow 20.124 \text{ MPa}$  за  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Con}$  со  $P=0.179$ , односно  $24.872 \text{ MPa} \rightarrow 21.613$  за  $\text{CoJet/Con}$  со  $P=0.303$ ). Намалување со слична статистичка значајност се јавува и кога дополнителниот третман се состои од силанизирање на пескарена керамичка површина ( $48.218 \text{ MPa} \rightarrow 45.489 \text{ MPa}$  за  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{S}$  со  $P=0.357$ ). Намалувањето во јачината на керамичко-цементното поврзување е скоро незабележливо ( $P=0.956$ ) кога силанизирањето се спроведува на силикатизирани површини ( $\text{CoJet/S}$   $44.347 \text{ MPa} \rightarrow 44.001 \text{ MPa}$ ).

Зголемување на јачината на врзување се јавува кога керамичките површини се третираат со флуороводородна киселина по претходно силикатизирање или обработка со силициум карбидна хартија, при што, зголемувањето е изразено кога киселината се нанесува на мазна керамичка површина ( $26.492 \text{ MPa} \rightarrow 31.235 \text{ MPa}$  за  $\text{SiC/HF}$  и  $P=0.094$ ).

Анализата на добиените податоци, укажува на фактот дека и за 10-MDP цементот, лабораториското стареење на материјалите генерално придонесува за намалување на јачината на керамичко-цементните врски. Ретентивната морфологија која се создава по нагризување на керамичките површини со флуороводородна киселина, е попогодна за (механичко) врзување на композитниот цемент и придонесува за стабилност на изградените врски.

#### • Lava Ultimate CAD/CAM Restorative / Clearfil Esthetic Cement / 5 месеци

Јачината, односно отпорноста на постигнатата керамичко-цементна врска по 5-месечното чување на примероците во водена бања (лабораториско стареење на материјалите) е различна, зависно од видот на основните третмани, но и од преземените дополнителни третмани на керамичката површина. Најслаба и најнеотпорна керамичко-цементна врска помеѓу керамиката Lava Ultimate CAD/CAM Restorative и Clearfil Esthetic Cement-от се формира кога површините се обработуваат единствено со силициум карбидна хартија (третман при што не можеше нумерички да се одреди јачината на врската поради предвремено разделување на примероците при спроведување на фазите за нивна подготовка). Кога овој основен третман е проследен со силанизирање, изградените врски по 5-месечно стареење на материјалите се послаби во однос на сите останати третмани ( $13.397 \text{ MPa}$  за  $\text{SiC/S}$ ). Најјака/најотпорна врска се јавува кај третманот што вклучува пескарење на врзната површина со алуминиум оксидни зрна и дополнителен третман од нагризување со флуороводородна киселина и силанизирање ( $50.025 \text{ MPa}$  за  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{HF+S}$ ). Ако пескарењето се изврши со алуминиум оксидни зрна чија површина е обложена со силициум диоксид ( $\text{CoJet}$ ), тогаш јачината на керамичко-цементната врска по спроведувањето на комбинираниот дополнителен третман ( $\text{HF+S}$ ) е помала и изнесува  $44.90 \text{ MPa}$ . Производителот на Lava Ultimate CAD/CAM Restorative (3M ESPE), во препораките за подготовка на реставрациите изработени од оваа (смолеста) нанокерамика за атхезивно цементирање, не препорачува користење на киселина. Препорачан е третман кој опфаќа пескарење или силикатизација на керамичките површини проследено со силанизирање. Меѓутоа, резултатите од овој докторски труд укажуваат дека ваквиот третман всушност не претставува метод што обезбедува најсолидни врски на Lava Ultimate CAD/CAM со Bis-GMA композитниот цемент. Според резултатите од тестирањето извршено по 5 месеци од подготовката на примероците, керамичко-цементната врска е најјака/најотпорна кога како основен третман на керамичката површина е применето пескарење, по што следи комбиниран (дополнителен) третман од нагризување со HF киселина и

силанизирање (50.025 МПа за  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{HF}+\text{S}$ ). Солидна јачина на врските (кај истиот основен третман) е утврдена и кај поединечните дополнителни третмани од нагризување со HF киселина или силанизирање (45.398 МПа за  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{HF}$ , односно 45.268 МПа за  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{S}$ ). Силикатизацијата (како основен третман) во комбинација со нагризувањето со киселина и силанизирањето како дополнителни третмани обезбедува солидна керамичко-цементна врска (44.90 МПа за CoJet/HF+S), но послаба во однос на пескарењето.

Најголема разлика во однос на ефектот на двата дополнителни третмани – нагризување со киселина и третирање со керамичкиот прајмер/силанизирање на врзната површина кај Lava Ultimate CAD/CAM Restorative (при користење на Clearfil Esthetic Cement за цементирање) се забележува кога како основен третман на врзната површина е применета обработка со силициум карбидна хартија: 39.106 МПа за SiC/HF, наспроти ниските вредности од 13.397 МПа за SiC/S. Токму разликата во јачината на керамичко-цементното поврзување помеѓу овие групи, укажува на неопходноста од обезбедување на механичка ретензивна површина, наспроти хемиското менување на истата. Ова се потврдува и преку анализата на резултатите добиени од пескарењето и силикатизацијата спроведени како единствени третмани; тие обезбедуваат поголема јачина на врзување во однос на силанизирањето на мазната керамичка површина.

Сепак, влијанието на керамичкиот прајмер врз квалитетот на керамичко-цементните врски не смее да се негира. Ефектот од неговото применување како дополнителен третман се забележува при споредување на јачините на врските со контролните групи каде истиот не е користен: кога третманот се состои од обработка на површините со силициум карбидна хартија, керамичкиот прајмер придонесува за зголемување на јачината на врската од 13.40 МПа; прајмерот нанесен по пескарење со алуминиум оксидни зрна повеќе од двојно ја појачува врската – за 25.69 МПа, додека силанизирањето на силикатизираниите керамички површини придонесува за зголемување на јачината на врската од 32%.

#### • 7 дена vs 5 месеци / Lava Ultimate CAD/CAM Restorative / Clearfil Esthetic Cement

Незначајно зголемување на јачината на воспоставената врска (од 3.5 МПа,  $P=0.603$ ) помеѓу Lava Ultimate CAD/CAM Restorative и Clearfil Esthetic Cement-от по 5-месечно чување на примероците во водена бања се забележува само кога третманот на врзната површина опфаќа пескарење со алуминиум оксидни зрна и нанесување на керамички прајмер. За сите останати третмани се забележува намалување на јачината на врската. Статистички значајно намалување се јавува кај сите дополнителни третмани кога како основен третман е применета силикатизација на керамичката површина, а кога основниот третман се состои од обработка на површините со силициум карбидна хартија, значајно намалување се јавува при нагризување со HF киселината ( $P=0.008$ ) односно силанизирање на врзните површини ( $P<0.001$ ). Слично намалување ( $P=0.005$ ) е забележано при пескарење со алуминиум оксидни зрна ( $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Con}$ ).

Од изнесеното може да се заклучи дека пролонгираното чување на примероците во водена бања има негативно влијание врз јачината на изградените врски помеѓу Lava Ultimate CAD/CAM Restorative и Clearfil Esthetic Cement-от.

#### • Lava Ultimate CAD/CAM Restorative / Panavia Self Adhesive Cement / 4 месеци

Кога цементирањето на примероците од нано керамиката Lava Ultimate CAD/CAM Restorative се врши со Panavia Self Adhesive Cement-от, третман што обезбедува јака врска и по 4-месечно чување во водена бања е пескарење на



врзните површини со алуминиум оксидни зрна и нагризување со флуороводородна киселина (61.060 MPa за  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{HF}$ ). Истиот дополнителен третман спроведен по силикатизирање на врзните површини, по лабораториското стареење на материјалите, обезбедува јачина на врската од 56.473 MPa што е за 7.96 MPa појака во однос на иницијалната јачина.

Анализата на вредностите за јачината на врзување кои ја покажуваат дополнителните третмани по 4-месечно чување на примероците во водена бања, и нивниот меѓусебен сооднос, а се однесува за сите основни третмани, одделно, укажува дека комбинираниот третман што се состои од третирање со киселина и керамички прајмер, гради врски кои се појаки/поотпорни од оние кога дополнителниот третман опфаќа силанизирање, а послаби од третманот што вклучува нагризување со флуороводородна киселина.

Најзначајната разлика која се забележува кога за цементирање се користи Panavia Self Adhesive Cement-от наместо Clearfil Esthetic Cement-от е јачината на врската која може да се измери (по 4-месечно складирање на примероците во водена бања), кога третманот на керамичките површини се состои само од обработка со силициум карбидна хартија. Таа изнесува 4.691 MPa (SiC/Con), при што не е забележано ниедно предвременно разделување на примероците. Наспроти ова, кога цементирањето е вршено со Clearfil E. Cement, предвременно разделување се јавува кај сите примероци. Анализата на резултатите води кон една, од клинички аспект значајна констатација: ако врзните површини на реставрациите изработени од Lava Ultimate не се подложат на алтерација, а цементирањето се изврши со Clearfil Esthetic Cement, по извесно време може да се очекува расцементирување на реставрацијата; до тоа нема да дојде ако за цементирање се користи Panavia Self Adhesive Cement, бидејќи остварената керамичко-цементна врска обезбедува (одредена) стабилност на целосно керамичката реставрација и без претходно алтерирање на керамичката површина.

#### • 7 дена vs 4 месеци / Lava Ultimate CAD/CAM Restorative / Panavia Self Adhesive Cement

Незначајно зголемување на јачината на керамичко-цементната врска по 4-месечно чување на примероците во водена бања ( $P=0.213$ ), се забележува кога третманот на керамичката површина се состои од силикатизација проследена со нагризување со флуороводородна киселина. Кај сите останати третмани, лабораториското стареење на примероците има негативно влијание врз јачината на создадените врски, при што намалување со висока значајност од  $P<0.001$ , се јавува кога третманите се состојат исклучиво од пескарење или силикатизација на врзните површини, и кај третманот што опфаќа третирање со керамички прајмер по извршената обработка со силициум карбидна хартија. Значајно намалување ( $P=0.026$ ) се јавува и кога третманот се состои исклучиво од обработка со силициум карбидна хартија.

Од изнесеното може да се заклучи дека долгото чување на примероците во водена бања, има негативен ефект врз јачината на врзување меѓу керамиката Lava Ultimate CAD/CAM Restorative и Panavia Self Adhesive Cement-от кој во својот хемиски состав содржи 10-MDP мономер.

Од претходноизнесеното можеме да констатираме дека со текот на времето врските кои се градат помеѓу Lava Ultimate CAD/CAM Restorative и композитните цементи ослабуваат, без разлика на хемискиот состав на применетиот цемент. Причината за ова можеби треба да се побара во специфичниот хемиски состав на полимерната матрица што производителот се уште го чува во тајност, наведувајќи единствено дека се разликува од сите досега познати самополимеризирачки или светлосно-полимеризирачки композитни материјали.

### • Celtra Duo / Clearfil Esthetic Cement / 5 месеци

Лабораториското стареење кај керамиката Celtra Duo, генерално резултира со помала јачина на керамичко-цементната врска. Анализата на резултатите покажа дека најјака, најотпорна врска помеѓу оваа керамика и Bis-GMA композитниот Clearfil Esthetic Cement се постигнува кога третманот на врзната површина се состои од пескарење со алуминиум оксидни зрна проследено со нагризување со флуороводородна киселина (45.241 MPa). Незначително послаби врски се констатирани кај третманот што опфаќа обработка на керамичките површини со силициум карбидна хартија, нагризување со киселината и нанесување на керамички прајмер (41.591 MPa). Јачината на керамичко-цементните врски создадени по сите останати третмани на врзните површини (по 5-месечно складирање на примероците во водена бања), е многу послаба.

По продолженото делување на водата, пескарењето со алуминиум оксидни зрна (како единствен третман на керамичката површина пред цементирањето) се покажа како најнеефикасен третман (0.350 MPa). Нагризувањето на мазните керамички површини со HF киселина резултира со градење на солидни керамичко-цементни врски (SiC/HF – 30.637 MPa), што е потврда за тоа дека киселината има многу поголемо влијание врз промената на морфологијата на керамичките површини, отколку пескарењето со алуминиум оксидни зрна. Направените SEM фотомикрографии го потврдуваат овој наод.

Хемиските врски создадени помеѓу силанизираните керамички површини и Bis-GMA композитниот цемент по извршеното лабораториско стареење, покажуваат многу мала јачина (3.954 MPa), доколку керамичкиот прајмер бил нанесен на мазна површина (обработена само со силициум карбидна хартија), а се значително поотпорни на хидролитичката активност на водата, ако истиот бил нанесен на пескарена површина (12.866 MPa за  $Al_2O_3/S$ ). Комбинираниот третман (HF+S) кој следи по пескарење на керамичките површини обезбедува посолидни врски (28.521 MPa) и по 5 месеци од подготовката на примероците. Со овие наоди уште еднаш се потврдува значењето на механичката алтерација на керамичките површини и двојниот ефект што произлегува од тоа – механичкиот, ретензивен ефект (за цементот) и заштитата на настанатите хемиски (силоксански) врски од хидролиза.

### • 7 дена vs 5 месеци / Celtra Duo / Clearfil Esthetic Cement

Статистичката анализа и споредбата на јачината на врските (како резултат на ефектот од одредени третмани) по 7-дневно односно 5-месечно тестирање, укажуваат на значително намалување на јачината на керамичко-цементното врзување за сите дополнителни третмани кога основниот третман се состои од пескарење на керамичките површини со алуминиум оксидни зрна. И покрај намалувањето од 16.798 MPa ( $P=0.016$ ), третманот што по 7-дневно тестирање обезбеди најјака керамичко-цементна врска (пескарење проследено со нагризување со киселина), се покажа како најуспешен и по 5 месеци од подготовката на примероците.

Значајно намалување на јачината на керамичко-цементното врзување од 24 MPa се забележува и кај примероците каде врзните површини кои биле обработените со силициум карбидна хартија, потоа биле нагризувани со флуороводородна киселина ( $P=0.001$ ).

Влијанието на пролонгираното дејствување на водата врз јачината на врската помеѓу Celtra Duo и Clearfil Esthetic Cement-от, не можеше да се утврди кај примероците каде обработката на керамичките површини со силициум карбидна хартија беше применета како единствен третман. Причина за тоа е спонтаното разделување на сите керамичко-цементни стапчиња уште во текот на нивната подготовка.



Со примената на  $\mu$ TBS тестот по 7 дена од подготовката на примероците чии третман на керамичката површина се состоеше од обработка со силициум карбидна хартија проследено со силанизирање, не можеше да се добијат вредности за јачината на к-ц врска поради разделувањето на примероците на почетокот од спроведувањето на тестот. Дел од примероците кои беа зачувани со цел да се утврди влијанието на продолженото чување во водена бања, спонтано се поделија во стаклените шишенца во кои беа складирани, а кај дел се утврди зајакнување на изградените врски. Добиената средна вредност за јачината на керамичко-цементното врзување кај оваа група изнесува 3.954 МПа.

Пескарењето на керамичките површини со алуминиум оксидни зрна, не се покажа како третман погоден за третирање на реставрации изработени од керамиката Celtra Duo, при нивно цементирање со Clearfil Esthetic Cement. Јачина на врска не можеше да се измери (освен кај еден примерок) по 5-месечно чување во водена бања, зашто и оние примероци кои „опстанаа“ по процедурите за подготовка, се поделија во ниво на атхезивната зона на самиот почеток од спроведувањето на микро-затегнувачкиот тест.

#### • Celtra Duo / Panavia Self Adhesive Cement / 4 месеци

Поради разделување на примероците при процесот на нивната подготовка, не можеше да се утврди влијанието на лабораториското стареење врз јачината на врска која се гради помеѓу керамиката Celtra Duo и 10-MDP Panavia Self Adhesive Cement-от кога третманите на керамичките површини опфаќаат исклучиво обработка со силициум карбидна хартија односно пескарење со алуминиум оксидни зрна, или кога по обработката со SiC хартијата врзните површини се третираат со керамички прајмер.

Кога тестирањето се изведуваше по 4 месеци од подготовката на примероците, дополнителните третмани - нагризување со флуороводородна киселина како и комбинираниот третман што се состоеше од третирање со HF киселина и апликација на керамички прајмер, обезбедија посолдни врски со 10-MDP цементот во случај кога керамичките површини беа претходно обработени со силициум карбидна хартија, а послаби (за околу 12 МПа) кога основниот третман се состоеше од пескарење со алуминиум оксидни зрна: 47.178 МПа за SiC/HF и 46.691 МПа за SiC/HF+S, во споредба со 35.083 МПа за  $Al_2O_3$ /HF и 34.550 МПа за  $Al_2O_3$ /HF+S. Од анализата на вредностите за јачината на керамичко-цементната врска може да се заклучи дека, силанизацијата на керамичките површини кои претходно се третирани со киселина, придонесува за градење на нешто послаби врски независно од основниот третман; разликата е минимална (околу 0.5 МПа).

Резултатите од овој докторски труд сугерираат дека при продолженото чување на примероците во вода, третманот на керамичките површини со алуминиум оксидни зрна има понеповолно влијание врз јачината на врзување со цементот што содржи фосфатни мономерии (во однос на обработката со силициум карбидна хартија), што би можело да се објасни со микропукнатините што настануваат по пескарењето на површините, а кои ја ослабуваат структурата на оваа керамика.

#### • 7 дена vs 4 месеци / Celtra Duo / Panavia Self Adhesive Cement

Hajjaka керамичко-цементна врска помеѓу Celtra Duo и Panavia Self Adhesive Cement-от, измерена 7 дена по подготовката на примероците гради третманот што опфаќа обработка на керамичките површини со силициум карбидна хартија проследено со нагризување со флуороводородна киселина и силанизирање. Јачината на врска незначително се намалува ( $P=0.868$ ) по 4-месечното чување на примероците во водена бања. Зголемувањето на јачината на керамичко-цементното врзување по продолженото складирање во вода, кај

третманот што опфаќа обработка на врзните површини со силициум карбидна хартија и нагризување со флуороводородна киселина, иако статистички незначајно ( $P=0.110$ ), овој третман го карактеризира како најефикасен, а изградените врски најстабилни во споредба со останатите третмани.

Кога основниот третман се состои од пескарење на керамичките површини, дополнителен третман што гради појаки врски по 7-дневното тестирање претставува нагризувањето со флуороводородната киселина (со јачина на врската од 37.310 МПа) што и покрај незначајното намалување ( $P=0.817$ ) на јачината на врската по 4-месечното чување на примероците во вода (35.083 МПа), останува поефикасен метод во однос на комбинираниот третман спроведен по пескарењето. Кај последниот, лабораториското стареење на материјалите доведува до зголемување на јачината на врската (24.740 МПа  $\rightarrow$  34.550 МПа;  $P=0.170$ ).

Забележаното намалување односно зголемување на јачината на изградените врски по продолженото складирање во вода, придонесуваат за намалување на разликите меѓу наведените дополнителни третмани за секој основен третман одделно, и приближување на нивната ефикасност врз јачината на керамичко-цементното врзување.

### 6.3. АНАЛИЗА НА ТИПОТ НА ФРАКТУРА СО ПОМОШ НА СТЕРЕО-МИКРОСКОПИЈА

Стереомикроскопската анализа на површините добиени при кршењето на примероците покажа присуство на атхезивни, кохезивни и мешовит тип фрактури.

#### Vitablocks Mark II

Кога цементирањето на керамиката Vitablocks Mark II е извршено со *Clearfil Esthetic Cement*-от, атхезивен тип на фрактура се јавува кај примероците од контролните групи за сите основни третмани, при што јачината на керамичко-цементното поврзување може да се измери само кај еден примерок. Останатите примероци се разделуваа (во ниво на атхезивната зона) во текот на нивната подготовка. Кога покрај основните третмани, керамичката површина се нагризува со флуороводородна киселина, доаѓа до зголемување на јачината на керамичко-цементното врзување, а со тоа покрај големиот број атхезивен тип фрактури (по 6 во секоја група), се јавува и мешовит тип на фрактура која вклучува атхезивни фрактури помеѓу керамичките површини и композитниот цемент, и кохезивна ф-ра во цементниот материјал. Зголемената јачина на врската остварена по силанизирањето на врзните површини се рефлектира врз типот на фрактура, при што доминира мешовитиот тип (од атхезивна и кохезивна фрактура во керамиката), но се јавуваат и кохезивни фрактури во керамичкиот материјал, кои се доминантен тип кога основниот третман се состои од пескарење со алуминиум оксидни зрна. Мешовит тип на фрактури се јавува и кога дополнителниот третман се состои од нагризување со киселина и силанизирање при што доминираат атхезивната и кохезивната фрактура во керамиката. Овој комбиниран третман остварува најјака врска ако му претходи обработка на керамичката површина со SiC хартија, поради што се јавуваат и чисто кохезивни ф-ри во керамиката, а најслаба врска кога керамичката површина се силикатизира, поради што е забележана појава и на чисто атхезивни фрактури.

Пет месечното стареење на керамичките примероци од Vitablocks Mark II цементирано со *Clearfil E Cement*, доведува до делумна промена на типот на фрактурите. Кај контролните групи нема никаква разлика (пред и по стареењето на материјалот) - присутен е само атхезивен тип фрактури што

одговара на ниските вредности на јачината на керамичко-цементното врзување. Кога третманот покрај основните, вклучува и нагризување со киселина, покрај атхезивниот тип, се забележува појава и на мешовити фрактури (од атхезивни и кохезивна во композитниот цемент). Кохезивни фрактури во керамиката се јавуваат само кај последните два дополнителни третмани (S и HF+S), но со помала застапеност во однос на првото, 7-дневно тестирање. Разликата во однос на типот на фрактурите (пред и по стареењето на материјалите) се гледа и во поголемата застапеност на мешовитата атхезивна и кохезивна фрактура во цементот, но и на мешовитата фрактура што опфаќа атхезивна фрактура, кохезивна фрактура во цементот како и кохезивна фрактура во керамичкиот материјал.

Кога цементирањето е извршено со *Panavia SA Cement*, по 7-дневно тестирање се забележува предвременно разделување на примероците од контролните групи само каде што се спроведени првите два основни третмани (SiC и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Цементот што во својот состав содржи 10-MDP мономер гради појаки врски со силикатизираниите керамички површини (7.09 MPa), поради што нема појава на предвременно разделување на примероците. Појаки врски овој цемент гради и со керамичките површини кои покрај основните третмани биле третирани и со флуороводородна киселина, што се огледа во помалата застапеност на атхезивниот тип фрактури и појавата на мешовит тип (атхезивна и кохезивна фрактура во цементот). Помалку е присутен мешовитиот тип фрактура - атхезивна и кохезивна во керамиката и мешовитиот тип што опфаќа атхезивна фрактура, кохезивни фрактури во цементот и во керамиката. Помалата јачина на врските што се градат со овој цемент, кога врзните керамички површини се силанизираат или третираат со киселина и силан (во однос на примероците со исти третмани но цементиран со *Clearfil E Cement*), кај првите два основни третмани покажува мешовит тип на фрактури составени од атхезивна и кохезивна ф-ра во керамиката, односно атхезивна и кохезивни ф-ри во керамиката и цементот, со појава на чисто кохезивна фрактура во керамиката само кај еден примерок. Поголема јачина на врските, *Panavia SA Cement*-от гради со силикатизираниите керамички површини третирани со еден од претходно наведените дополнителни третмани, што може да се потврди и со помалата застапеност на мешовитиот тип - атхезивна и кохезивна фрактура во керамиката, а поголема застапеност на чисто кохезивните фрактури во керамичкиот материјал.

По 4-месечно чување во водена бања, кај примероците цементиран со *Panavia SA Cement* се намалува бројот на предвременно разделените примероци кај контролната група – за првиот основен третман, а кога третманот се состои од силикатизација на керамичката површина поради зголемената јачина на керамичко-цементната врска, покрај атхезивните фрактури се јавува и атхезивна и кохезивна фрактура во цементот. Кога дополнителниот третман се состои од нагризување на керамичките површини со флуороводородна киселина, доминира мешовитиот тип - атхезивна и кохезивна фрактура во цементот, додека поголема застапеност на типот атхезивна и кохезивна фрактура во керамиката се јавува за последните два дополнителни третмани (S и HF+S). Ова е разбирливо ако се земе предвид дека нагризувањето со киселина како дополнителен третман гради послаби врски од силанизирањето, односно комбинираниот третман од нагризување со киселина и силанизирање на керамичките површини, а се однесува за сите основни третмани поединечно.

### IPS Empress CAD

Кога керамичките површини на *IPS Empress CAD* се подложени само на основните третмани (контролни групи), а како средство за цементирање се користи *Clearfil E Cement*, независно од времето на тестирање за утврдување на јачината на керамичко-цементно врзување (7 дена или 5 месеци), се јавува ист



број на предвременно разделени примероци и 100% застапеност на атхезивниот тип на фрактура. Кај примероците чии керамички површини покрај основните третмани биле третираны и со HF киселина, преовладува атхезивниот тип на фрактура, а нешто помала застапеност (од 50%) кај примероците чии основен третман се состои од пескарее на керамичката површина со  $Al_2O_3$  зрна. Ова може да се објасни со релативно ниските вредности за јачината на изградените врски со овој тип на третман. Мешовит тип – атхезивна и кохезивна фрактура во цементот се јавува кај дел од примероците кои пред да бидат третираны со киселина, биле пескарени или силикатизирани.

Од сите примероци кои беа силанизирани или третираны со киселината и средството за силанизирање, по спроведените основни третмани, независно од времето на чување во водена бања, атхезивен тип на фрактура се утврди само кај еден примерок чиј третман се состои од обработка на керамичката површина со SiC хартија и силанизирање, а мешовит тип од атхезивна и кохезивна фрактура во цементот кај два примерока претходно пескарени (тестирањето на овие примероци е изведено 7 дена по нивната подготовка). Кај останатите примероци преовладува мешовитиот тип – атхезивна и кохезивна фрактура во керамиката. Единствено за овие два дополнителни третмани, кај три примероци (и за двата периода на чување во водена бања) се забележани исклучиво кохезивни фрактури во керамиката. Овие наоди за типот на фрактурата (кај примероците од IPS Empress CAD/Clearfil E Cement) одговараат на високите вредности за јачината на врските кои беа добиени по спроведување на микрозатегнувачкиот тест.

Слична дистрибуција на типот на фрактурите се среќава и кај оние примероци кои биле цементираны со *Panavia SA Cement*. Исклучиво атхезивен тип на фрактура се среќава кај примероците од контролните групи за сите основни третмани. Кога дополнителниот третман се состои од нагризување на керамичката површина со HF киселина, преовладува мешовитиот тип на фрактури, со појава на чисто атхезивни и мешовити - атхезивни и кохезивни фрактури во композитниот цемент. Кај примероците чии површини се силанизирани или третираны со киселина и силанизирани се забележуваат повисоки вредности за јачината на керамичко-цементното врзување, така што анализата на фрактурните површини не утврди постоење на чисто атхезивни фрактури, ниту пак атхезивна и кохезивна фрактура во композитниот цемент (со исклучок на еден примерок). Кохезивни фрактури во керамичкиот материјал (кај три примероци) се утврдени само кај вака третираните керамички примероци. Најзастапен тип е комбиниранот - атхезивна и кохезивна фрактура во керамичкиот материјал.

### IPS e.max CAD

Она што е највпечатливо кога се анализира типот на фрактури кај примероците изработени од керамиката IPS e.max CAD (без разлика на типот на употребениот композитен цемент или времето на тестирање) е постоењето само на два типа фрактури: атхезивен тип и комбиниран – атхезивна и кохезивна фрактура во композитниот цемент. Кохезивна фрактура во керамичкиот материјал (како самостојна или заедно со атхезивна, односно кохезивна во цементот) не е утврдена поради големата јачина на керамиката.

Исклучиво атхезивен тип на фрактура се забележува кај сите примероци од контролните групи за сите основни третмани, за обата композитни цемента, независно од времето на испитување. Исклучок е само еден примерок чиј третман се состои од силикатизирање на керамичката површина, кај кој се појавува комбинирана фрактура – атхезивна и кохезивна во композитниот цемент (цементирањето е извршено со Clearfil E Cement-от, а тестирањето – 7 дена по подготовката на примерокот). Кај наведената група е забележано најјакото керамичко-цементно врзување (12.37 МПа), а со тоа и најмала појава на

предвремено разделување на примероците (само кај три примероци). Со зголемување на јачината на керамичко-цементното врзување кај примероците од контролните групи (минимално кај пескарените, а значително кај силикатизираниите примероци), доаѓа до намалување на бројот на предвремено разделените керамички стапчиња.

Кога цементирањето е извршено со Clearfil E Cement, а тестирањето по 7-дневно чување во водена бања, кај примероците од сите останати групи преовладува атхезивниот тип на фрактура. По 5-месечно тестирање, во цементот се јавува зголемување на бројот на мешовити фрактури кај оние примероци чии керамички површини биле прво пескарени односно силикатизирани, а потоа подложени на комбиниран третман (HF+S).

И покрај тоа што цементот Panavia SA Cement гради послаби врски со IPS e.max CAD керамичките површини во однос на Clearfil E Cement-от, анализата на фрактурните површини на примероците кои биле третирани со HF киселина и силанизирани по спроведените основни третмани, покажува постоење на исклучиво мешовит/комбиниран тип на фрактура што се состои од атхезивна и кохезивна ф-ра во композитниот цемент.

Поголем број на комбиниран тип на фрактура се јавува кај примероците цементиран со Panavia SA Cement-от и кај останатите групи (со исклучок на контролните), иако и кај нив се измерени пониски вредности за јачината на врзување во споредба со примероците подложени на истите третмани, а цементиран со Clearfil E Cement.

Од овој наод може да се заклучи дека не секогаш типот на фрактура кореспондира со јачината на изградената врска; понекогаш тој може да зависи и од хемискиот состав на композитниот цемент употребен за атхезивно цементирање.

### Vita Enamic

Она што веднаш се забележува при анализата на застапеноста на различните типови на фрактури кај примероците изработени од керамиката Vita Enamic е отсуството на предвремено разделување на подготвените стапчиња, независно од третманот што е спроведен, композитниот цемент или времето на тестирање. Скоро исклучиво, атхезивен тип на фрактура помеѓу керамичката површина и композитниот цемент се јавува кај сите контролни групи (за сите основни третмани, композитни цемента и време на тестирање) и покрај тоа што измерената јачина на керамичко-цементната врска е релативно висока (најјака во споредба со другите керамики). Може да се претпостави дека ова се јавува како резултат на специфичниот хемиски состав на оваа керамика: присуство на фелдспатна и полимерна мрежа меѓусебно испреплетени градејќи компактна и еластична структура.

Третирањето со флуороводородната киселина по спроведувањето на основните третмани, доведува до зголемување на јачината на керамичко-цементното врзување (во споредба со контролните групи), а со тоа и промена во застапеноста на одредени типови на фрактури. Доаѓа до намалување на бројот на чисто атхезивните фрактури и зголемување на појавата на комбинираниот тип – атхезивна и кохезивна фрактура во цементот. Нешто повисоки вредности се јавуваат при цементирање извршено со Clearfil E Cement, поради што во керамичкиот материјал е забележана појавата на атхезивна ф-ра и кохезивна фрактура во керамиката.

Чисто кохезивните фрактури во керамиката се јавуваат скоро исклучиво кај примероците чии керамички површини биле подложени на силанизирање или пак третирани со киселина проследено со силанизирање (S или HF+S), за сите основни третмани. Помала застапеност на овој тип на фрактура се забележува кај примероците за чие цементирање бил користен 10-MDP

цементот (Panavia SA). Кај нив преовладува комбинираниот тип – атхезивна со кохезивна фрактура во керамиката.

Кај примероците чии дополнителен третман опфаќа нагризување со HF киселина и силанизирање, независно од основниот третман, никогаш не се јавува чисто атхезивен тип на фрактура, ниту пак комбиниран тип од атхезивна со кохезивна фрактура во цементот, што е логично ако се земе предвид фактот што овој третман скоро секогаш обезбедува најјаки керамичко-цементни врски. Незначителен број на атхезивни фрактури се забележува кога дополнителниот третман се состои од силанизирање на керамичките површини, но никогаш не се појавува кога основниот третман опфаќа пескарее со алуминиум оксидни зрна. Слично важи и за појавата на комбиниран тип од атхезивна со кохезивна фрактура во цементот. Овој тип никогаш не се забележува по 7-дневното тестирање на примероците независно од цементот кој се применил, додека при продолженото чување во вода, никогаш не се востановува ако керамичката површина била пескарена со  $Al_2O_3$  зрна. Поголема застапеност на овој тип на фрактура се јавува кога за цементирање бил користен Panavia SA Cement. Бидејќи овој наод не може да се поврзе со јачината на керамичко-цементната врска, би се претпоставило дека поголема улога во одредувањето на типот на фрактура има хемискиот состав на композитниот цемент.

### Lava Ultimate CAD/CAM Restorative

Основна карактеристика на Lava Ultimate CAD/CAM Restorative е присуството на полимерен материјал, наместо стаклеста матрица во составот на оваа нанокерамика. Присуството на овој полимер, што според производителот 3M ESPE ги обезбедува специфичните карактеристики на оваа керамика – еластичност на реставрациите, амортизација на цвакалните сили, како и компатибилноста со композитните цемента, придонесуваат за појава на скоро исклучително атхезивен тип на фрактура, кога за цементирање на реставрациите изработени од оваа нанокерамика се користи Bis-GMA композитниот цемент Clearfil Esthetic Cement. И покрај компатибилноста на двата материјала, ако врзните површини на изработените реставрации не подлежат на никаков третман како чекор во подготовката за атхезивно цементирање, тогаш се очекува расцементирање на истите. До овој заклучок доаѓаме земајќи ги предвид наодите од овој докторски труд според кои, обработката на керамичките површини единствено со SiC хартија доведува до предвременно разделување на подготвените примероци (помал број при подготовката на примероците, а поголем број при обидот за тестирање со Lloyd машината (се аплицира микрозатегнувачка сила на примероците), независно од периодот на тестирање на примероците - 7 дена или 5 месеци). За сите останати третмани се јавува атхезивен тип, при што под светлосен микроскоп можеше да се забележи единствено фрактура во слојот од Heliobond, појава – карактеристична единствено за оваа керамика. Исклучок беа само 3 примерока кај кои се востанови кохезивен тип на фрактура во керамиката по 7-дневно тестирање, кога како основен третман беше спроведено пескарее односно силикатизација на керамичките површини, а како дополнителен – нагризување со HF киселина. Кога се тестираа дел од подготвените примероци кои беа чувани во водена бања во времетраење од 5 месеци, тогаш комбиниран тип на фрактура од атхезивна и кохезивна фрактура во композитниот цемент се забележа само кај еден примерок, чиј третман се состоеше од силикатизација на врзната површина, нагризување со киселина и силанизирање.

Кога цементирањето е извршено со Panavia SA Cement, тогаш се забележува зголемување на јачината на керамичко-цементното врзување за сите дополнителни третмани кога основните третмани се обработка на керамичката површина со SiC хартија или нивно пескарее. Ова е проследено со менување на застапеноста на типот на фрактури, односно појава на



комбинирани атхезивна и кохезивна ф-ра во композитниот цемент, односно атхезивна и кохезивна фрактура во керамичкиот материјал за примероците обработени со SiC хартија и дополнително третирани со HF киселина односно силанизирани. Кога примероците се подложени на комбиниран третман, тогаш покрај другите типови се појавува и чисто кохезивна фрактура во керамиката.

Двојното зголемување на јачината на врзување кога третманот се состои од пескарење на керамичките површини и употребата на 10-MDP композитниот цемент, доведуваат до значајно менување на типот на фрактура, така што исклучиво атхезивниот тип (при цементирање со Clearfil Esthetic Cement) се заменува со поголема застапеност на атхезивна и кохезивна фрактура во цементот. Кај примероците од останатите групи се забележуваат различни типови на комбинирани фрактури.

Со примероците чии површини биле силикатизирани, Panavia SA Cement-от гради послаби врски во однос на Clearfil Esthetic Cement-от, поради што се јавува претежно атхезивниот тип на фрактура.

Генералното намалување на јачината на керамичко-цементната врска по 4-месечното чување на дел од примероците цементиран со Panavia SA Cement во водена бања, не доведува до зголемување на процентот на атхезивни фрактури, напротив, доаѓа до зголемување на застапеноста на комбинираниот тип - атхезивна со кохезивна фрактура во композитниот цемент, и скоро подеднаква застапеност на комбинираниот тип - атхезивна со кохезивни фрактури во цементот и во керамиката, како и чисто кохезивните фрактури во керамичкиот материјал. Логична промена на застапеноста на различните типови на фрактури се забележа кај примероците од групата кај која единствено се утврди зголемување на јачината на изградените врски по продолженото чување во водена бања – CoJet/HF, каде половина од фрактурираните примероци покажаа присуство на атхезивни фрактури, а кај другата половина со подеднаква застапеност се констатира комбинирана – атхезивна со кохезивна фрактура во композитниот цемент, како и чисто кохезивна фрактура во керамичкиот материјал.

## Celtra Duo

Поради големата јачина на материјалот, кај керамичките примероци изработени од Celtra Duo никогаш не се забележува чисто кохезивна фрактура во керамиката, додека типот што опфаќа истовремена појава на атхезивни фрактури, кохезивна фрактура во композитниот цемент и кохезивни фрактури во двете керамички стапчиња, се забележува само кај примероците кои неколку месеци биле чувани во водена бања, независно од употребениот цемент.

Предвременно разделување на керамичките стапчиња се забележува кај сите примероци од контролните групи каде за цементирање бил користен Clearfil Esthetic Cement-от, чии врзни површини биле обработени со силициум карбидна хартија, пескарени или силикатизирани. Истата појава е забележана при силанизирање на мазните површини. Предвременно разделување се утврдува и кога цементирањето се изведува со Panavia SA Cement-от, за примероците кои биле обработени со SiC хартија и пескарени (но не и силикатизирани), или силанизирањето било извршено на мазни керамички површини (SiC/S).

Силанизирањето како дополнителен третман гради подобри врски единствено со Clearfil Esthetic Cement-от. Сепак доминира атхезивниот тип на фрактура, иако е забележана појава и на комбиниран тип - атхезивна и кохезивна ф-ра во цементот. Комбинираниот тип - атхезивна и кохезивна ф-ра во керамиката се забележува само кога силанизирањето обезбедува јачина на врска од 32.47 MPa за  $Al_2O_3/S$  (најјака врска за овој дополнителен третман).

Најефикасен третман на керамичките површини што обезбедува јаки врски, отпорни на хидролиза (при продолжено чување на примероците во

водена бања) е нагризувањето на врзните површини на Celtra Duo со HF киселина. Анализата на фрактурните површини востановува помал број на атхезивни фрактури, и поголем број на мешовит/комбиниран тип со скоро подеднаква застапеност на атхезивна и кохезивна фрактура во цементот и атхезивна и кохезивна фрактура во керамиката. Атхезивен тип на фрактура (што се јавува помеѓу едната керамичка површина и композитниот цемент) е позастапен кај овој дополнителен третман само кога цементирањето се извршува со Panavia SA Cement, а тестирањето извршено по 7 дена од подготовката на примероците. Тестирањето извршено по 4- месечно чување на примероците во водена бања, предизвикува скоро подеднаква застапеност на сите типови на фрактури (со исклучок на кохезивните фрактури во керамиката, кои никогаш не се појавуваат).

#### 6.4. SEM АНАЛИЗА НА МОРФОЛИГИЈАТА НА КЕРАМИЧКИТЕ ПОВРШНИ ПОДЛОЖЕНИ НА РАЗЛИЧНИ ТРЕТМАНИ

Третманите на керамичките врзни површини ја менуваат нејзината (површинска) морфологија, која зависно од видот на третманот е со поизразена, помалку изразена или никаква релјефност. Во основа, абразивните третмани резултираат со поголеми морфолошки промени на врзните површини, со релјефност манифестирана во вид на брзди-поплитки или подлабоки, пукнатини, кратери; ефектот се манифестира со подобрување, односно зголемување на ретенцијата на средството употребено за цементирање, а ова пак, врз јачината на керамичко-цементната врска. Основната констатација е дека јачината на силата на керамичко-цементното врзување утврдено кај одделните третмани главно кореспондира со степенот на изразеност на морфолошките промени кои ги предизвикуваат, па оттаму и разликите во јачината на к-ц врска (помеѓу одделните третмани) можат да се објаснат и со разликите во морфологијата на третираните керамички површини. Со скенирачката електронска микроскопија – SEM (анализите се правени на фотомикрографии со зголемување од  $\times 150$ ,  $\times 500$ ,  $\times 1000$ ,  $\times 2500$  и  $\times 5000$ ) на најпрецизен начин е утврдена морфологијата и карактеристичниот изглед на врзната керамичка површина што е резултат на одреден третман.

#### Vita Mark II

По сечењето на керамичкото блокче на Vita Mark II, керамичката површина на фотомикрографиите се гледа како мазна и нехомогена; се забележуваат вдлабнатини со неправилна форма, а под површината се „насетува“ постоење на зрнести структури со неправилна форма.

Третманите со SiC 600# и SiC 600#/S во основа резултираат со слична морфологија на керамичката површина: таа е релативно мазна, со траги од дејствувањето на SiC хартијата во вид на плитки бразди и керамички дебрис, испакнувања и вдлабнатини со неправилна форма. Визуелниот ефект од силанот на микрофотографиите не е нагласен. Морфологијата на керамичката површина третираната со SiC 600# не остава впечаток на ретентивност, што кореспондира со измерената (незнатна) јачина на врските од 1.16 МПа, поради што речиси сите експериментални стапчиња спонтано се разделија при нивната подготовка. Кога е спроведен третманот SiC 600# со додатна силанизација на керамичката површина, се градат солидни хемиски (силоксански) врски со композитните цемента (45.68 МПа за CI EC и 39.96 МПа за Pan SAC), кои го одржуваат интегритетот на керамичко-цементниот комплекс.

Морфологијата на силанизираната керамичка површина претходно третирана со HF киселина (SiC 600#/HF+S) не се разликува многу од морфологијата на површината третирана само со киселина (SiC 600#/HF).

Дејството на киселината резултира со голем број на вдлабнатини и пори со различна големина и форма, и фелдспатни кристали поврзани со основата. Ваквата морфологија овозможува механичко „вкештување“ на композитните цемента и градење на врски со солидна јачина. Кога покрај третманот со HF киселината е извршено и силанизирање, на фотомикрографиите се забележува присуството на прајмерот, што придонесува за намалување на контрастот помеѓу различните морфолошки структури создадени при нагризувањето на керамичката површина. Морфолошките и хемисите промени на структурата на керамичката површина се совпаѓаат со остварената јачина на керамичко-цементната врска (50.20 MPa со Bis-GMA цементот, Clearfil Esthetic Cement, а двојно помала, кога за цеменирање е употребен 10-MDP цементот, Panavia Self Adhesive Cement).

Керамичката површина што по пескарењето со алуминиум оксидни зрна е силанизирана ( $Al_2O_3/S$ ), морфолошки не се разликува значајно од површината што е третирана само со  $Al_2O_3$  (рапава со вдлабнувања и испакнувања со неправилна форма), освен по впечатокот дека целата површина е покриена со тенок слој од керамичкиот прајмер. И покрај тоа што разликата во морфологијата (SEM) на врзната површина не е изразита, кај  $Al_2O_3/S$  третманот е констатирана значителна јачина на керамичко-цементната врска (поголема со цементот CI EC - 45.074 MPa, отколку со Pan SAC - 29.34 MPa); наспроти ова, кај  $Al_2O_3$ -третманот е измерена незнатна јачина на к-ц врска (0.29/0.00 MPa) со CI EC односно Pan SAC и тоа само кај еден примерок (сите останати примероци се поделија уште во текот на нивната подготовка). И овој (компаративен) наод го потврди ефектот на хемиските врски кои ги гради силанот со двата супстрати на керамичко-цементниот систем.

Морфологијата на керамичката површина по третманот со пескарење проследено со нагризување со киселина и силанизирање ( $Al_2O_3/HF+S$ ) е скоро идентична со онаа која се забележува кога пескарената површина е третирана само со HF киселина (присуство каналчиња, пори, вдлабнатини и испакнувања од фелдспатни кристали), само што кај  $Al_2O_3/HF+S$  се забележува ефектот од нанесениот керамички прајмер чие нанесување се забележува како намален контраст на различните морфолошки структури настанати при нагризувањето на керамичката површина. Морфолошките промени констатирани на SEM фотографиите се во прилог на поефикасното врзување меѓу керамиката и композитните цемента; силанизирањето спроведено на керамичката површина што е претходно пескарена и нагризена со киселина има поголем ефект врз керамичко-цементното врзување, кога цементирањето се изведува со Bis-GMA CI EC (39.902 MPa), а ефектот е помал (26.969 MPa) кога за таа цел се користи 10-MDP Pan SAC. Според јакоста, изградената к-ц врска со Pan SAC, кај  $Al_2O_3/HF+S$  третманот е слична на онаа, која се гради по третманот кој не вклучува силанизација ( $Al_2O_3/HF$ ), а послаб од третманот со SiC 600#/HF со или без последователна силанизација.

Силикатизирањето (*CoJet-третман*) како единствен третман на КП предизвикува големи морфолошки промени на керамичката површина. Скоро целата површина е покриена со силикатно-модифицираните алуминиум оксидни зрна, а само на одредени места (како островца) се забележува непроменета керамичка површина. И покрај изразената промена на морфологијата на керамичката површина што ја предизвикува овој третман, ефектот е негативен кога за цементирање се користи CI EC (само кај еден примерок можеше да се измери јачината на врзување, поради предвремено разделување на другите), а позитивен кога цементирањето се изведува со Pan SAC, иако остварената к-ц врска е со многу мала јачина. Кога по силикатизацијата е извршено и силанизирање (*CoJet/S*), што на фотомикрографиите речиси и не се забележува, овој третман и морфолошките промени што резултираат од него зборуваат за создавање на хемиски к-ц врски што се



потврдува и со јачината на истите и тоа, со повисоки вредности кога е употребен цементот Rap SAC. Ако по силикатизирањето, керамичката површина се третира со флуороводородна киселина (*CoJet/HF*), целосно се губи ефектот од третманот со *CoJet*, а се забележува само ефектот од киселината (изразита рапавост на керамичката површина и морфолошки промени претходно опишани). Токму поради ова, јачината на керамичко-цементната врска изградена по нагризувањето на силикатизираната керамичка површина е многу слична со онаа кога третманот со киселина е спроведен по пескарење на керамичката површина со алуминиум оксидни зрна. Врските се појаки кога третманот вклучува и силанизирање (*CoJet/HF+S*), иако на фотомикрографиите не се забележува посебен ефект врз површинската керамичка морфологија; единствената разлика е во тоа што се воочува тенкиот слој од нанесениот керамички прајмер, што придонесува за намалена визуелна острина на површинските морфолошки промени. Хемиските врски што ги гради силанот придонесуваат за поефикасни к-ц врски од оние создадени кога силикатизираната површина се третира само со флуороводородна киселина, а послаби, кога третманот опфаќа силикатизација и силанизирање на керамичките површини.

### **SEM – Анализа на морфологијата на керамичките површини на Vita Mark II по нивното третирање со флуороводородна киселина со различно време на дејствување**

Ефектот од третманот на керамичката површина со флуороводородна киселина во времетраење од 20 s, на фотомикрографиите се манифестира во вид на бројни плитки каналчиња, помал број на плитки вдлабнатини и пори со поголеми фелдспатни кристали, со нерамна површина. Како се продолжува времето на дејствување на киселината (60 s, 90 s), растварачкиот ефект од киселината е понагласен во однос на пречникот и бројот на вдлабнатините и порите, бројот, ширината и разгранетоста на каналчињата, а фелдспатните кристали се понагласени.

Разорниот ефект на флуороводородната киселина доаѓа до израз кога времето на дејствување е продолжено на 120 s. Растопувањето на стаклестата матрица е изразено и оди во длабочина, некои од вдлабнатините конфлуираат меѓусебно, а фелдспатните кристали што се наоѓаат на самата површина, оставаат впечаток дека не се поврзани со основата.

### **IPS Empress CAD**

Керамичката површина на микропримерокот (добиена при сечењето на керамичкото блокче) е рамна; на фотомикрографиите, при зголемување од над 1000x, се забележува присуство на голем број вдлабнатини со неправилна форма.

Како резултат на обработката со SiC хартија со грубост 320 (*SiC 320#*), на керамичката површина се забележуваат бројни подлабоки и пошироки бразди различно усмерени, со присуство на керамички дебрис и бројни вдлабнатини со неправилна форма, меѓусебно споени. Кога керамичката површина е третирана со *SiC 600#*, промените во керамичката (површинска) морфологија се визуелизираат како плитки бразди усмерени во различен правец, присуство на керамички дебрис и вдлабнатини со неправилна форма. Ваквите промени се гледаат и кога на керамичката површина покрај обработката со силициум-карбидна хартија е извршена и силанизација (*SiC 600#/S*), со тоа што, на целата површина се „насетува“ присуството на керамичкиот прајмер. На некои места се забележуваат формации во вид на мали кругови/меурчиња (веројатно резултат на воздухот заробен при нанесувањето на прајмерот). И покрај малите морфолошки промени на керамичката површина, хемиските врски кои ги

гради силанот со двата супстрата (керамиката и цементот) покажуваат солидна јачина, која е поголема кај примероците каде за цементирање е употребен Pan SA Cement.

Морфолошките промени на керамичката површина настанати по третманот  $\text{SiC } 600\#/\text{HF}$ , главно се резултат на нагризувачкото својство на флуороводородната киселина, и се изразени во вид на бројни потесни и пошироки канали и пори кои формираат тридимензионална разгранета структура. Целата површина има изглед на пчелино саќе. Ваквата морфологија на керамичката површина е погодна за обезбедување механичка ретенција на композитните цемента, меѓутоа, резултатите за јачината на остварената к-ц врска не кореспондираат со морфолошките промени на керамичката површина.

Анализирајќи ги и споредувајќи фотомикрографиите добиени по спроведениот  $\text{SiC } 600\#/\text{HF}+\text{S}$  – третман, се забележува минимална разлика во изгледот на керамичката површина ако по нагризувањето со флуороводородна киселина се нанесе средство за силанизирање. Морфологијата карактеристична за нагризувањето со флуороводородна киселина се забележува и кај овој третман, со тоа што нанесениот тенок слој од керамичкиот прајмер се воочува како намален контраст меѓу структурите. Иако разликата во морфолошкиот изглед на керамичката површина од третманите  $\text{SiC } 600\#/\text{HF}$  и  $\text{SiC } 600\#/\text{HF}+\text{S}$  е мала (главно преовладува ефектот на киселината), сепак, јачината на керамичко-цементната врска е поголема кога е спроведена силанизација, поради влијанието на овој третман врз градењето на солидни врски со композитните цемента.

Пескарењето извршено со алуминиум оксидни зрна ( $\text{Al}_2\text{O}_3$  – третман) остварува забележителен ефект врз морфологијата на керамичката површина: присутен е голем број на вдлабнатини и испакнувања со неправилна форма, а се забележуваат и фрактурирани керамички делови. Иако според фотомикрографиите можеме да претпоставиме дека настанатите морфолошки промени на КП треба да резултираат со поголема ретензивност, тоа не се потврдува во текот на подготовката на примероците (кај голем бој микропримероци настанува предвремено разделување во ниво на атхезивната зона), ниту со измерената јачина на керамичко-цементната врска: 0.32 MPa со Cl EC и 1.96 MPa со Pan SAC (кај оние кои ги „преживеале“ процедурите за подготовка).

Кога керамичката површина е пескарена со алуминиум оксидни зрна а потоа силанизирана ( $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{S}$ ), на SEM фотографиите се забележуваат заоблени контури на одделните елементи, со благ премин помеѓу вдлабнатините и испакнувањата. Ваквата морфологија на керамичката врвна површина реално не може да обезбеди ефикасна ретенција на цементот, но постигнатата јачина на керамичко-цементното врзување (56.55 MPa со Cl EC и 48.33 MPa со Pan SAC) го потврдува позитивното влијание на средството за силанизирање.

На фотомикрографиите ( $\times 150$ ) ефектот од пескарењето се манифестира со рапава површина на третираната керамика, а ефектот од киселината ( $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{HF}$ ) со голем број на вдлабнатини и перфорации – поединечни или меѓусебно споени. Пукнатините кои се забележуваат кога третманот се состои само од нагризување со киселина, се подлабоки и поизразени кога керамичката површина претходно е пескарена.

И покрај тоа што морфолошките промени на керамичката површина кај  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{HF}$  третманот се во прилог на подобрена ретензивност (на цементот), сепак, јачината на изградените керамичко-цементни врски е значително послаба во однос на онаа, кога дополнителниот третман се состои само од силанизирање на пескарениот керамички површини ( $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{S}$ ); хемиските врски изградени помеѓу средството за силанизирање и композитните цемента се поефикасни во споредба со механичката ретенција обезбедена со нагризувањето со HF киселината. Составот на цементот нема влијание врз јачината на врските.

Ефектот од силанизирањето извршено по претходно пескарење и нагризување со флуороводородна киселина ( $Al_2O_3/HF+S$ ) врз морфологијата на керамичката површина на IPS Empress CAD е речиси незабележителен. Меѓутоа, изградените к-ц врски се појаки во споредба со оние кога нагризувањето на керамичката површина со HF киселина е единствениот дополнителен третман, а послаби во однос на хемиските врски што ги обезбедува силанизирањето на пескарениите површини.

Кога е применет *CoJet* – третман, силикатизираната керамичка површина е рапава со вдлабнатини и голем број на пукнатини. Целата површина е покриена со ситни зрнца од песокот употребен при силикатизацијата, со присуство на бројни фрагменти, лабаво прикрупени за керамичката основа. Ваквата морфологија на керамичката површина не е погодна за ретенција на цементот: кога цементирањето се изведува со Clearfil E Cement, примероците се разделуваат уште во текот на нивната подготовка; Pan SAC гради одредени врски, но многу слаби (2.88 MPa). Кога керамичката површина по силикатизацијата е силанизирана (*CoJet/S*), на нерамната површина прекриена со честички од песокот за силикатизација се забележуваат фрактурирани керамички делови и присуство на керамичкиот прајмер. Хемиските врски што ги гради силанот меѓу керамиката и цементот придонесуваат овој дополнителен третман да биде најефикасен, кога како основен третман на керамичката површина се спроведува силикатизацијата.

*CoJet/HF* – третманот предизвикува промени во морфологијата на керамичката површина со присуство на голем број на каналчиња, поплитки и подлабоки пори и вдлабнатини. Вредностите на јачината на керамичко-цементната врска укажуваат дека кај овој третман преовладува ефектот од нагризувањето. Кога третманот се состои од нагризување со киселина и силанизирање на силикатизираните керамички површини (*CoJet/HF+S*), механичкиот ефект од силикатизацијата не се забележува поради дејствувањето на флуороводородната киселина: таа предизвикува создавање на каналчиња, вдлабнатини и пори со правилна форма, кои на некои места конфлуираат. Ефектот од силанизацијата се забележува како „омекнување“ на контурите на на морфолошки променетата врзана површина. Јачината на врските што се создаваат по ваков третман одговараат на оние добиени по силанизација на силикатизираните површини, што уште еднаш го потврдува значењето на силанизацијата за постигнување на ефикасно керамичко-цементно врзување.

### **SEM – Анализа на морфологијата на керамичките површини на IPS Empress CAD по нивното третирање со флуороводородна киселина со различно време на дејствување**

На површината третирана со флуороводородна киселина во времетраење од 20 s, кај оваа керамика на фотомикрографиите се забележуваат разгранет систем од тесни каналчиња, плитки вдлабнатини и пори со многу мал дијаметар и бројни перфорации. Се забележуваат и островца на рамна површина испресечена со каналчиња и пукнатини. Со продолжување на времето на делување (до 60 s), сите морфолошки промени се понагласени, а кај нагризувањето од 120 s бројот на перфорациите е толку зголемен што се добива слика на речиси целосно перфорирана површина. Од анализата на направените SEM фотографии може да се заклучи дека продолженото време на дејствување на флуороводородната киселина има изразито разорен ефект врз структурата на керамиката IPS Empress CAD.

### **IPS e.max CAD**

На керамичката површина (добиена со сечење на керамичкото блокче), се забележуваат кристали, целосно потопени во стаклестата матрица. Се добива



впечаток дека керамичката површина е мазна, со присуство на поединечни кратери.

Обработката со силициум карбидна хартија со грубост од 320 (*SiC 320#*) резултира со рапава керамичка површина, со голем број длабоки бразди насочени во разни правци. На фотомикрографијата (зголемување од 1000 x) се забележува присуство на керамички дебрис – резултат на третманот.

Поплитки бразди и присуство на керамички дебрис се забележуваат кога КП е обработена со *SiC* хартија со грубост од 600 (*SiC 600#*). Ваквата морфологија на керамичката површина е непогодна за ретенција на композитниот цемент и е причина за предвремено разделување на примероците уште при нивната подготовка. Ако по обработката со *SiC* хартија биде нанесен керамички прајмер (*SiC 600#/S*), на фотомикрографиите се забележува разлика во изгледот на КП – таа е прекриена со слој од прајмерот, на одделни места со изглед на споени острови. Ваквата, пред сè хемиски изменета керамичка површина е попогодна за врзување со композитните цемента, отколку онаа каде третманот не вклучува керамички прајмер.

Доколку по обработката со *SiC* хартија КП се третира со *HF* киселина (*SiC 600#/HF*), покрај големиот број на бразди се забележуваат и голем број на литиум дисиликатни кристали насочени во различни правци, меѓусебно испреплетени. Ваквата морфологија е резултат на растворањето на стаклестата матрица, во која инаку се потопени кристалите. Ако се земат предвид сите празни простори настанати со растворањето на матрицата помеѓу бројните кристали, лесно може да се објасни јачината на воспоставените к-ц врски (30.28 MPa за Cl EC и 20.76 MPa за Pan SAC).

Ефектите од спроведените третмани – *SiC 600#/HF+S* на керамичката површина јасно се забележуваат: голем број на бразди, и кристали целосно обложени со средството за силанизирање. Впечатливо е што овие елементи се испреплетени и градат една целина. Ефикасноста на ваквите третмани, односно морфолошките промени што ги предизвикуваат на КП кореспондираат со јачината на изградените врски (55.77 MPa за Cl EC и 51.65 MPa за Pan SAC).

По пескарењето на КП со алуминиум оксидни зрна ( $Al_2O_3$  – третман), површината е нерамна, со вдлабнатини и испакнувања со неправилна форма. На дното од вдлабнатините можат да се забележат фрактурирани парчиња настанати при ударот од абразивот. Морфолошките промени на површината не вклучуваат места погодни за ретенција и врзување на композитниот цемент, поради што, кај Clearfil Esthetic Cement јачината на формираните врски е симболична/минимална (0.17 MPa), а кај Pan SAC настанува предвремено разделување на примероците. Кога пескарениите површини се силанизираат, керамичката површина е нерамна, целосно покриена со слој од керамичкиот прајмер, има изглед на конфлуирани острови. Оваа појава делумно се воочува и кога пред силанизирањето КП е обработена само со *SiC* хартија. Хемиските врски кои се создаваат помеѓу вака третираната ( $Al_2O_3/S$ ) керамичка површина и цементот Cl EC се солидни (41.54 MPa), а слаби кога се употребува Pan SAC (9.98 MPa).

Кога на керамичката површина е применет третманот  $Al_2O_3/HF$ , преовладува ефектот од киселината, што на фотомикрографиите се забележува преку присуството на голем број експонирани кристали (стаклестата матрица околу нив е растворена) и бројни пукнатини. Чисто механичките врски кои се градат меѓу вака третираната површина и Cl EC се појаки (32.10 MPa), во однос на оние кои се создаваат со Pan SAC (17.68 MPa).

Кај комбинираниот третман од  $Al_2O_3/HF+S$ , керамичката површина наликува на онаа добиена по примената на комбинираниот третман од  $SiC/HF+S$ . Ваквата морфологија овозможува градење на јаки врски со Cl EC (63.02 MPa), а многу послаби со Pan SAC (37.68 MPa).

По силикатизација (*CoJet* – третман), керамичката површина е изразито нерамна, со бројни кратери, прекриена со многу ситни честички што потекнуваат од силикатно-модифицираниот песок. Ваквата ретентивна површина овозможува градење на слаби врски со *Cl EC* (12.36 MPa), а речиси никакви со *Pap SAC* (0.17 MPa). Кога по третирањето со *CoJet*, керамичките површини се премачкуваат со керамички прајмер – *CoJet/S*, ефектот од силикатизацијата тешко се препознава; преовладува ефектот од силанизацијата (присуство на конфлуирани острови). Хемиските врски кои се градат помеѓу вака третираната керамичка површина и *Cl EC* се јаки (45.20 MPa), а многу послаби кај *Pap SAC* (16.58 MPa).

Морфологијата на КП која се јавува по силикатизацијата и третманот со киселина (*CoJet/HF*) е резултат главно на ефектот од дејствувањето на киселината. Се претпоставува дека флуороводородната киселина ја раствора не само постоечката стаклеста матрица, но и поголемиот дел од силикатизираната површина. Се забележуваат тесни микропукнатини и голем број на кристали, меѓусебно споени. Не се забележуваат изразени подминирани места или „простори“ кои би биле погодни за механичко ретенирање на композитните цемента. Оттаму, ваквите морфолошки промени на КП одговараат на утврдената јачина на к-ц врзување (механичките врски создадени со *Cl EC* се послаби, во однос на хемиските кои се градат кога силикатизираните површини се силанизираат; ефектот е обратен кога за цементирање се користи *Pap SAC*).

*CoJet/HF+S* – третманот покрај силикатизацијата и нагризувањето со *HF* вклучува и силанизација на керамичката површина, што сè заедно резултира со воспоставување на солидни врски меѓу керамиката и применетиот цемент, а посебно јаки со *Cl EC* (73.50 MPa). Со оглед на тоа што силанизирањето на силикатизираната површина обезбедува појако к-ц врзување во споредба со третманот со киселина на силикатизираните површини, може да се претпостави дека кај третманот *CoJet/HF+S* преовладува ефектот од силанизирањето; нагризувањето на КП со киселина овозможува дополнителна „заштита“ од хидролиза на хемиските врски воспоставени помеѓу керамиката и цементот во физички „заштитените“ зони (микропукнатини и слични подминирани места), во кои ретенира цементот. Ова го потврдува и анализата на SEM фотографиите.

### **SEM – Анализа на морфологијата на керамичките површини на IPS e.max CAD по нивното третирање со флуороводородна киселина со различно време на дејствување**

И кај IPS e.max CAD, фотомикрографиите од керамичките површини третиран со флуороводородната киселина, со различно време на дејствување, укажа на деструктивниот ефект на оваа киселина. Продолженото време на дејствување резултира со поинтензивно растворање на стаклестата матрица и протрузирање на литиум дисиликатните кристали, густо распоредени едни до други. Со продолжување на времето на нагризување до 90 односно 120 s, се забележува зголемување на просторите помеѓу одделните групи кристали, со одреден ефект од киселината и врз самите кристали. Производителот на оваа керамика предлага (минимално) време на делување од 20 секунди.

### **Vita Enamic**

Керамичката површина на примерокот (добиена при сечењето на керамичкото блокче) е мазна, на места со вдлабнатини со неправилна форма и различна големина.

Керамиката обработена со силициум карбидна хартија со грубост од 320 # има рапава површина со присуство на дебрис и голем број на фрагменти со различна големина и форма. Обработката со SiC хартија со грубост од 600 #

предизвикува помала рапавост на керамичката површина, голема количина на керамички дебрис и фрагменти со неправилна форма и различна големина. И покрај тоа што не остава впечаток на површина со голема ретензивност, сепак овозможува градење на керамичко-цементни врски со одредена јачина (17.79 MPa за CI EC и 15.48 MPa за Pan SAC).

Кога е применет третманот SiC 600#/S, на фотомикрографиите се забележува рапава површина, керамички дебрис и фрагменти. Целата површина е прекриена со силан со веќе опишаниот визуелен ефект. Хемиските врски изградени помеѓу средството за силанизирање и керамичката површина од една и композитниот цемент од друга страна, се јаки и стабилни (52.41 MPa за CI EC и 45.30 MPa за Pan SAC).

Третирањето со флуороводородната киселина (SiC 600#/HF) остава силна трага врз морфологијата на површината на оваа хибридна керамика, која покажува изразита рапавост. Претставена е со тридимензионална структура со голем број перфорации со различна големина, и вдлабнатини на чие дно се забележуваат керамички фрагменти. И покрај бројните ретензивни места, механичката ретенција на композитните цемента не е доволно ефикасна (33.41 MPa за CI EC и 26.49 MPa за Pan SAC) во градењето на керамичко-цементните врски. Кога третманот вклучува и силанизација (SiC 600#/HF+S), преовладува ефектот од флуороводородната киселина, а послаб е визуелниот ефект од нанесениот керамички прајмер (само во вид на благо намалена острина на сликата на керамичката површина); целата површина е рапава, со приказ на тридимензионална мрежеста структура, со голем број на ситни перфорации на нејзините ѕидови и присуство на бројни вдлабнатини, на чие дно може да се забележат керамички фрагменти. И покрај тоа што визуелниот ефект од силанизирањето на керамичката површина е минимален, хемиските врски кои ги гради силанот придонесуваат за јаките керамичко-цементни врски (53.51 MPa за CI EC и 44.18 MPa за Pan SAC).

По пескарењето со алуминиум оксидни зрна ( $Al_2O_3$ -третман), керамичката површина е изразито рапава, со бројни вдлабнатини и испакнувања со различна големина и неправилна форма. На поедини места се забележуваат фрагменти. Ваквата морфологија (постигната со пескарење), кај другите керамики е поврзана со исклучително слаби или никакви к-ц врски, со исклучок на Lava Ultimate. Кај Vita Enamic (поради нејзиниот специфичен состав), овој третман овозможува градење на врски со одредена јачина (29.40 MPa за CI EC и 22.68 MPa за Pan SAC). Кога третманот вклучува и силанизирање ( $Al_2O_3$ /S), промените на керамичката површина се карактеристични за примената на пескарењето: керамичката површината е рапава со бројни вдлабнатини и испакнувања, а се визуелизира и тенкиот слој на керамичкиот прајмер. Силанизирањето придонесува за создавање на солидни керамичко-цементни врски, независно од композитните цемента со кои е извршено цементирањето (49.27 MPa за CI EC и 48.22 MPa за Pan SAC).

Керамичката површина која по пескарењето е нагризана со флуороводородна киселина ( $Al_2O_3$ /HF), ги има сите обележја што се резултат на дејствувањето на киселината: присуство на тридимензионална структура со голем број перфорации и поголеми вдлабнатини со керамички фрагменти на дното. Морфологијата на керамичката површина кај овој третман резултира со солидни керамичко-цементни врски (41.67 MPa за CI EC и 32.51 MPa за Pan SAC), но послаби од врските изградени кај третманот што наместо киселина вклучува силан.

И кај третманот  $Al_2O_3$ /HF+S на керамичката површина главно се забележуваат промените претходно опишани (тридимензионална структура, перфорации, поголеми вдлабнатини, керамички фрагменти). Нанесениот слој од керамичкиот прајмер се „чита“ само во вид на благо намалена острина на сликата на керамичката површина. Преку морфолошките промени кои ги



предизвикува на КП, овој третман обезбедува механичка ретенција за цементот (ефект од пескарењето и дејствувањето на киселината), што заедно со хемиските врски (ефект од силанизирањето) резулира со јаки керамичко-цементни врски.

По третирањето со *CoJet* (како единствен третман) целата керамичка површина е рапава, покриена со ситни честички. Изградените врски помеѓу керамиката и композитните цемента покажуваат одредена јачина и покрај тоа што не се вклучени и други третмани. Ако по силикатизирањето е извршено силанизирање (*CoJet/S*), керамичката површина изгледа рапава, со присуство на бројни испакнувања со неправилна форма и големина; на зголемување од  $\times 1000$  се забележува дека целата површина е покриена со слој, под кој се воочуваат испакнувањата и ситни честички од употребениот абразив. На одредени места се забележуваат керамички фрагменти. Керамичкиот прајмер дава ефект на блага заматеност на SEM фотографијата, без јасен премин помеѓу испакнувањата и вдлабнувањата. И покрај тоа што ваквата морфологија на керамичката површина не оддава впечаток на изразита ретентивност, јачината на врските кои се градат по ваков третман се скоро двојно поголеми, во однос на третманот што опфаќа само силикатизирање.

Ефектот од третманот со *CoJet* се губи, кога керамичката површина по силикатизацијата се нагризува со флуороводородната киселина (*CoJet/HF*). Доминира ефектот од киселината: на керамичката површина се забележуваат две меѓусебно испреплетени структури со бројни керамички фрагменти кои се наоѓаат на дното на некои вдлабнатини. Јачината на керамичко-цементните врски одговараат на оние кои се добиени кога третманот со HF киселина се спроведува на површина обработена со силициум карбидна хартија. Кај комбинираниот третман – *CoJet/HF+S* е воочлив ефектот и од нагризувањето со киселина и од силанизирањето. На керамичката површина се забележува присуството на тридимензионална (полимерна) мрежа, со перфорирани сидови, но поголемиот дел од перфорациите се прекриени со средството за силанизирање. На дното на вдлабнатините (ограничени со сидовите на полимерната мрежа) се забележуваат фелдспатни фрагменти. Целата површина е прекриена со тенок, провиден слој од керамичкиот прајмер. Изградените керамичко-цементни врски (57.77 MPa за CI EC и 49.15 MPa за Pap SAC) се заеднички резултат од силикатизацијата и нагризувањето со киселина.

### **SEM – Анализа на морфологијата на керамичките површини на Vita Enamic по нивното третирање со флуороводородна киселина со различно време на дејствување**

Кога површината од Vita Enamic е нагризана со флуороводородна киселина (20 односно 30 s), на SEM фотографиите може да се забележат две густо испреплетени структури со помали вдлабнатини помеѓу нив, на чие дно се забележуваат керамички фрагменти. Кога времето на дејствување на киселината е продолжено до 120 s, разорувањето на керамичката мрежа е поизразено – вдлабнатините зголемени. Поради разорниот ефект на киселината, на сидовите на полимерната структура се забележуваат голем број на перфорации со различна големина.

### **Lava Ultimate CAD/CAM Restorative**

Сечењето на керамичкото блокче со дијамантски нож резултира со мазна керамичка површина. Под самата површина се гледаат голем број на мали честички – нанокластери и наномерни честички потопени во полимерна матрица.

Керамичката површина на Lava Restorative обработена со силициум карбидна хартија со грубост од 320 (*SiC 320#*) е рапава и содржи голем број

длабоки бразди насочени во разни правци. На фотомикрографијата (зголемување од  $\times 1000$ ) се забележува присуство на керамички дебрис – резултат на третманот. Кога КП е обработена со SiC хартија (SiC 600#), се забележува голем број на плитки бразди и голема количина на керамички дебрис. Ваквата морфологија на керамичката површина (резултат на малата тврдост на керамиката) не е погодна за ретенција на Bis-GMA композитниот цемент; поради тоа, кај повеќето експерименталните стапчиња доаѓа до предвремено разделување (уште за време на нивната подготовка). Кога цементирањето се изведува со Pan SAC, изградените врски покажуваат одредена јачина (14.52 MPa) и покрај тоа што се работи за примероци од контролната група (без дополнителен третман, а основниот третман не е ефикасен).

Нанесувањето на керамичкиот прајмер на врзната површина која е обработена со SiC хартија (SiC 600#/S), не предизвикува промени на нејзината морфологија што можат да се востановат со SEM, а добиените вредности за јачината на к-ц врзување (34.62 MPa за Cl EC и 37.69 MPa за Pan SAC) се должат на хемиските врски, изградени од силанот.

Третирањето со HF киселина значително ја менува морфологијата на керамичката површина (SiC 600#/HF). Растворањето на керамичката матрица резултира во создавање на бројни вдлабнатини, пори и каналчиња градејќи добро развиена тридимензионална шуплива структура погодна за солидна ретенција на композитните цемента. Ваквата морфологија на керамичката површина (со многу ретентивни елементи) е објаснување за високите вредности на јачината на керамичко-цементното врзување со двата вида на композитни цемента (51.30 MPa за Cl EC и 53.82 MPa за Pan SAC).

На SEM-фотографиите од керамичката површина третирана со SiC 600#/HF+S се гледа ефектот од компонентите на овој третман. Тенкиот слој од прајмер ги „омекнува“ контурите на создадените ретентивни места – вдлабнатини, пори и каналчиња настанати со нагризувањето, предизвикувајќи поблаг премин помеѓу нив. Ваквата морфолошка слика на керамичката површина кореспондира со послаби к-ц врски (42.89 MPa за Cl EC и 49.79 MPa за Pan SAC) изградени со композитните цемента, во споредба со третманот SiC 600#/HF.

Ако по обработката со SiC хартијата КП се пескари со алуминиум оксидни зрна ( $Al_2O_3$ –третман), се добива изразито релјефна површина која е рапава, со бројни плитки и подлабоки вдлабнатини, мали пори, тенки и тесни пукнатини; на некои места е присутен и керамички дебрис. Ваквата морфологија ја прави керамичката површина изразито ретентивна што се рефлектира и врз јачината на керамичко-цементните врски, кои се остваруваат и тогаш кога овој третман се спроведува самостојно. Врските што се градат со 10-MDP Panavia SA Cement-от (64.19 MPa) се двојно појаки во однос на оние кои се градат со Clearfil E Cement-от (31.19 MPa). Спроведувањето на овој третман (пескарење со  $Al_2O_3$  зрна) придонесува за градење на најјаки врски помеѓу композитните цемента и Lava Ultimate CAD/CAM Restorative; тоа се должи пред сè на ефектот што овој третман го има врз морфологијата на КП на оваа, според составот специфична керамика.

По третманот со пескарење и силикатизирање ( $Al_2O_3$ /S), керамичката површина има релјефна морфологија постигната со пескарењето, но сите контури се позаоблени поради нанесениот слој керамички прајмер. Рапавата површина и керамичкиот прајмер овозможуваат солидна јачина на врските со Cl EC, но послаба од онаа која се остварува кај останатите дополнителни третмани; кога цементирањето се врши со Pan SAC, разликата во ефектот од силанизацијата споредено со останатите дополнителни третмани (и во однос на контролната група) е помала.

Кога пескарена керамичка површина се третира со флуороводородна киселина ( $Al_2O_3$ /HF), морфолошките промени се поизразени – со пошироки

вдлабнатини и пори, пошироки пукнатини, а на дното кај голем број од вдлабнатините се забележуваат ситни честички. Ваквата морфологија е погодна за врзување и со Bis-GMA и со 10-MDP цементот, со кои керамиката Lava Ultimate CAD/CAM Restorative гради солидни врски.

Нанесениот керамички прајмер има минимален ефект врз изгледот на пескарена и нагризена керамичка површина ( $Al_2O_3/HF+S$ ). Согласно со ефектот врз морфологијата на КП и резултатите за јачината на керамичко-цементните врски на оваа керамика со Bis-GMA и со 10-MDP цементот, може да се констатира дека силанизирањето во склоп на овој третман нема влијание врз ефикасноста на врската (споредено со третманот кој не вклучува силанизирање -  $Al_2O_3/HF$ ).

Кога третманот се состои само од силикатизирање (*CoJet-третман*), целата керамичка површина е рапава, покриена со ситен песок. Специфичната (SEM) морфологија на вака обработената површина укажува дека овој третман не е погоден за врзување со Pan SAC (осврнува најмала јачина на к-ц врска), а кога цементирањето е извршено со Cl EC, ефикасноста на керамичко-цементната врска е помала во однос на онаа, кога се спроведени и други дополнителни третмани. Ако силикатизирањето на керамичка површина е проследено и со силанизација (*CoJet/S*), на фотомикрографиите се забележува дека врзната површина е зрнеста, прекриена со слој од керамичкиот прајмер. Изградените врски со цементите се солидни (55.19 МПа за Cl EC и 42.05 МПа за Pan SAC), и пред сè резултат на хемиското поврзување (кај овој третман настанува зголемување на количината на силициум диоксид – врзно место за молекулите од керамичкиот прајмер), а не механичко (имајќи ја предвид морфологијата на КП премачкана со силиан, која не укажува на ретентивност). Кога силикатизирањето се третираат со флуороводородна киселина (*CoJet/HF*), доминира ефектот од нагризувањето – керамичката површина е релјефна со голем број на каналчиња, пори и вдлабнатини, на чие дно (кај некои од нив) се забележуваат ситни честички. На површината се забележуваат ситни зрнца од песокот со кои е спроведена силикатизацијата. Морфолошките промени на КП се совпаѓаат со солидните резултати за јачината на керамичко-цементните врски. Керамичката површина чиј третман опфаќа силикатизација, нагризување со киселина и силанизирање (*CoJet/HF+S*), има многу слична морфологија со онаа која се добива кога третманот опфаќа само силикатизација и нагризување со киселина. Може само да се насети присуството на прајмерот на керамичката површина. Ова се потврдува и од анализата на јачината на керамичко-цементните врски што се градат по овој третман, а кои значајно не се разликуваат од оние, изградени при третманот кој не вклучува силанизација (*CoJet/HF*).

### **SEM – Анализа на морфологијата на керамичките површини на Lava Ultimate CAD/CAM Restorative по третманот со флуороводородна киселина, со различно време на дејствување**

Нагризувањето со флуороводородна киселина во времетраење од 20 s или 30 s, не резултира со различна морфологија на керамичката површина. Дејствувањето на киселината 60 s предизвикува создавање на поизразита морфологија – со подлабоки и пошироки вдлабнатини, кои по нагризувањето од 120 s се уште поизразени.

### **Celtra Duo**

Анализирајќи ги SEM - фотографиите од врзната керамичка површина на Celtra Duo, единствено се наслутува присуството на голем број кристали потопени во стаклестата матрица. Се добива впечаток дека керамичката површина е мазна со присуство на поединечни кратери.



Керамичката површина која е обработена со силициум карбидна хартија (SiC 320#) е рапава, со присуство на голем број вдлабнатини и испреплетени длабоки бразди. Керамичката површина е многу порамна кога е обработена со силициум карбидна хартија со грубост 600 (SiC 600#), со голем број на многу поплитки бразди испреплетени меѓусебно. Бројот на вдлабнатини е помал во споредба со оние создадени при обработката со SiC 320#. Морфологијата на површината што е резултат на обработката со SiC хартијата не е погодна за ретенција на композитниот цемент; силата на врзување (0.00 MPa) не можеше да се измери поради предвременото разделување на керамичките примероци уште во текот на нивната подготовка. Речиси никакви промени на морфологијата на керамичката површина не се забележуваат ако по нејзината обработка со силициум карбидна хартија истата се силанизира (SiC 600#/S). На фотомикрографиите се забележува мазна површина со голем број на испреплетени плити бразди. Може да се препознае тенкиот слој (од силанот) нанесен врз површината, која е релативно мазна, со тенки испреплетени бразди, непогодни за механичка ретенција на композитниот цемент. Со оглед на предвременото разделување на примероците во текот на нивната подготовка (0.00 MPa), може да се заклучи дека хемиските врски кои се градат помеѓу керамичкиот прајмер и керамичката површина се многу слаби и недоволни да го одржат интегритетот на керамичко-цементната врска.

Како резултат на дејствувањето на флуороводородната киселина (SiC 600#/HF) доаѓа до растворање на стаклестата матрица, а литиум силикатните кристали проминираат во однос на основата. На мало зголемување (150x) се забележува само рапава површина, а при зголемување од x500, кристалите јасно се воочуваат. Стаклестата матрица е со голем број на многу ситни пори. Ваквата површинска морфологија овозможува вклучување на композитниот цемент помеѓу кристалите, но и во порите од стаклестата матрица. Поради тоа, јачината на к-ц врска е солидна. Морфологијата на керамичката површина речиси и не покажува промени кога е обработената со SiC-хартија, нагризена со киселина, а потоа силанизирана (SiC 600#/HF+S); керамичкиот прајмер влијае врз намалувањето на јачината на к-ц врска, ако цементирањето е изведено со Cl EC (51.98 MPa наспроти 54.65 кај SiC/HF), а гради подобри врски со Pan SAC (47.87 MPa наспроти 34.35 MPa за SiC/HF). Во првиот случај негативното дејство би можело да се објасни со делумното пополнување на механичките ретенции со прајмерот и намалувањето на нивната длабочина; во вториот случај прајмерот влијае на градење на подобри к-ц врски со оглед на составот на супстратите. Треба да се нагласи дека кога за цементирање се употребува Pan SAC, овој третман (SiC 600#/HF+S) е најефикасен.

Големи морфолошки промени на керамичката површина кај Celtra Duo се утврдуваат кога истата е пескарена со алуминиум оксидни зрна ( $Al_2O_3$ -третман): керамичката површина е нерамна, но и со голем број керамички фрагменти (лабаво прикрупени фрактурирани парчиња на дното од вдлабнатините настанати при удирањето на песочните зрна врз керамиката) и бројни пукнатини. Се претпоставува дека фрагментите и пукнатините придонесуваат за анулирање на можниот ретентивен ефект на рапавата површина настаната по пескарењето, така што к-ц врска е неодржлива (0.00 MPa) и попушта за време на подготовката на експерименталните стапчиња.

Морфологијата на пескарената површина која е силанизирана ( $Al_2O_3$ /S) е многу слична со онаа кога третманот се состои единствено од пескарење на КП, но се насетува слојот од керамичкиот прајмер, нанесен врз целата површина. Поради тоа пукнатините се поплитки, нерамнините помалку изразени и се добива впечаток дека целата површина е похомогена. Овој ефект што керамичкиот прајмер го има врз морфологијата на КП се огледа во солидните врски со Cl EC (32.47 MPa), но е минимален кога цементирањето се изведува со

Pan SAC (3.02 MPa) што е очекувано, имајќи предвид дека независно од типот на третманот, овој цемент гради многу послаби врски со Celtra Duo.

Изразита промена на морфологијата на керамичката површина се забележува кога по пескарењето, третманот продолжува со нагризување на површината со флуороводородна киселина ( $Al_2O_3/HF$ ). Иако се забележуваат пукнатини настанати при ударот на алуминиум оксидните зрна врз керамиката, површината изгледа похомогено ( $\times 150$ ). При зголемување од  $\times 1000$  се забележуваат литиум силикатните кристали кои се издигнуваат над стаклестата (нагризана) матрица, на чија површина се забележуваат ситни пори. Според морфологијата на керамичката површина, ефектот на  $Al_2O_3/HF$  третманот е многу сличен со оној постигнат при третманот  $SiC/HF$ . Освен присуството на пукнатините, ефектот од пескарењето речиси и да не се забележува. Морфологијата востановена со помош на скенирачката електронска микроскопија кореспондира со вредностите добиени за јачината на к-ц врзување: кај овој третман се забележува највисока вредност од 62.04 MPa за Cl EC, повисока од онаа кога третманот не вклучува пескарење. Со ова се потврдува улогата на флуороводородната киселина, но и влијанието на пескарењето врз морфолошките промени на КП, погодни за врзување на композитниот цемент. Кога цементирањето се изведува со Pan SAC, овој третман исто така гради појаки к-ц врски (37.31 MPa) во споредба со третманот  $SiC+HF$ .

Според изгледот на керамичката површина на фотомикрографиите, третманот  $Al_2O_3/HF+S$  предизвикува слични промени како претходниот, но се забележува ефектот од нанесениот керамички прајмер; пукнатините се слабо воочливи, порите се исполнети, а кристалите – обложени. Морфологијата што е резултат од овој третман одговара на јачината на изградените врски: кога за цементирање се користи Cl EC се постигнува солидна јачина од 56.58 MPa. Пополнувањето на порите и ретенциите со силен резултира со градење на послаби врски со Pan SAC, во споредба со третманот кој не вклучува силанизирање; пескарењето кое му претходи на нагризувањето и силанизирањето има поизразен позитивен ефект во однос на третманот каде наместо пескарење се врши обработка со  $SiC$  хартија.

Кога пескарењето се врши со силикатно модифицирани алуминиум оксидни зрна (*CoJet-третман*), промената на морфологијата на третираната површина е послабо изразена. При SEM-зголемување од  $\times 5000$  се забележува дека целата површина е покриена со ситен песок, поради што основната структура може само да се наслути. Овие зрна изгледаат лабаво прикрупени на керамичката површина, што веројатно е причина за предвремено разделување на примероците кога цементирањето се изведува со Cl EC. Кога се употребува Pan SAC, се гради некаква к-ц врска, но со симболична вредност – 3.79 MPa.

Нанесувањето на керамичкиот прајмер по силикатизацијата (*CoJet/S*) дава нејасна, заматена слика на керамичката површина. Структурите на површината изгледаат слеано. Хемиските врски што силенот ги гради со композитниот цемент влијаат на зголемување на јачината на керамичко-цементната врска, во споредба со силикатизацијата како самостоен третман (18.20 MPa со Cl EC, а 7.40 MPa со Pan SAC).

Морфологијата на керамичката површина што е резултат на третманот што опфаќа силикатизација и нагризување на површината со флуороводородна киселина (*CoJet/HF*) е слична на онаа, што е карактеристична за третманот со киселина што следи по обработка на КП со  $SiC$  хартија, односно пескарење. Од ова може да се заклучи дека кај  $CoJet/HF$  третманот доминира ефектот од флуороводородната киселина, што на SEM фотографиите се прикажува како нагризена стаклеста матрица богата со ситни пори, од која се издигнуваат голем број на литиум силикатни кристали.

Нанесувањето на керамички прајмер на силикатизираната површина која дополнително била третирана со HF киселина (CoJet/HF+S), предизвикува мала промена на морфологијата на керамичката површина: делумно пополнување на порите во стаклестата матрица, слеаност на површината и впечаток на „поврзаност“ на кристалите со основата. Ефектот што керамичкиот прајмер го има врз морфологијата на нагризаната керамичка површина е делумно негативен кога за цементирање се користи Cl EC, а позитивен кога цементирањето се изведува со Pan SAC.

### **SEM – Анализа на морфологијата на керамичките површини на Celtra Duo по третманот со флуороводородна киселина, со различно време на дејствување**

Со анализа на фотомикрографиите беше утврден и ефектот од флуороводородната киселина (со различно време на дејствување) врз морфологијата на керамичката површина. По нагризувањето во времетраење од 20, 30 и 60 секунди, се забележуваат минимални ефекти, кои на фотомикрографиите се забележуваат како намалување на количината на стаклестата матрица во која се „потопени“ литиум силикатните кристали. Ова се воочува единствено при зголемување од  $\times 5000$ .

Кога HF киселината се остава да дејствува 90 s, тогаш и при најмалото зголемување ( $\times 150$ ), по целата керамичка површина се забележуваат бројни, пукнатини. Поизразено е и „топењето“ на околната стаклеста матрица. Подлабоки пукнатини се забележуваат кога дејствувањето на флуороводородната киселина е продолжено на 120 секунди. Највпечатлив наод на фотомикрографиите е изразитото губење на стаклестата матрица со нагласено протрудирани кристали, а некои од нив без контакт со матрицата. Ова укажува на негативниот ефект од подолготрајното дејствување на флуороводородната киселина (120 s), со констатација дека третирањето на керамиката Celtra Duo со оваа киселина не треба да биде подолго од 60 секунди.

## **6.5. ОДРЕДУВАЊЕ НА ПРОСЕЧНОТО ГУБЕЊЕ НА КЕРАМИЧКИОТ МАТЕРИЈАЛ ПО СПРОВЕДУВАЊЕТО НА ПЕСКАРЕЊЕ И СИЛИКАТИЗАЦИЈА**

Како последица на третманот на керамичките површини со пескарее или силикатизација (абразивни методи), доаѓа до губиток на керамичкиот материјал. Резултатите покажаа дека пескареењето на керамичките површини со алуминиум оксидни зрна ( $27 \mu\text{m}$ ) доведува до поголемо губење на керамичкиот материјал, во споредба со силикатизацијата, која се изведува со алуминиум оксидни зрна обложени со силициум диоксид ( $30 \mu\text{m}$ ; CoJet). Ваквиот наод се објаснува со механизмот на дејствување на двата метода.

Пескарењето на керамичките површини со алуминиум оксидни зрна предизвикува откинување/одвојување на мали парчиња од керамичкиот материјал, при што површината станува нерамна. Ефектот од пескареењето во смисла на губиток на керамичката маса, пред сè, зависи од хемискиот состав и структурата на керамичкиот материјал. Најголем губиток на материјал по спроведеното пескарее се јавува кај Vita Enamic, хибридна керамика составена од две испреплетени мрежи – керамичка-фелдспатна и полимерна. Токму присуството на полимерната мрежа (14% wt) доведува до намалување на тврдоста на материјалот, а со тоа и до поизразен ефект од пескареењето.

Кај керамиката Lava Ultimate CAD/CAM Restorative, пескареењето предизвикува релативно голем степен на абразија/губиток на материјалот (0.00332 g), а објаснувањето и во овој случај (како и кај керамиката Vita Enamic), се наоѓа во составот на керамиката - содржи полимер.



Пескарењето на површините на Vitablocks Mark II керамиката доведува до помало губење на керамичката маса (0.00293 g); таа е чисто фелдспатна и во својата структура не содржи полимерна компонента (која ја намалува отпорноста на материјалот кон абразивни дејства). Според Kern и Thompson [19], степенот на абразија на фелдспатниот материјал по спроведеното пескарење на врзните површини е 36 пати повисок во однос на In-Ceram керамиката. Затоа овие автори не го препорачуваат овој третман (пескарењето) при подготовката на керамичките површини за атхезивно цементирање.

Леуцитната керамика IPS Empress CAD, поради својата специфична структура (присуство на леуцитни кристали), е нешто поотпорна на дејствувањето на алуминиум оксидните зрна во споредба со Vitablocks Mark II; просечното губење на керамичкиот материјал изнесува 0.00256 g. Скоро двојно помало губење на керамичката маса се забележува кај Celtra Duo (0.00137 g), која заради својот хемиски состав спаѓа во т.н. „зајакнати“ керамики; се работи за стаклеста керамика која содржи литиум силикатни кристали и циркониум оксид (до 10%) растворен во стаклестата матрица.

Најотпорна керамика\*, во смисла на губење на керамички материјал како резултат на пескарење на керамичките површини со алуминиум оксидни зрна, е керамиката IPS e.max CAD (просечно губење на керамичкиот материјал 0.00066 g); ова е очекувано, имајќи го предвид нејзиниот хемиски состав (11.0-19.0%  $\text{Li}_2\text{O}$  и  $\text{ZrO}_2$  до 8.0%), специфичната структура (литиум дисиликатни кристали кои опфаќаат 70% од волуменот), како и големата јачина на свиткување (од  $360 \pm 60$  MPa); поради сите овие карактеристики и оваа керамика (заедно со Celtra Duo) спаѓа во групата на „зајакнати“ керамики.

(\*Отпорноста на абразија и големата тврдина на материјалот се почувствуваа и при сечењето на подготвените, цементираните керамички блокови за добивање и обработка на микростапчињата; беше потребно прилагодување на параметрите на машината за прецизно сечење – Acutom, односно мораше да се намали брзината на сечење и притисокот под кој тоа се изведуваше. Повеќе време беше потребно и за одделување на микростапчињата од керамичката основа користејќи дијамантско сечило монтирано на Isomet, а и трошењето на дијамантските борери со кои се изведуваше намалувањето на обемот на стапчињата во ниво на атхезивната зона со MicroSpecimen former, беше поголемо).

Силикатизацијата има помал ефект во смисла на губењето на керамичката маса во споредба со пескарењето. Ова се должи на механизмот на вградување на силициум диоксид (потекнува од силикатно променетите алуминиум оксидни зрна) во површинскиот слој на керамиката, во моментот кога абразивот под јак притисок „удира“ на керамичката површина (процес на трибохемија). Најмало губење на керамичката маса по извршената силикатизација се јавува кај керамиката Celtra Duo, кое во однос на губитокот настанат при пескарењето е двојно помало.

Сличен е абразивниот ефект на силикатизацијата во однос на пескарењето и кај керамиките Vitablocks Mark II и IPS Empress CAD. Силикатизацијата на овие керамики предизвикува исто така мал губиток на керамичкиот материјал – двапати помал отколку при пескарењето. Ваквиот наод (уште произразен) е утврден и кај керамиката Vita Enamic, каде губитокот на материјалот при силикатизацијата е трипати помал отколку при пескарењето. Од овој наод може да произлезе препораката: силикатизацијата да се прифати како погоден, ефикасен метод за алтерација на врзните површини кај реставрациите изработени од керамиката Vita Enamic, како нивна подготовка за атхезивно цементирање. Во прилог на претходното се и резултатите од спроведениот микро-затегнувачки тест ( $\mu\text{TBS}$ ), според кои силикатизацијата проследена со третмани од нагризување со HF киселина и силанизирање обезбедува најјака керамичко-цементна врска независно од типот на композитниот цемент со кој се изведува цементирањето. Истите дополнителни третмани (истовремено

предложени и од производителот на керамиката) спроведени по пескарење на врзните површини со алуминиум оксидни зрна градат послаби врски.

Поголем губиток на керамичката маса (0.00256 g) силикатизацијата предизвикува кај Lava Ultimate CAD/CAM Restorative. За тоа, во прв ред придонесува нејзиниот хемиски состав, односно присуството на полимерна матрица; сепак, и кај оваа керамика, силикатизацијата предизвикува помал губиток на керамичкиот материјал во споредба со пескарењето со алуминиум оксидни зрна.

Наместо очекуваното намалување на керамичката маса при силикатизацијата како абразивен процес, кај IPS e.max CAD керамиката е утврдено незнатно зголемување на истата (за 0.00001 g). Тоа е резултат на тврдоста и отпорноста на оваа литиум дисиликатна керамика на абразија, но и на вградувањето на силициум диоксид во керамичката површина при спроведувањето на овој процес.

Од претходно изнесеното може да се заклучи дека, пескарењето на керамичките површини со алуминиум оксидни зрна доведува до поголем губиток на керамичката маса; изразеноста на абразивниот ефект зависи пред сè од хемискиот состав и структурата на керамиката што е подложена на ваков третман. Силикатизацијата предизвикува помало губење на масата, односно незнатно зголемување кај IPS e.max CAD керамиката.

## 6.6. СТЕПЕН НА ПОЛИМЕРИЗИРАНOST НА КОМПОЗИТНИТЕ ЦЕМЕНТИ – FOURIER ТРАНСФОРМИРАЧКА ИНФРАЦРВЕНА СПЕКТРОСКОПИЈА

Разликите во степенот на завршеност на полимеризацијата вообичаено се пратат со промената на ФТИР спектрите во областа од 3130 до 2776  $\text{cm}^{-1}$  и во областа од 1660 до 1425  $\text{cm}^{-1}$  [184].

Анализата на спектрите направена со компјутерскиот програм GRAMS386, покажа дека при светлосна полимеризација се намалува висината и површината на карактеристичните ленти, со што се потврдува завршеноста на реакцијата на полимеризација. При протекување на полимеризацијата се намалува бројот на двојните врски во цементите. Од тие причини, направена е анализа на површината и висината на лентите на 1640  $\text{cm}^{-1}$  кај сите снимани проби. Резултатите покажуваат дека при светлосна полимеризација степенот на завршеност на реакцијата е 90%. Продолженото време на светлосна полимеризација се очекува да резултира во комплетно завршена реакција на полимеризација.

## 6.7. КОРЕЛАЦИИ ПОМЕЃУ ИСПИТУВАНИТЕ ФАКТОРИ

Од извршените испитувања во овој докторски труд изведени се следните корелации:

✦ Ефектот од **пескарењето** ( $\text{Al}_2\text{O}_3$  зрна) е најизразено кога се спроведува кај керамиките Lava Ultimate и Vita Enamic, независно од цементот со кој се врши цементирањето, а по калеене на материјалите (лабораториско стареење). Иницијалните врски изградени помеѓу Lava Ultimate и Pan SAC и помеѓу керамиките IPS Empress CAD и Celtra Duo и цементот Clearfil EC, се исто така најјаки ако пред дополнителните третмани керамичките површини се пескарат со алуминиум оксидни зрна.

✦ **Силикатизацијата** е најефикасен основен третман (независно од дополнителните третмани) кога за цементирање на керамиките IPS e.max CAD

и Lava Ultimate се користи Clearfil EC; за керамиката IPS Empress CAD цементирана со наведениот цемент, овој третман е најефикасен по калење на материјалите. Кога за цементирање се користи Pan SAC, силикатизацијата е највлијателен основен третман за керамиките Celtra Duo и Vita Mark II. Иако за различни дополнителни третмани, ефикасни се различни основни третмани, најјаки иницијални врски помеѓу Vita Enamic и композитните цементи се градат со силикатизирање на керамичките површини.

✦ Третирањето со **флуороводородна киселина** како дополнителен третман има различен ефект врз јачината на к-ц врски и пред сè зависи од хемискиот состав на керамиката.

- Кај керамиките со голем процент на стаклеста матрица во составот, нагризувањето на керамичките површини со флуороводородна киселина не го дава очекуваниот ефект. Независно од основниот третман и употребениот цемент, овој третман гради најслаби к-ц врски кај Vita Mark II, IPS Empress CAD и Vita Enamic, а ефикасноста е слаба и кога се спроведува на претходно пескарени или силикатизирани врзани површини на керамиката IPS e.max CAD, кога цементирањето се изведува со Clearfil Esthetic Cement.

- Нагризувањето со флуороводородна киселина, како дополнителен третман, гради најјаки к-ц врски меѓу Lava Ultimate CAD/CAM Restorative и Panavia SA Cement по обработката на керамичките површини со силициум карбидна хартија или силикатизирање, а со Clearfil EC – по обработката со SiC хартија. Позитивен ефект од третманот со киселина се забележува и кај керамиката Celtra Duo при цементирање со Clearfil Esthetic Cement, кога основниот третман е пескарење на КП со алуминиум оксидни зрна.

✦ **Силанизирањето** како дополнителен третман има влијание врз јачината на к-ц врски, а ефектот исто така зависи од хемискиот состав на керамиката.

- Силанизирањето на врзните површини е несоодветен третман за подготовка на реставрациите изработени од керамики со голема застапеност на кристална фаза (литиум силикатни или литиум дисиликатни кристали), кога се планира атхезивно цементирање. Независно од основниот третман и средството за цементирање, силанизирањето гради најслаби к-ц врски (во споредба со другите дополнителни третмани) кај Celtra Duo и Lava Ultimate CAD/CAM Restorative, а кај реставрациите изработени од IPS e.max CAD, кога за цементирање се користи Panavia SA Cement. Кога цементирањето на керамиката IPS e.max CAD се изведува со Clearfil EC, силанот гради најслаби врски кога е нанесен на површини обработени со SiC хартија.

- Силанизирањето на врзните површини, независно од основните третмани и употребениот композитен цемент е најефикасен дополнителен третман кај керамиките Vita Mark II и IPS Empress CAD (со голема волуменска застапеност на стаклестата матрица). Исклучок е кога цементирањето се изведува со Clearfil EC, а силанизирањето се спроведува по обработката на керамичките површини со силициум карбидна хартија. Кај керамиката Vita Enamic, силанизирањето е најефикасно само доколку се спроведе како единствен третман, или по пескарење на КП кога цементирањето се изведува со Panavia SA Cement.

✦ **Нагризувањето со киселина и силанизирањето** како комбиниран дополнителен третман овозможува градење на најјаки к-ц врски помеѓу IPS e.max CAD и композитниот цемент (Cl EC или Pan SAC), без разлика на основниот третман што претходел. За керамиката Lava Ultimate, овој третман е најефикасен само кога е спроведен по пескарење или силикатизирање на керамичките површини, а за цементирање се користи Clearfil EC.

- За сите основни третмани, овој дополнителен третман гради најјаки к-ц врски кога реставрациите изработени од Vita Enamic се цементираат со Clearfil



ЕС, а кога за цементирање се користи Panavia SAC, позитивниот ефект е изразен единствено по силикатизација на керамичките површини. Кога цементирањето на Vita Mark II и IPS Empress CAD се изведува со Clearfil EC, овој третман во споредба со другите дополнителни третмани гради најјаки врски единствено ако е спроведен без друг тип на механичка обработка на КП.

✦ Кога за цементирањето на керамичките реставрации се користи цемент што содржи **10-MDP мономер** (Panavia Self Adhesive Cement), керамичко-цементните врски генерално се послаби во споредба со оние што се градат кога цементирањето се изведува со Clearfil Esthetic Cement

- Врските помеѓу Panavia SAC и керамиките IPS e.max CAD и Vita Enamic се послаби во споредба со оние изградени со Clearfil EC за сите основни и дополнителни третмани. Послаби врски по сите третмани се градат и со керамиката Celtra Duo, со исклучок на третманот што се состои само од силикатизација на керамичката површина.

- Кога керамичките површини се силикатизираат, изградените врски помеѓу Lava Ultimate и Pan SAC се послаби отколку кога за цементирање се користи Clearfil EC, за сите дополнителни третмани одделно. Спротивно, силикатизирањето на врзните површини на керамиката Mark II придонесува за создавање на појаки врски со Pan SAC за сите дополнителни третмани. Појаки врски се градат и кога керамичките површини обработени со силициум карбидна хартија или пескарени, дополнително се третираат со флуороводородна киселина.

- Нагризувањето со флуороводородна киселина како дополнителен третман, гради појаки врски со Pan SAC отколку со CI EC, и при цементирање на реставрации од IPS Empress CAD, кога основните третмани се состојат од песарење без разлика на хемискиот состав на зрната. И во случај кога песарењето и силикатизирањето се спроведуваат како единствени третмани, промената на врзните површини на керамиката IPS Empress CAD оди во прилог на создавање на појаки врски со Panavia SA Cement.

## 7. ЗАКЛУЧОЦИ

Ефикасноста на целосно-керамичките реставрации, во голема мера зависи и од јачината на врската изградена помеѓу керамиката и средството употребено за цементирање. Врз градењето на солидна, ефикасна керамичко-цементна врска влијаат: хемискиот состав на керамиката и цементот (компатибилноста на овие два материјала), изборот и изведувањето на третманите за подготовка на керамичката површина и самата постапка на цементирање.

Третманот на керамичката површина има влијание врз јачината на керамичко-цементната врска, а постигнатиот ефект зависи од изборот на третманот; треба да биде применет таков третман (основен и/или дополнителен) што е најпогоден за одреден тип на керамика – што ќе резултира со најјака врска со цементот. Хемискиот состав на керамиката има значење за ефикасноста на третманот.

- Генерално, без дополнителен третман на керамичката површина, врската која се гради помеѓу керамиките и цементите (Clearfil Esthetic Cement или Panavia SA Cement) е исклучително слаба, независно од основниот третман со исклучок на керамиките Lava Ultimate CAD/CAM Restorative и Vita Enamic. Различни комбинации од третмани (основни и дополнителни) се ефикасни кај различните керамики, зависно од видот на употребениот цемент.

- Третман што обезбедува најјака керамичко-цементна врска помеѓу Vitablocks Mark II и Clearfil Esthetic Cement и по 7-дневно тестирање и по 5-месечно стареење на материјалите е обработката на керамичката површина со силициум карбидна хартија, нагризување со флуороводородна киселина и силанизирање, со тоа што, иако статистички незначајно, јачината на керамичко-цементната врска е намалена по стареењето на материјалите.

Најсоодветен третман на реставрациите изработени од Vitablocks Mark II, што обезбедува најсолидни керамичко-цементни врски со Panavia SA Cement (по 7-дена од подготвувањето на примероците) е силикатизацијата на керамичката површина проследена со силанизирање, а по 4 месечно складирање во водена бања, градење на најјака врска покажа третманот што вклучува обработка со силициум карбидна хартија и силанизирање.

- Дополнителен третман што обезбедува најјака керамичко-цементна врска помеѓу IPS Empress CAD и Clearfil Esthetic Cement утврдена 7 дена по подготовката на примероците е силанизирањето на керамичката површина спроведено по пескарење, а силанизирањето спроведено по силикатизирање на површините – кога тестирањето се изведува по 5-месечно чување на примероците во водена бања. Вака создадените хемиски врски се стабилни, долготрајни и најмалку подложни на хидролиза со текот на времето. Најјака керамичко-цементна врска меѓу IPS Empress CAD и Panavia SA Cement гради третманот со силициум карбидна хартија и силанизирање. Со сличен позитивен ефект е и третманот од пескарење и силанизирање.

- Најефикасен третман за градење на најјаките керамичко-цементни врски помеѓу IPS e.max CAD и Bis-GMA цементот (Clearfil Esthetic Cement) е силикатизацијата проследена со нагризување на керамичката површина со флуороводородна киселина и силанизирање, кога тестирањето се изведува по 7 дена од подготовката на примероците; по 5-месечно стареење на материјалите, најефикасна/најстабилна се покажа врската обезбедена со истите дополнителни третмани, спроведени по претходна обработка на керамичката површина со силициум карбидна хартија. Овој комбиниран третман гради

најјака врска кај IPS e.max CAD-керамиката и со 10-MDP цементот (Panavia Self Adhesive Cement).

- Третманот што вклучува силикатизирање на керамичката површина, нагризување со флуороводородна киселина и силанизирање (по 7-дневно чување во водена бања) гради најјаки керамичко-цементни врски кај Vita Enamic, без разлика на употребениот цемент (Clearfil Esthetic Cement или Panavia Self Adhesive Cement). По 5-месечно стареење на материјалите, пескарењето на керамичката површина со алуминиум оксидни зрна и силанизирањето придонесуваат за градење на најјаки и најстабилни врски со CL EC, а овој третман е најефикасен (по 4-месечно чување на примероците во водена бања) и кога цементирањето е извршено со Panavia Self Adhesive Cement.

- Помеѓу Lava Ultimate CAD/CAM Restorative и Clearfil Esthetic Cement (по 7-дневно чување во водена бања), најефикасно к-ц врзување се постигнува со пескарење на КП со алуминиум оксидни зрна модифицирани со силициум диоксид, проследено со нагризување со киселина и силанизирање; по пролонгирано (5 месеци) чување во водена бања, најефикасен е третманот од пескарење на врзните површини со алуминиум оксидни зрна, нагризување со флуороводородна киселина и силанизирање.

За цементирање на реставрации изработени од Lava Ultimate CAD/CAM Restorative најдобро е да се користи цемент што во својот состав содржи 10-MDP мономер, како што е Panavia Self Adhesive Cement; за обезбедување на најдобра врска, врзната површина на реставрацијата треба само да се пескари со алуминиум оксидни зрна. Пескарењето гради најјаки керамичко-цементни врски по 7-дневно чување во водена бања, а ако вака подготвената керамичка површина се третира и со флуороводородна киселина, создадените врски се стабилни и јаки и по 4-месечно стареење на материјалите (примероците).

- Најјаки, но не и најстабилни врски помеѓу керамиката Celtra Duo и Clearfil Esthetic Cement, (по 7-дневно чување во водена бања) гради третманот што вклучува пескарење на керамичката површина со алуминиум оксидни зрна проследено со нагризување со флуороводородна киселина. Овој третман е најефикасен (за оваа керамика и цемент) и по 5-месечно стареење на примероците во водена бања, меѓутоа јачината на врската е значајно намалена ( $P=0.016$ ).

Обработката на керамичката површина со силициум карбидна хартија проследено со нагризување со флуороводородна киселина и силанизирање е третманот што гради најјаки врски помеѓу Celtra Duo и Panavia Self Adhesive Cement, по седум дена од подготвувањето на примероците. По 4-месечно складирање во водена бања, најјаки керамичко-цементни врски (зајакнати со стареењето) обезбедува третманот што опфаќа обработка на керамичките површини со силициум карбидна хартија и нагризување со флуороводородна киселина.

✱ Лабораториското стареење на материјалите (како симулација на клиничкото стареење), влијае врз јачината на воспоставените керамичко-цементни врски; ефектот е различен кај различните керамики, а зависи и од видот на цементот и спроведениот третман на врзните керамички површини пред цементирањето.

- Стареењето на материјалите генерално негативно влијае врз керамичко-цементната врска – се намалува јачината на врзувањето, во поголема или помала мера, статистички незначајно; ова е посебно изразено за керамиката IPS e.max CAD, како и за хибридните керамики Lava Ultimate CAD/CAM Restorative и Vita Enamic. Извесно зголемување на јачината на керамичко-цементното врзување се забележува за одредени третмани кај керамиките Vitablocks Mark II, IPS Empress CAD и Celtra Duo. Позабележително јакнење на врските се



забележува кај фелдспатната керамика Vitablocks Mark II, кога цементирањето е извршено со 10-MDP цементот (Panavia SA Cement).

✚ Стереомикроскопската анализа на површините добиени при кршењето на примероците покажа присуство на атхезивни, кохезивни и мешовит тип фрактури во керамичко-цементниот супстрат. Типот на фрактура не секогаш се совпаѓа со јачината на изградената врска; понекогаш тој може да зависи и од хемискиот состав на керамиката, но и композитниот цемент употребен за атхезивно цементирање.

✚ Третманите на керамичките врзани површини ја менуваат нејзината површинска морфологија; во основа, поагресивните третмани резултираат со поголеми морфолошки промени. Создадената релјефност влијае на ретенцијата на средството за цементирање, а ова пак, врз јачината на керамичко-цементната врска. Основната констатација од анализата на SEM-микрофотографиите е дека јачината на керамичко-цементното врзување (утврдено кај одделните третмани), главно се совпаѓа со видот и изразеноста на предизвиканите морфолошки промени.

✚ Како последица на третманот на керамичките површини со пескарење или силикатизација, доаѓа до губиток на керамичкиот материјал. Пескарењето на врзните керамички површини со алуминиум оксидни зрна ( $27\text{ }\mu\text{m}$ ) резултира со поголем губиток на материјалот, во споредба со силикатизацијата, што се изведува со алуминиум оксидни зрна обложени со силициум диоксид ( $30\text{ }\mu\text{m}$ , CoJet); ваквиот наод се објаснува со механизмот на дејствување на двата метода.

• Губитокот на керамичка маса зависи од хемискиот состав и структурата на керамиката, и е поголем кај т.н. „меки“ керамики – кои имаат полимерен состав; полимерната мрежа доведува до намалување на тврдоста на материјалот, а со тоа и поизразен ефект од пескарењето. Губитокот е најмал кај т.н. „зајакнати“ керамики што имаат поголема тврдост.

Остварувањето на солидна керамичко-цементна врска, како дел од севкупната ефикасност на една целосно керамичка протетска реставрација, зависи од повеќе фактори: хемискиот состав на керамиката и цементот, изборот на соодветен третман на керамичката површина пред цементирањето и коректното изведување на постапките. Сите овие фактори се испреплетени, во меѓусебна интеракција и со одреден ефект, што треба да се знае кога се планира изработка на вакви реставрации. Резултатите од оваа дисертација укажуваат токму на тоа: според избраната керамика да биде селектиран и соодветен цемент, а од дополнителните третмани да биде избран оној, што ќе овозможи формирање на најјака врска меѓу двата супстрата.

## 8. ЛИТЕРАТУРА

1. Бајрактарова Ваљакова Е, Петровски Д, Петков М, Шабанов Е, Бајрактарова Б. Функционална и естетска рехабилитација на максиларниот фронт со целосно-керамички коронки: приказ на случај. Макед. стоматол. прегл. 2008;32(1-2): 64-69.
2. Jivraj SA, Kim TH, Donovan TE. Selection of luting agents: part 1. CDA J 2006;34(2):149-60.
3. Della Bona A., Anusavice KJ, Shen C. Microtensile strength of composite bonded to hot-pressed ceramics. J Adhes Dent 2000;2:305-13.
4. Debnath S, Wunder SL, McCool JJ, Baran GR. Silane treatment effects on glass/resin interfacial shear strengths. Dent Mater 2003;19:441-8.
5. Borges GA, Sophr AM, de Goes MF, Sobrinho LC, Chan DC. Effect of etching and airborne particle abrasion on the microstructure of different dental ceramics. J Prosthet Dent 2003 May;89(5):479-88.
6. Özcan M, Vallittu PK. Effect of surface conditioning methods on the bond strength of luting cement to ceramics. Dental Materials 2003;19(8):725-32.
7. Della Bona A, Shen C, Anusavice KJ. Work of adhesion of resin on treated lithia disilicate-based ceramic. Dent Mater 2004;20:338-44.
8. De Melo RM, Valandro LF, Bottino MA. Microtensile bond strength of a repair composite to a leucite-reinforced feldspathic ceramic. Braz Dent J 2007;18(4):314-9.
9. Thurmond JW, Barkmeier WW, Wilwerding TM. Effect of porcelain surface treatments on bond strengths of composite resin bonded to porcelain. J Prosthet Dent 1994;72(4):355-9.
10. Lu YC, Tseng H, Shin YH, Lee SY. Effects of surface treatments on bond strength of glass-infiltrated ceramic. J Oral Rehabil 2001;28:805-13.
11. Özcan M, Alkumru HN, Gemalmaz D. The effect of surface treatment on the shear bond strength of luting cement to a glass-infiltrated alumina ceramic. Int J Prosthodont 2001;14:335-9.
12. Kern M, Wegner SM. Bonding to zirconia ceramic: Adhesion methods and their durability. Dent Mater 1998;14:64-71.
13. Derand P, Derand T. Bond strength of luting cements to zirconium oxide ceramics. Int J Prosthodont 2000;13:131-5.
14. Awliya W, Oden A, Yaman P, Dennison JB, Razzoog ME. Shear bond strength of a resin cement to densely sintered high-purity alumina with various surface conditions. Acta Odontol Scand 1998;56:9-13.

15. Madani M, Chu FCS, McDonalds AV, Smales RJ. Effects of surface treatments on shear bond strengths between a resin cement and an alumina core. *J Prosthet Dent* 2000;83:644-7.
16. Della Bona A, Anusavice KJ, Hood JA. Effect of ceramic surface treatment on tensile bond strength to a resin cement. *Int J Prosthodont* 2002;15(3):248-53.
17. Sun RN, Suansuwan N, Kilpatrick N, Swain M. Characterisation of tribochemically assisted bonding of composite resin to porcelain and metal. *J Dent* 2000;28:441-5.
18. Valandro LF, Della Bonna A, Bottino MA, Neisser MP. The effect of ceramic surface treatment on bonding to densely sintered alumina ceramic. *J Prosthet Dent* 2005;93(3):253-9.
19. Kem M, Thompson VP. Sandblasting and silica coating of a glass-infiltrated alumina ceramic: volume loss, morphology, and changes in the surface composition. *J Prosthet Dent* 1994;71:453-61.
20. Zarone F, Russo S, Sorrentino R. From porcelain-fused-to-metal to zirconia: Clinical and experimental considerations. *Dent Mater* 2011;27(1):83-96.
21. Conrad HJ, Seong W-J, Pesun IJ. Current ceramic materials and systems with clinical recommendations: a systematic review. *J Prosthet Dent* 2007;98:389-404.
22. Rekow ED, Silva NRFA, Coelho PG, Zhang Y, Guess P, Thompson VP. Performance of dental ceramics: Challenges for improvements. *J Dent Res* 2011;90(8):937-952.
23. Land CH. Porcelain dental art: No II. *Dent Cosmos* 1903;45:615-20.
24. Mc Lean JW, Hughes TH. The reinforcement of dental porcelain with ceramic oxides. *Br Dent J* 1965;119:251-67.
25. Ho GW, Matinlinna JP. Insights on ceramics as dental materials. Part I: Ceramic material types in dentistry. *Silicon* 2011;3:109-115.
26. Gomes EA, Assunção WG, Rocha EP, Santos PH. Ceramic in dentistry: current situation. *Cerâmica* 2008; 54: 319-325.
27. Bremer BD, Geurtsen W.J "Molar fracture resistance after adhesive restoration with ceramic inlays or resin-based composites" *Dent* 2001;14(4):216-20.
28. Reiss, B., Walther, W. "Clinical long-term results and 10-year Kaplan-Meier analysis of CEREC Restorations" *Int. Journal of Computerized Dentistry* 2000;3:8.
29. Bottino MC, Özcan M, Coelho PG, Valandro LF, Bressiani JC, Bressiani AHA. Micro-morphological changes prior to adhesive bonding: high-alumina and glassy-matrix ceramics. *Braz Oral Res* 2008;22(2):158-63.
30. He Li-Hong, Swain M. A novel polymer infiltrated ceramic dental material. *Dent Mater* 2011;27(6):527-34.



31. Mörmann W, Stawarczyk B, Ender A, Sener B, Attin T, Mehl A. Wear characteristics of current aesthetic dental restorative CAD/CAM materials: Two-body wear, gloss retention, roughness and Martens hardness. *J Mech Behav Biomed Mater* 2013;20(4):113-125.
32. Coldea A, Swain MV, Thiel N. Mechanical properties of polymer-infiltrated-ceramic-network materials. *Dent Mater* 2013 Apr; 29(4):419-426.
33. Duret F, Blouin JL, Duret B. CAD-CAM in dentistry. *J Am Dent Assoc* 1998; 117:715-720.
34. Denry I, Holloway JA. Ceramics for dental applications: A review. *Materials* 2010;3:351-68.
35. Kamada K, Yoshida K, Taira Y, Sawase T, Atsuta M. Shear bond strengths of four resin bonding systems to two silica-based machinable ceramic materials. *Dent Mater J* 2006;25(3): 621-5.
36. Griggs JA. Recent advances in materials for all-ceramic restorations. *Dent Clin North Am.* 2007;51(3):713-9.
37. Miyazaki T, Hotta Y, Kunii J, Kuriyama S, Tamaki Y. A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience. *Dent Mater J* 2009;28(1):44-56.
38. Hitz T, Stawarczyk B, Fischer J, Hämmerle CHF, Sailer I. Are self-adhesive resin cements a valid alternative to conventional resin cements? A laboratory study of the long-term bond strength. *Dent Mater* 2012;28(11):1183-1190
39. Edelhoff D, Ozcan M. To what extent does the longevity of fixed dental prostheses depend on the function of the cement? Working group 4 materials: cementation. *Clinical Oral Implants Research* 2007;18(June (Suppl. 3):193-204.).
40. Burke FJ. Trends in indirect dentistry: 3. luting materials. *Dental Update* 2005;32,5:251-8 60.
41. Peumans M, Van Meerbeek B, Yoshida Y, Lambrechts P, Vanherle G. Porcelain veneers bonded to tooth structure: an ultra-morphological FE-SEM examination of the adhesive interface. *Dental Materials* 1999;15,2:105-19.
42. De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Braem M, et al. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *Journal of Dental Research* 2005;84,2:118-32.
43. Burke FJ. The effect of variations in bonding procedure on fracture resistance of dentin-bonded all-ceramic crowns. *Quintessence Int* 1995;26(4):293-300.
44. Burke FJ, Fleming GJ, Nathanson D, Marquis PM. Are adhesive technologies needed to support ceramics? An assessment of the current evidence. *J Adhes Dent* 2002;4(1):7-22.
45. Rosenstiel SF, Gupta PK, Van der Sluys RA, Zimmerman MH. Strength of a dental glass-ceramic after surface coating. *Dent Mater* 1993;9(4):274-9.

46. Magne P, Versluis A, Douglas WH. Effect of luting composite shrinkage and thermal loads on the stress distribution in porcelain laminate veneers. *J Prosthet Dent* 1999;81(3):335-44.
47. Platt JA. Resin cements: into the 21st century. *Compend Contin Educ Dent* 1999;20(12):1173-6, 1178, 1180-2, 1184.
48. Yoshida Y, Nagakane K, Fukuda R, Nakayama Y, Okazaki M, Shintani H, et al. Comparative study on adhesive performance of functional monomers. *J Dent Res* 2004;83(6):454-8.
49. Kuhn K, Rudolph H, Ahlskog L, Von Koenigsmarck V, Luthardt RG. Tensile bond strength of different luting agents at the cement-restoration-interface. 41<sup>st</sup> AADR Annual Meeting 2012, Tampa, Florida, USA. Abstract No. 633.
50. Garcia RN, do Nascimento RF, Gomes ACR, Giannini M, Miguel LCM, Moon PC. Bond strength of resin cements to leucite-reinforced ceramics. *RSBO* 2012;9(2):183-9.
51. Aboushelib MN, Ghoniem M, Mirmohammadi H, Salameh Z. General principles for achieving adequate bond to all-ceramic restorations. *J Dent Oral Hyg* 2009;1(3):036-41.
52. Leite FPP, Andreatta Filho OD, Valandro LF, Lopes AG, Kimpara ET. Evaluation of the tensile bond strength between an aluminous ceramic and two resin cements using the microtensile bond strength test. *Cienc Odontol Bras* 2005;8(1):6-14.
53. Matsumura H, Kato H, Atsuta M. Shear bond strength to feldspathic porcelain of two luting cements in combination with three surface treatments. *J Prosthet Dent* 1997;78(5):511-517.
54. Vrochari AD, Eliades G, Hellwig E, Wrbas KT. Curing efficiency of four self-etching, self-adhesive resin cements. *Dent Mater* 2009;25:1104-1108.
55. Chen L, Suh BI. Bonding of resin materials to all-ceramics: a review. *Current research in dentistry* 2012;3(1):7-17.
56. Abo T, Uno S, Yoshiyama, Yamada T, Hanada N. Microtensile bond strength of self-adhesive luting cements to ceramics. *Int J Dent* 2012;2012:278623
57. Han L, Okamoto A, Fukushima M, Okiji T. Evaluation of physical properties and surface degradation of self-adhesive resin cements. *Dent Mater J* 2007;26(6):906-14.
58. De Munck J, Vargas M, Van Landuyt K, Hikita K, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Bonding of an auto-adhesive luting material to enamel and dentin. *Dent Mater* 2004;20(10):963-71.
59. Inokoshi M, Kameyama A, De Munck J, Minakuchi S, Van Meerbeek B. Durable bonding to mechanically and/or chemically pre-treated dental zirconia. *J Dent* 2013;41:170-9.

60. Karabela MM, Sideridou ID. Effect of the structure of silane coupling agent on sorption characteristics of solvents by dental resin nanocomposites. *Dent Mater* 2008;24:1631-9.
61. Santerre JP, Shajii L, Leung BW. Relation of dental composite formulations to their degradation and release of hydrolyzed polymeric-resin-derived products *Critical Reviews in Oral Biology and Medicine* 2001;12(2):136-151.
62. Beatty MW, Swartz ML, Moore BK, Phillips RW, Roberts TA. Effect of crosslinking agent content, monomer functionality, and repeat unit chemistry on properties of unfilled resins *Journal of Biomedical Materials Research* 1993;27(3):403-413.
63. Sideridou I, Tserki V, Papanastasiou G. Study of water sorption, solubility and modulus of elasticity of light-cured dimethacrylate-based dental resins. *Biomaterials* 2003;24:655-65.
64. Venz S, Dickens B. NIR-spectroscopic investigation of water sorption characteristics of dental resins and composites. *J Biomed Mater Res* 1991;25:1231-48.
65. Ferracane JL, Berge HX, Condon JR. In vitro aging of dental composites in water—effect of degree of conversion, filler volume, and filler/matrix coupling. *J Biomed Mater Res* 1998;42:465-72.
66. Momoi Y, McCabe JF. Hygroscopic expansion of resin based composites during 6 months of water storage. *Brit Dent J* 1994;176:91-6).
67. Feilzer AJ, de Gee AJ, Davidson CL. Relaxation of polymerization contraction shear stress by hygroscopic expansion. *J Dent Res* 1990;69:36-9.
68. Lee TH, Ahn JS, Shim JS, Han CH, Kim SJ. Influence of cement thickness on resin-zirconia microtensile bond strength. *J Adv Prosthodont* 2011;3:119-25.
69. Torres SMP, Borges GA, Spohr AM, Cury AADB, Yadav S, Platt JA. The effect of surface treatments on the micro-shear bond strength of a resin luting agent and four all-ceramic systems. *Operative Dentistry* 2009;34(4):399-407.
70. Borges GA, Spohr AM, de Goes MF, Sobrinho C, Chan DCN. Effect of etching and airborne particle abrasion on the microstructure of different dental ceramics. *J Prosthet Dent* 2003;89(5):479-488.
71. Spohr AM, Sobrinho LC, Consani S, Sinhoreti MAC, Knowles JC. Influence of surface conditions and silane agent on the bond of resin to IPS Empress 2 Ceramic. *Int J Prosthodont* 2003;16:277-82.
72. Salvio LA, Correr-Sobrinho L, Consani S, Sinhoreti MAC, de Goes MF, Knowles JC. Effect of water storage and surface treatments on the tensile bond strength of IPS Empress 2 ceramic. *J Prosthodont* 2007;16:192-9.
73. Shinohara MS, Freitas MS, Azevedo CGS, Rusin R, de Goes MF, Rueggeberg FA. Effect of surface treatment on repair of nanocomposite CAD/CAM Restorations IADR, Seattle, USA, 2013 Abstr. No. 2385.



74. Yoshida K, Tsuo Y, Atsuta M. Mechanical properties of dual-cured resin luting agents for ceramic restorations. *J Prosthodont* 2007;16(5):370-6.
75. Shimakura Y, Hotta Y, Fujishima A, Kunii J, Miyazaki T, Kawawa T. Bonding strength of resin cement to silicate glass ceramics for dental CAD/CAM systems is enhanced by combination treatment of the bonding surface. *Dent Mater J* 2007;26(5):713-721.
76. Magne P, Cascione D. Influence of post-etching cleaning and connecting porcelain on the microtensile bond strength of composite resin to feldspathic porcelain. *J Prosthet Dent* 2006;96:354-61.
77. Maruo Y, Irie M, Nishigawa G, Tamada Y, Yoshihara K, Yamamoto Y, Minagi S, Watts D. Effect of acid etching on lithium disilicate glass ceramic. 41<sup>st</sup> AADR Annual Meeting 2012, Tampa, Florida, USA. Abstract No. 1011.
78. Yamaguchi H, Ino S, Hamano N, Okada S, Teranaka T. Examination of bond strength and mechanical properties of Y-TZP zirconia ceramics with different surface modifications. *Dent Mater J* 2012;31(3):472-80.
79. Zhang Y, Lawn BR, Rekow ED, Thompson VP. Effect of sandblasting on the long-term performance of dental ceramics. *J Biomed Mater Res Part B: Appl Biomater* 2004;71B:381-6.
80. Phoenix RD, Shen C. Characterization of treated porcelain surfaces via dynamic contact angle analysis. *Int J Prosthodont*. 1995;8(2):187-94.
81. Roulet JF, Söderholm KJM, Longmate J. Effects of treatment storage conditions on ceramic/composite bond strength. *J Dent Res*. 1995;74(1):381-7.
82. Darvell BW, Samman N, Luk WK, Clark RK, Tideman H. Contamination of titanium casting by aluminium oxide blasting. *J Dent* 1995;23:319-22.
83. Amaral R, Ozcan M, Bottino MA, Valandro LF. Microtensile bond strength of a resin cement to glass infiltrated zirconia-reinforced ceramic: the effect of surface conditioning. *Dent Mater* 2006;22:283-90.
84. Underhill PR, DuQuesnay DL. Corrosion resistance imparted to aluminum by silane coupling agents. In: Mittal KL, editor. Silanes and other coupling agents, 2. VSP; 2000. 149-158.
85. Blatz MB, Sadan A, Martin J, Lang BR. In vitro evaluation of shear bond strength of resin to densely-sintered high purity zirconium-oxide ceramic after long-term and termal storage. *J Prosthet Dent* 2004;91:356-62.
86. Della Bona A, Anusavice KJ. Microstructure, composition, and etching topography of dental ceramics. *Int J Prosthodont* 2002;15(2):159-67.
87. Della Bona A, Mecholsky J.J. Failure analysis of resin composite bonded to ceramic. *Dent Mater* 2003;19(8):693-9.
88. Aida M, Hayakawa T, Mizukawa K. Adhesion of composite porcelain with various surface conditions. *J Prosthet Dent* 1995;73:464-470.

89. Kato H, Matsumura H, Atsuta M. Effect of etching and sandblasting on bond strength to sintered porcelain of unfilled resin. *J Oral Rehabil* 2000;27:103-10.
90. Brentel AS, Özcan M, Valandro LF, Alarça GL, Amaral R, Bottino MA. Microtensile bond strength of a resin cement to feldspathic ceramic after different etching and silanization regimens in dry and aged conditions. *Dent Mater* 2007;23(11):1323-31.
91. Saracoglu A, Cura C, Cotert HS. Effect of various surface treatment methods on the bond strength of the heat-pressed ceramic samples. *J Oral Rehabil* 2004 Aug;31(8):790-7.
92. Ho GW, Matinlinna JP. Insights on ceramics as dental materials. Part II: chemical surface treatments. *Silicon* 2011;3:117-23.
93. Matinlinna JP, Vallittu PK. Bonding of resin composites to etchable ceramic surfaces—an insight review of the chemical aspects on surface conditioning *J Oral Rehabil* 2007;34:622-30.
94. Yen TY, Blackman RB, Baez RJ. *J Prosthet Dent* 1993;70:224.
95. Blatz MB, Sadan A, Blatz U. The effect of silica coating on the resin bond to the intaglio surface of Procera AllCeram restorations. *Quintessence Int* 2003 Jul-Aug;34(7):542-7.
96. Wolf DM, Powers JM, O'Keefe KL. Bond strength of composite to etched and sandblasted porcelain. *Am J Dent* 1993;6:155-158.
97. Chen JH, Matsumura H, Atsuta M. Effect of different etching periods on the bond strength of a composite resin to a machinable porcelain. *J Dent* 1998;28(1):53-8.
98. Güler AU, Yilmaz F, Yenisey M, Güler E, Ural C. Effect of acid etching time and a self-etching adhesive on the shear bond strength of composite resin to porcelain. *J Adhes Dent* 2006;8:21-25.
99. Nagayassu MP, Shintome LK, Uemura ES, de Araujo JEJ. Effect of surface treatment on the shear bond strength of a resin-based cement to porcelain. *Braz Dent J* 2006;17(4):290-5.
100. Zogheib LV, Della Bona A, Kimpara ET, McCabe JF. Effect of hydrofluoric acid etching duration on the roughness and flexural strength of a lithium disilicate-based glass ceramic. *Braz Dent J* 2011;22(1):45-50.
101. De Menezes FCH, Borges GA, Valentino TA, De Menezes Oliveira MAH, Turssi CP, Corrêa-Sobrinho L. Effect of surface treatment and storage on the bond strength of different ceramic systems. *Braz J Oral Sci* 2009;8(3):119-23.
102. Kim B-K, Bae H E-K, Shim J-S, Lee K-W. The influence of ceramic surface treatments on the tensile bond strength of composite resin to all-ceramic coping materials. *J Prosthet Dent* 2005;94:357-62.
103. Valandro LF, Della Bona A, Antonio Bottino M, Neisser MP. The effect of ceramic surface treatment on bonding to densely sintered alumina ceramic. *Journal of Prosthetic Dentistry* 2005;93:253-9.

104. Monticelli F, Toledano M, Osorio R, Ferrari M. Effect of temperature on the silane coupling agents when bonding core resin to quartz fiber posts. *Dental Materials* 2006;22:1024-8.
105. Shimada Y, Yamaguchi S, Tagami J. Micro-shear bond strength of dual-cured resin cement to glass ceramics. *Dental Materials* 2002;18:380-8.
106. Canay S, Hersek N, Ertan A. Effect of different acid treatments on a porcelain surface. *J Oral Rehabil* 2001;28:95-101.
107. Magne P, Cascione D. Influence of post-etching cleaning and connecting porcelain on the microtensile bond strength of composite resin to feldspathic porcelain. *J Prosthet Dent* 2006;96:354-61.
108. Bertolini JC. Hydrofluoric acid: a review of toxicity. *Journal of Emergency Medicine* 1992;10:163-8.
109. Kem M, Thompson VP. Bonding to glass infiltrated alumina ceramic: Adhesive methods and their durability. *J Prosthet Dent* 1995;73(3):240-249.
110. Ino S, Atsumi M, Hamano N, Tamura T, Fujita T, Toyoda M. Bond strength of composite resin to zirconia ceramics. 79<sup>th</sup> General Session of the IADR June 27-30, 2001.
111. Wegner SM, Kern M. Long-term resin bond strength to zirconia ceramic. *J Adhes Dent* 2000;2:139-47.
112. Nishigawa G, Maruo Y, Irie M, Oka M, Yoshihara K, Minagi S, Nagaoka N, Yoshida Y, Suzuki K. Ultrasonic cleaning of silica-coated zirconia influences bond strength between zirconia and resin luting material. *Dent Mater J* 2008;27(6):842-8.
113. Lorente MC, Scherrer SS, Richard J, Demellayer R, Amez-Droz M, Wiskott HWA. Surface roughness and EDS characterization of a Y-TZP dental ceramic treated with CoJet<sup>tm</sup> Sand. *Dent Mater* 2010;26(11):1035-1042.
114. Sato H, Yamada K, Pezzotti G, Nawa M, Ban S. Mechanical properties of dental zirconia ceramics changed with sandblasting and heat treatment. *Dent Mater J* 2008;27(3):408-14.
115. Guess PC, Zhang Y, Kim J-W, Rekow ED, Thompson VP. Damage and reliability of Y-TZP after cementation surface treatment. *J Dent Res* 2010;89(6):592-6.
116. Eames WB, Rogers LB, Feller PR, Price WR. Bonding agents for repairing porcelain and gold: an evaluation. *Operative Dentistry* 1977;2:118-24.
117. Ishida H, Koenig JL. A fourier-transform infrared spectroscopic study of the hydrolytic stability of silane coupling agent on E-glass fibers. *J Polymer Sci, Polymer Physics* 1980;18:1931-43.
118. Ishida H. Structural gradient in the silane coupling agent layers and its influence on the mechanical and physical properties of composites. In: Ishida H, Kumar G, editors. *Molecular characterization of composite interfaces*. New York: Plenum Press, 1985.p.25-50.



119. Berg J, Jones FR. The role of sizing resins, coupling agents and their blends on the formation of the interphase in glass fibre composites. *Composites* 1998;29A:1261-72.
120. Hooshmand T, Van Noort R, Keshvad A. Bond durability of resin-bonded and silane treated ceramic surface. *Dent Mater* 2002; 18: 179-188.
121. Fabianelli A, Pollington S, Papacchini F, Goracci C, Cantoro A, Ferrari M, van Noort R. The effect of different surface treatments on bond strength between leucite reinforced feldspathic ceramic and composite resin. *J Dent* 2010;38(1):39-43.
122. Meng XF, Yoshida K, Gu N. Chemical adhesion rather than mechanical retention enhances resin bond durability of a dental glass-ceramic with leucite crystallites. *Biomed Mater* 2010;5:1-7.
123. Lung CYK, Matinlinna JP. Aspects of silane coupling agents and surface conditioning in dentistry: An overview. *Dent Mater* 2012;28(5):467-477.
124. Matinlinna JP, Lassila LV, Ozcan M, Yli-Urpo A, Vallittu PK. An introduction to silanes and their clinical applications in dentistry. *International Journal of Prosthodontics* 2004;17:155-64.
125. Foxton RM, Nakajima M, Hiraishi N, Kitasako Y, Tagami J, Nomura S, Miura H. Relationship between ceramic primer and ceramic surface pH on the bonding of dual-cure resin cement to ceramic. *Dent Mater* 2003;19:779-89.
126. Lung CYK, Kukk E, Hägerth T, Matinlinna JP. Surface modification of silica-coated zirconia by chemical treatments. *Applied Surface Science* 2010;257:1228-1235.
127. Бајрактарова Ваљакова Е. Евалуација на јачината на поврзување помеѓу порцеланот и композитот преку карактеризација на меѓуграничната површина – interface. Скопје, Република Македонија: Стоматолошки факултет, 2007. 98 стр. Магистерски труд.
128. Lu R, Harcourt JK, Tyas MJ, Alexander B. An investigation of the composite resin/porcelain interface. *Aust Dent J* 1992;37(1):12-9).
129. Sorensen JA, Engelman MJ, Torres TJ, Avera SP. Shear bond strength of composite resin to porcelain. *Int J Prosthodont* 1991; 4(1):17-23.
130. Blatz MB, Sadan A, Maltezos C, Blatz U, Mercante D, Burgess JO. In vitro durability of the resin bond to feldspathic ceramics. *Am J Dent* 2004;17:169-72.
131. Stewart GP, Jain P, Hodges J. Shear bond strength of resin cements to both ceramic and dentin. *J Prosthet Dent* 2002;88(3):277-284.
132. Peumans M, Hikita K, De Munck J, Van Landuyt K, Poitevin A, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Effects of ceramic surface treatments on the bond strength of an adhesive luting agent to CAD-CAM ceramic. *J Dent* 2007;35(4):282-288.
133. De Carvalho RF, Martins MEMN, De Queiroz JRC, Leite FPP, Özcan M. Influence of silane heat treatment on bond strength of resin cement to a feldspathic ceramic. *Dent Mater J* 2011;30(3):392-7.

134. Patel RKV, Agarwal A, Kalavathy N. The effect of surface conditioning methods on shear bond strength of resin luting cement to all ceramic coping material. An in-vitro study. *Int J Prosthet Dent* 2011;3(1):1-10.
135. Pollington S, Fabianelli A, van Noort R. Microtensile bond strength of a resin cement to a novel fluorcanasite glass-ceramic following different surface treatments. *Dent Mater* 2010;26(9):864-872.
136. Guarda GB, Correr AB, Gonçalves LS, Costa AR, Borges GA, Sinhoreti MAC, Correr-Sobrinho L. Effects of surface treatments, thermocycling and cyclic loading on the bond strength of a resin cement bonded to a lithium disilicate glass ceramic. *Operative Dentistry* 2013;38(2):208-17.
137. Panah FG, Rezai SMM, Ahmadian L. The influence of ceramic surface treatments on the micro-shear bond strength of composite resin to IPS Empress 2. *J Prosthodont*. 2008;17(5):409-14.
138. Filho AM, Vieira LCC, de Araújo É, Júnior SM. Effect of different ceramic surface treatments on resin microtensile bond strength. *J Prosthodont* 2004;13(1):28-35.
139. Ikemura K, Tanaka H, Fujii T, Deguchi M, Endo T, Kadoma Y. Development of a new single-bottle multi-purpose primer for bonding to dental porcelain, alumina, zirconia and dental gold alloy. *Dent Mater J* 2011;30(4):478-484.
140. Van Landuyt KL, Snauwaert J, De Munck J, Peumans M, Yoshida Y, Poitevin A, Coutinho E, Suzuki K, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. *Biomaterials* 2007;28:3757-85.
141. Peutzfeldt A. Resin composites in dentistry: the monomer systems. *Eur J Oral Sci* 1997;105(2):97-116.
142. Ikemura K, Tanaka H, Fujii T, Deguchi M, Negoro N, Endo T, Kadoma Y. Design of a new, multi-purpose, light-curing adhesive comprising a silane coupling agent, acidic adhesive monomers and dithiooctanoate monomers for bonding to varied metal and dental ceramic materials. *Dent Mater* 2011;30(4):493-500.
143. Yesil ZD. Microtensile bond strength testing of resin cements. *International J of Adhesion and Adhesives* 2009;29(4):352-355.
144. Passos SP, Valandro LF, Amaral R, Özcan M, Bottino MA, Kimpara ET. Does adhesive resin application contribute to resin bond durability on etched and silanized feldspathic ceramic? *J Adhes Dent* 2008;10:455-60.
145. Ghassemieh E. Evaluation of sources of uncertainties in microtensile bond strength of dental adhesive system for different specimen geometries. *Dent Mater* 2007.
146. Amaral FL, Colucci V, Palma-Dibb RG, Corona SA. Assessment of in vitro methods used to promote adhesive interface degradation: a critical review. *J Esthet Restor Dent*. 2007;19:340-53.

147. Yamauti M, Hashimoto M, Sano H, Ohno H, Carvalho RM, Kaga M, et al. Degradation of resin-dentin bonds using NaOCl storage. *Dent Mater.* 2003;19:399-405.
148. Ferracane JL. Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. *Dent Mater.* 2006;22:211-22.
149. Armstrong S, Geraldeli S, Maia R, Raposo LHA, Soares CJ, Yamagawa J. Adhesion to tooth structure: A critical review of "micro" bond strength test methods. 2010;26:e50-e62.
150. Van Noort R, Noroozi S, Howard I, Cardew G. A critique of bond strength measurements. *J Dent* 1989;17:61-67.
151. Sudsangiam S, Van Noort R. Do dentin bond strength tests serve a useful purpose? *J Adhes Dent* 1999;1:57-67.
152. Van Meerbeek B, Peumans M, Poitevin A, Mine A, Van Ende A, Neves A, De Munck J. Relationship between bond-strength tests and clinical outcomes. *Dent Mater* 2010;26(2):e100-e121.
153. Della Bona A, Van Noort R. Shear vs tensile bond strength of resin composite bonded to ceramic. *J Dent Res* 1995;74:1591-6.
154. Sano H, Shono T, Sonoda H, Takatsu T, Ciucchi B, Carvalho R, Pashley DH. Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength-evaluation of a micro-tensile bond test. *Dent Mater* 1994;10:236-240.
155. Abreu CW, Santos JFF, Passos SP, Michida SMA, Takahashi FE, Bottino MA. The influence of cutting speed and cutting initiation location in specimen preparation for the microtensile bond strength test. *J Adhes Dent* 2011;13:221-226.
156. Shono Y, Ogawa T, Terashita M, Carvalho RM, Pashley EL, Pashley DH. Regional measurement of resin-dentin bonding as an array. *J Dent Res* 1999;78:699-705.
157. Poitevin A, De Munck J, Van Landuyt K, Coutinho E, Peumans M, Lambrechts P. Critical analysis of the influence of different parameters on the microtensile bond strength of adhesives to dentin. *J Adhes Dent* 2008;10:7-16.
158. Bouillaguet S, Ciucchi B, Jacoby T, Wataha JC, Pashley D. Bonding characteristics to dentin walls of Class II cavities, in vitro. *Dent Mater* 2001;17:316-21.
159. Phrukkanon S, Burrow MF, Tyas M. Effect of crosssectional surface area on bond strengths between resin and dentin. *Dent Mater* 1998;14:120-8.
160. Soares CJ, Soares PV, Pereira JC, Fonseca RB. Surface treatment protocols in the cementation process of ceramic and laboratory-processed composite restorations: a literature review. *J Esthet Restor Dent* 2005;17:224-35.
161. Pashley DH, Sano H, Ciucchi B, Yoshihama M, Carvalho R. Adhesion testing of dentin bonding agents: A review. *Dent Mater* 1995;11:117-125.



162. Andrade AM, Garcia E, Moura SK, Reis A, Loguercio A, Silva LM, Pimentel GHD, Grande RHM. Do the microshear test variables affect the bond strength values? *Int J Dent*. 2012;ID618960.
163. Mc Laren EA, Terry DA. CAD/CAM systems, materials, and clinical guidelines for all-ceramic crowns and fixed partial dentures. *Compend Contin Educ Dent* 2002;23:637-646.
164. Salvio LA, Correr-Sobrinho L, Consani S, Sinhoreti MAC, de Goes MF, Knowles JC. Effect of water storage and surface treatments on the tensile bond strength of IPS Empress 2 ceramic. *J Prosthodont* 2007;16:192-9,
165. Spohr AM, Sobrinho LC, Consani S, Sinhoreti MAC, Knowles JC. Influence of surface conditions and silane agent on the bond of resin to IPS Empress 2 Ceramic. *Int J Prosthodont* 2003;16:277-82).
166. Stewart GP, Jain P, Hodges J. Shear bond strength of resin cements to both ceramic and dentin. *J Prosthet Dent* 2002;88:277-84.
167. Oyagüe RC, Monticelli F, Toledano M, Osorio E, Ferrari M, Osorio R. Effect of water aging on microtensile bond strength of dual-cured resin cements to pre-treated sintered zirconium-oxide ceramics. *Dent Mater* 2009;25:392-9.
168. Peumans M, Hikita K, De Munck J, Van Landuyt K, Poitevin A, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Effects of ceramic surface treatments on the bond strength of an adhesive luting agent to CAD-CAM ceramic. *J Dent* 2007;35(4):282-288.
169. Perdigro J. Dentin bonding—variables related to the clinical situation and the substrate treatment. *Dent Mater* 2010;26:e24-37.
170. Lawrence H, Mair LH, Pavinee Padipatvuthikul P. Variables related to materials and preparing for bond strength testing irrespective of the test protocol. *Dent Mater* 2010;26:e17-23.
171. Eckert GJ, Platt JA. A statistical evaluation of microtensile bond strength methodology for dental adhesives. *Dent Mater* 2007;23:385-91.
172. Sano H, Kanemura N, Burrow MF, Inai N, Yamada T, Tagami J. Effect of operator variability on dentin adhesion: students vs. dentists. *Dent Mater J* 1998;17:51-8.
173. Passos SP, Valandro LF, Amaral R, Özcan M, Bottino MA, Kimpara ET. Does adhesive resin application contribute to resin bond durability on etched and silanized feldspathic ceramic? *J Adhes Dent* 2008;10:455-60.
174. Phrukkanon S, Burrow MF, Tyas MJ. The influence of cross-sectional shape and surface area on the microtensile bond test. *Dent Mater* 1998;14:212-221.
175. Roeder L, Pereira PNR, Yamamoto T, Ilie N, Armstrong S, Ferracane J. Spotlight on bond strength testing – Unraveling the complexities. *Dent Mater* 2011;27(12):1197-1203.
176. Goracci C. A study into the laboratory techniques for interfacial strength testing of dental materials. PhD Thesis. 2004, School of dental medicine, University of Siena, Siena.

177. Nikolaenko SA, Lohbauer U, Roggendorf M, Petschelt A, Dasch W, Frankenberger R. Influence of C-factor and layering technique on microtensile bond strength to dentin. *J Adhes Dent* 2004; 20: 579-585.
178. Kansu G, Gökdeniz B. Effects of different surface treatment methods on the bond strengths of resin cements to full-ceramic systems. *J Dental Sci* 2011;6:134-9.
179. Lee JY, Im EB. A shear bond strength of resin cements bonded to pressable porcelain with various surface treatments. *J Korean Acad Prosthodont* 2003;41(3):379-86.
180. Saygili G, Sahmali S. Effect of ceramic surface treatment on the shear bond strengths of two resin luting agents to all-ceramic materials. *J Oral Rehabil* 2003;30:758-64.
181. Pisani-Proenca J, Erhardt MCG, Valandro LF, Gutierrez-Aceves G, Bolanos-Carmona MV, Del Castillo-Salmeron R, Bottino MA. Influence of ceramic surface conditioning and resin cements on microtensile bond strength to a glass ceramic. *J Prosthet Dent* 2006;96(6):412-417.
182. Kiyan VH, Saraceni CHC, Silveira BL, Aranha ACC, Eduardo CP. The influence of internal surface treatments on tensile bond strength for two ceramic systems. *Oper Dent* 2007;32(5):457-65.
183. Varpavaara P, Heikinheimo T, Carneiro LC, Lassila L. Effect of surface treatment on bond strengths with Lava Ultimate. *IADR 2012 Abstr.* No 125.
184. Sun BJ, Shang WH, Jin Q, Xu QW, Wu PY. Combinatorial investigation of structure-properties relationships and microcosmic curing mechanism of dental adhesives functional monomers. *Vibrational Spectroscopy* 2009;51:93-99

## 9. ДОДАТОК

### Прилог: табели со поединечните вредности на јачината на врзување (МПа)

Табела 1. Поединечни вредности, средни вредности на јачината на врзување (МПа), стандардна девијација, стандардна грешка помеѓу Vitablocks Mark II и Clearfil Esthetic Cement по 7-дневно складирање во водена бања

|    | SC/C | SC/HF | SC/S  | SC/HFS | SB/C | SB/HF | SB/S  | SB/HFS | CJ/C | CJ/HF | CJ/S  | CJ/HFS |
|----|------|-------|-------|--------|------|-------|-------|--------|------|-------|-------|--------|
| 1  | 0.00 | 25.11 | 45.82 | 75.33  | 0.00 | 39.07 | 45.52 | 55.27  | 0.00 | 19.89 | 30.19 | 31.83  |
| 2  | 0.00 | 24.43 | 26.37 | 48.38  | 0.00 | 30.90 | 50.82 | 39.66  | 0.00 | 23.12 | 40.09 | 44.79  |
| 3  | 9.30 | 28.84 | 59.23 | 52.66  | 0.00 | 10.85 | 48.26 | 44.14  | 0.00 | 31.50 | 34.72 | 36.59  |
| 4  | 0.00 | 29.12 | 61.74 | 66.49  | 0.00 | 18.66 | 39.79 | 40.05  | 0.00 | 23.60 | 24.78 | 43.47  |
| 5  | 0.00 | 27.96 | 33.44 | 42.96  | 0.00 | 29.30 | 38.22 | 42.77  | 0.00 | 27.19 | 45.81 | 22.28  |
| 6  | 0.00 | 26.77 | 43.24 | 45.89  | 0.00 | 12.56 | 44.15 | 34.38  | 0.00 | 19.63 | 42.43 | 21.61  |
| 7  | 0.00 | 34.82 | 42.68 | 36.25  | 2.33 | 11.19 | 45.39 | 30.94  | 1.09 | 31.45 | 39.16 | 27.34  |
| 8  | 0.00 | 28.42 | 52.92 | 33.66  | 0.00 | 26.94 | 48.45 | 32.00  | 0.00 | 31.18 | 46.56 | 22.86  |
| X  | 1.16 | 28.19 | 45.68 | 50.20  | 0.29 | 22.43 | 45.07 | 39.90  | 0.14 | 25.91 | 37.97 | 31.35  |
| SD | 3.29 | 3.18  | 12.14 | 14.37  | 0.82 | 10.61 | 4.32  | 7.89   | 0.38 | 5.11  | 7.62  | 9.41   |
| SE | 1.16 | 1.13  | 4.29  | 6.08   | 0.29 | 3.75  | 1.53  | 2.79   | 0.14 | 1.81  | 2.69  | 3.33   |

Табела 2. Поединечни вредности, средни вредности на јачината на врзување (МПа), стандардна девијација, стандардна грешка помеѓу IPS Empress CAD и Clearfil Esthetic Cement по 7-дневно складирање во водена бања

|    | SC/C  | SC/HF | SC/S  | SC/HFS | SB/C | SB/HF | SB/S  | SB/HFS | CJ/C | CJ/HF | CJ/S  | CJ/HFS |
|----|-------|-------|-------|--------|------|-------|-------|--------|------|-------|-------|--------|
| 1  | 0     | 20.34 | 5.45  | 34.27  | 0    | 24.91 | 54.97 | 85.51  | 0    | 26.87 | 50.80 | 33.60  |
| 2  | 0     | 26.90 | 21.43 | 31.41  | 2.60 | 38.87 | 53.24 | 58.84  | 0    | 23.07 | 50.34 | 65.46  |
| 3  | 0     | 29.78 | 32.33 | 33.16  | 0    | 30.86 | 60.04 | 66.28  | 0    | 18.91 | 47.89 | 35.84  |
| 4  | 0     | 24.75 | 33.81 | 39.41  | 0    | 24.17 | 48.10 | 43.68  | 0    | 26.75 | 43.65 | 46.00  |
| 5  | 18.16 | 27.84 | 34.42 | 39.89  | 0    | 32.30 | 55.50 | 29.39  | 0    | 17.04 | 34.17 | 31.75  |
| 6  | 4.50  | 25.36 | 49.09 | 39.58  | 0    | 37.33 | 56.99 | 29.19  | 0    | 29.46 | 50.12 | 30.59  |
| 7  | 0     | 22.90 | 40.68 | 59.78  | 0    | 26.71 | 54.55 | 43.32  | 0    | 9.16  | 44.22 | 74.92  |
| 8  | 0     | 16.04 | 0     | 33.93  | 0    | 30.40 | 69.01 | 39.24  | 0    | 20.07 | 41.45 | 39.21  |
| X  | 2.83  | 24.24 | 27.15 | 38.93  | 0.32 | 30.69 | 56.55 | 49.43  | 0.0  | 21.42 | 45.30 | 44.67  |
| SD | 6.39  | 4.42  | 17.02 | 9.05   | 0.92 | 5.42  | 6.06  | 19.49  | 0    | 6.58  | 5.70  | 16.67  |
| SE | 2.26  | 1.56  | 6.02  | 3.20   | 0.32 | 1.92  | 2.14  | 6.89   | 0.00 | 2.33  | 2.01  | 5.89   |

Табела 3. Поединечни вредности, средни вредности на јачината на врзување (МПа), стандардна девијација, стандардна грешка помеѓу IPS e.max CAD и Clearfil Esthetic Cement по 7-дневно складирање во водена бања

|    | SC/C | SC/HF | SC/S  | SC/HFS | SB/C | SB/HF | SB/S  | SB/HFS | CJ/C  | CJ/HF | CJ/S  | CJ/HFS |
|----|------|-------|-------|--------|------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|
| 1  | 0.00 | 27.11 | 0.00  | 54.68  | 0.00 | 55.20 | 35.85 | 83.86  | 13.20 | 32.48 | 48.78 | 69.53  |
| 2  | 0.00 | 19.66 | 12.64 | 64.84  | 1.34 | 38.77 | 10.78 | 59.48  | 11.44 | 46.47 | 45.39 | 83.29  |
| 3  | 0.00 | 27.69 | 13.16 | 78.31  | 0.00 | 33.02 | 65.86 | 92.63  | 0.00  | 45.60 | 66.62 | 90.19  |
| 4  | 0.00 | 43.40 | 25.64 | 39.78  | 0.00 | 3.34  | 67.96 | 91.19  | 0.00  | 40.49 | 39.97 | 67.80  |
| 5  | 0.00 | 22.25 | 2.63  | 54.31  | 0.00 | 9.23  | 55.17 | 31.80  | 0.00  | 46.59 | 33.88 | 70.48  |
| 6  | 0.00 | 40.79 | 0.00  | 44.06  | 0.00 | 40.95 | 20.67 | 22.86  | 18.84 | 42.47 | 56.74 | 57.72  |
| 7  | 0.00 | 21.03 | 21.74 | 66.76  | 0.00 | 44.58 | 40.48 | 33.98  | 21.65 | 33.79 | 44.64 | 77.62  |
| 8  | 0.00 | 40.27 | 15.88 | 43.41  | 0.00 | 31.73 | 35.56 | 88.37  | 33.79 | 15.39 | 25.61 | 71.40  |
| X  | 0.00 | 30.28 | 11.46 | 55.77  | 0.17 | 32.10 | 41.54 | 63.02  | 12.37 | 37.91 | 45.20 | 73.50  |
| SD | 0.00 | 9.73  | 9.79  | 13.42  | 0.48 | 17.58 | 20.44 | 29.74  | 12.23 | 10.62 | 12.79 | 10.01  |
| SE | 0.00 | 3.44  | 3.46  | 4.74   | 0.17 | 6.22  | 7.23  | 10.51  | 4.32  | 3.75  | 4.52  | 3.54   |



Табела 4. Поединечни вредности, средни вредности на јачината на врзување (MPa), стандардна девијација, стандардна грешка помеѓу Vita Enamic и Clearfil Esthetic Cement по 7-дневно складирање во водена бања

|    | SC/C  | SC/HF | SC/S  | SC/HFS | SB/C  | SB/HF | SB/S  | SB/HFS | CJ/C  | CJ/HF | CJ/S  | CJ/HFS |
|----|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|
| 1  | 30.65 | 32.53 | 55.39 | 46.84  | 27.18 | 32.58 | 41.59 | 66.65  | 27.18 | 34.14 | 47.28 | 58.40  |
| 2  | 13.97 | 38.28 | 58.71 | 73.18  | 18.05 | 36.16 | 46.27 | 39.81  | 18.05 | 32.60 | 60.45 | 65.61  |
| 3  | 12.68 | 34.93 | 44.88 | 45.13  | 32.26 | 32.45 | 60.66 | 45.45  | 32.26 | 31.28 | 40.68 | 60.25  |
| 4  | 10.47 | 31.36 | 55.19 | 38.54  | 26.72 | 33.28 | 37.19 | 49.38  | 26.72 | 29.03 | 48.11 | 57.32  |
| 5  | 16.36 | 28.88 | 47.81 | 46.54  | 22.57 | 30.19 | 40.64 | 48.76  | 22.57 | 38.95 | 46.23 | 59.21  |
| 6  | 17.97 | 41.02 | 42.36 | 70.29  | 30.46 | 39.62 | 46.94 | 60.01  | 30.46 | 35.41 | 42.42 | 54.46  |
| 7  | 17.66 | 32.67 | 59.82 | 52.16  | 34.05 | 66.41 | 63.06 | 59.00  | 34.05 | 29.40 | 44.30 | 55.49  |
| 8  | 22.49 | 27.64 | 57.29 | 55.42  | 32.09 | 62.71 | 57.83 | 54.43  | 32.09 | 34.32 | 53.31 | 51.43  |
| X  | 17.78 | 33.41 | 52.41 | 53.51  | 29.40 | 41.67 | 49.27 | 52.94  | 27.92 | 33.14 | 47.85 | 57.77  |
| SD | 6.37  | 4.52  | 6.49  | 12.31  | 9.94  | 14.44 | 9.91  | 8.75   | 5.45  | 3.29  | 6.38  | 4.25   |
| SE | 2.25  | 1.80  | 2.29  | 4.35   | 3.51  | 5.10  | 3.50  | 3.09   | 1.93  | 1.16  | 2.26  | 1.50   |

Табела 5. Поединечни вредности, средни вредности на јачината на врзување (MPa), стандардна девијација, стандардна грешка помеѓу Lava Ultimate CAD/CAM Restorative и Clearfil Esthetic Cement по 7-дневно складирање во водена бања

|    | SC/C  | SC/HF | SC/S  | SC/HFS | SB/C  | SB/HF | SB/S  | SB/HFS | CJ/C  | CJ/HF | CJ/S  | CJ/HFS |
|----|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|
| 1  | 0.00  | 48.39 | 28.54 | 36.25  | 24.64 | 44.58 | 38.52 | 51.84  | 53.47 | 78.60 | 78.61 | 71.52  |
| 2  | 0.00  | 54.46 | 31.97 | 35.81  | 38.71 | 56.00 | 39.45 | 65.05  | 53.91 | 67.62 | 67.46 | 59.13  |
| 3  | 0.00  | 58.47 | 37.70 | 48.87  | 33.82 | 59.54 | 64.62 | 57.19  | 49.10 | 44.20 | 57.91 | 56.71  |
| 4  | 0.00  | 57.35 | 36.42 | 65.69  | 37.52 | 45.32 | 29.80 | 58.35  | 23.27 | 57.17 | 46.68 | 73.23  |
| 5  | 16.83 | 41.44 | 33.36 | 36.38  | 35.63 | 57.79 | 27.90 | 50.30  | 41.58 | 67.89 | 42.26 | 64.12  |
| 6  | 0.00  | 57.81 | 45.76 | 37.44  | 26.67 | 69.95 | 59.24 | 52.59  | 41.41 | 55.17 | 67.61 | 49.91  |
| 7  | 0.00  | 47.41 | 37.72 | 35.87  | 21.45 | 42.83 | 35.27 | 53.29  | 40.36 | 49.30 | 43.66 | 52.35  |
| 8  | 2.66  | 45.08 | 25.46 | 46.82  | 31.05 | 59.20 | 39.21 | 50.27  | 31.74 | 25.55 | 47.37 | 48.70  |
| X  | 2.44  | 51.30 | 34.62 | 42.89  | 31.19 | 54.40 | 41.76 | 54.86  | 41.85 | 55.44 | 55.19 | 59.46  |
| SD | 5.89  | 6.55  | 6.28  | 10.60  | 6.34  | 9.40  | 13.23 | 5.07   | 10.58 | 16.09 | 12.81 | 9.43   |
| SE | 2.08  | 2.31  | 2.22  | 3.75   | 2.24  | 3.32  | 4.68  | 1.79   | 3.74  | 5.69  | 4.53  | 3.33   |

Табела 6. Поединечни вредности, средни вредности на јачината на врзување (MPa), стандардна девијација, стандардна грешка помеѓу Celtra Duo и Clearfil Esthetic Cement по 7-дневно складирање во водена бања

|    | SC/C | SC/HF | SC/S | SC/HFS | SB/C | SB/HF | SB/S  | SB/HFS | CJ/C | CJ/HF | CJ/S  | CJ/HFS |
|----|------|-------|------|--------|------|-------|-------|--------|------|-------|-------|--------|
| 1  | 0.00 | 46.36 | 0.00 | 69.95  | 0.00 | 63.84 | 11.57 | 72.21  | 0.00 | 56.54 | 12.36 | 35.16  |
| 2  | 0.00 | 50.55 | 0.00 | 33.62  | 0.00 | 72.49 | 37.05 | 35.02  | 0.00 | 24.61 | 15.83 | 31.55  |
| 3  | 0.00 | 70.46 | 0.00 | 65.99  | 0.00 | 50.45 | 26.39 | 42.83  | 0.00 | 56.37 | 31.85 | 47.92  |
| 4  | 0.00 | 43.80 | 0.00 | 55.13  | 0.00 | 74.76 | 33.29 | 64.54  | 0.00 | 53.60 | 11.03 | 19.93  |
| 5  | 0.00 | 51.12 | 0.00 | 43.54  | 0.00 | 57.39 | 29.78 | 75.07  | 0.00 | 41.63 | 11.43 | 46.68  |
| 6  | 0.00 | 58.69 | 0.00 | 31.07  | 0.00 | 61.33 | 23.38 | 80.94  | 0.00 | 26.90 | 23.86 | 44.03  |
| 7  | 0.00 | 62.92 | 0.00 | 63.38  | 0.00 | 60.78 | 43.31 | 50.39  | 0.00 | 49.82 | 14.72 | 44.84  |
| 8  | 0.00 | 53.30 | 0.00 | 53.19  | 0.00 | 55.27 | 55.00 | 41.61  | 0.00 | 41.42 | 24.55 | 74.13  |
| X  | 0.00 | 54.65 | 0.00 | 51.98  | 0.00 | 62.04 | 32.47 | 56.58  | 0.00 | 43.86 | 18.20 | 43.03  |
| SD | 0.00 | 8.88  | 0.00 | 14.67  | 0.00 | 8.26  | 13.15 | 17.32  | 0.00 | 12.63 | 7.63  | 15.75  |
| SE | 0.00 | 3.14  | 0.00 | 5.19   | 0.00 | 2.92  | 4.65  | 6.12   | 0.00 | 4.47  | 2.70  | 5.57   |

Табела 7. Поединечни вредности, средни вредности на јачината на врзување (MPa), стандардна девијација, стандардна грешка помеѓу Vitablocks Mark II и Panavia Self Adhesive Cement по 7-дневно складирање во водена бања

|    | SC/C | SC/HF | SC/S  | SC/HFS | SB/C | SB/HF | SB/S  | SB/HFS | CJ/C  | CJ/HF | CJ/S  | CJ/HFS |
|----|------|-------|-------|--------|------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|
| 1  | 0.00 | 32.31 | 50.88 | 26.33  | 0.00 | 34.44 | 24.38 | 41.04  | 10.78 | 33.25 | 47.34 | 36.89  |
| 2  | 1.04 | 38.53 | 40.94 | 37.47  | 0.00 | 12.74 | 42.89 | 35.82  | 14.45 | 31.48 | 42.01 | 42.06  |
| 3  | 0.00 | 32.70 | 36.95 | 41.57  | 0.00 | 18.03 | 29.09 | 16.01  | 15.21 | 32.15 | 39.43 | 42.38  |
| 4  | 0.00 | 33.23 | 40.10 | 17.19  | 0.00 | 26.85 | 31.85 | 31.60  | 3.20  | 31.20 | 47.04 | 35.87  |
| 5  | 0.00 | 34.60 | 41.76 | 18.26  | 0.00 | 33.65 | 14.52 | 27.15  | 8.61  | 25.32 | 26.89 | 25.34  |
| 6  | 0.00 | 33.10 | 34.64 | 37.36  | 0.00 | 34.07 | 22.64 | 24.73  | 1.35  | 12.81 | 38.19 | 20.66  |
| 7  | 1.09 | 31.01 | 45.00 | 12.74  | 0.00 | 24.28 | 33.01 | 19.41  | 0.30  | 24.89 | 47.32 | 43.19  |
| 8  | 0.00 | 32.30 | 29.58 | 22.44  | 0.00 | 22.98 | 36.58 | 21.00  | 2.79  | 20.66 | 44.27 | 36.67  |
| X  | 0.27 | 33.22 | 39.96 | 26.67  | 0.00 | 25.85 | 29.35 | 28.97  | 7.09  | 26.47 | 41.56 | 35.38  |
| SD | 0.49 | 1.68  | 6.43  | 10.86  | 0.00 | 7.99  | 8.78  | 8.77   | 5.96  | 7.07  | 6.92  | 8.25   |
| SE | 0.17 | 0.59  | 2.27  | 3.84   | 0.00 | 2.82  | 3.10  | 3.10   | 2.11  | 2.50  | 2.45  | 2.92   |

Табела 8. Поединечни вредности, средни вредности на јачината на врзување (MPa), стандардна девијација, стандардна грешка помеѓу IPS Empress CAD и Panavia Self Adhesive Cement по 7-дневно складирање во водена бања

|    | SC/C | SC/HF | SC/S  | SC/HFS | SB/C | SB/HF | SB/S  | SB/HFS | CJ/C  | CJ/HF | CJ/S  | CJ/HFS |
|----|------|-------|-------|--------|------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|
| 1  | 0.00 | 24.27 | 52.38 | 36.71  | 7.57 | 23.10 | 37.11 | 42.15  | 2.64  | 23.73 | 35.73 | 38.22  |
| 2  | 0.00 | 22.23 | 40.86 | 38.61  | 0.00 | 26.68 | 51.95 | 20.62  | 2.91  | 26.89 | 30.35 | 34.60  |
| 3  | 0.00 | 38.07 | 57.80 | 33.89  | 0.00 | 30.52 | 43.80 | 39.23  | 6.60  | 31.01 | 32.15 | 34.16  |
| 4  | 0.00 | 17.55 | 52.07 | 30.74  | 3.10 | 33.04 | 53.18 | 25.07  | 0.00  | 21.17 | 36.60 | 24.23  |
| 5  | 0.00 | 11.79 | 53.53 | 27.99  | 5.02 | 32.38 | 44.54 | 30.13  | 0.00  | 18.37 | 46.39 | 33.61  |
| 6  | 0.00 | 20.04 | 53.96 | 34.84  | 0.00 | 37.69 | 59.39 | 50.69  | 0.00  | 33.10 | 50.10 | 23.60  |
| 7  | 0.00 | 31.00 | 48.65 | 40.02  | 0.00 | 35.96 | 36.25 | 18.52  | 0.00  | 26.39 | 33.00 | 34.34  |
| 8  | 0.00 | 22.33 | 40.12 | 31.53  | 0.00 | 27.67 | 60.41 | 41.18  | 10.86 | 27.58 | 25.94 | 31.40  |
| X  | 0.00 | 23.41 | 49.92 | 34.29  | 1.96 | 30.88 | 48.33 | 33.45  | 2.88  | 26.03 | 36.28 | 31.77  |
| SD | 0.00 | 8.08  | 6.35  | 4.10   | 2.96 | 4.89  | 9.35  | 11.56  | 3.98  | 4.86  | 8.14  | 5.20   |
| SE | 0.00 | 2.86  | 2.24  | 1.45   | 1.05 | 1.73  | 3.30  | 4.09   | 1.41  | 1.72  | 2.88  | 1.84   |

Табела 9. Поединечни вредности, средни вредности на јачината на врзување (MPa), стандардна девијација, стандардна грешка помеѓу IPS e.max CAD и Panavia Self Adhesive Cement по 7-дневно складирање во водена бања

|    | SC/C | SC/HF | SC/S  | SC/HFS | SB/C | SB/HF | SB/S  | SB/HFS | CJ/C | CJ/HF | CJ/S  | CJ/HFS |
|----|------|-------|-------|--------|------|-------|-------|--------|------|-------|-------|--------|
| 1  | 0.00 | 9.11  | 16.51 | 50.35  | 0.00 | 19.57 | 17.52 | 35.32  | 0.00 | 33.14 | 9.66  | 50.24  |
| 2  | 0.00 | 23.29 | 20.46 | 62.19  | 0.00 | 31.12 | 18.92 | 45.60  | 0.00 | 40.17 | 7.13  | 53.87  |
| 3  | 0.00 | 20.97 | 0.00  | 34.89  | 0.00 | 13.48 | 3.64  | 51.86  | 0.00 | 24.52 | 17.20 | 56.65  |
| 4  | 0.00 | 40.47 | 5.00  | 66.41  | 0.00 | 27.66 | 11.82 | 31.09  | 1.35 | 20.65 | 8.24  | 31.97  |
| 5  | 0.00 | 21.85 | 7.37  | 46.75  | 0.00 | 12.29 | 9.51  | 46.01  | 0.00 | 42.74 | 34.40 | 32.29  |
| 6  | 0.00 | 27.65 | 0.00  | 45.73  | 0.00 | 7.16  | 8.19  | 39.17  | 0.00 | 50.48 | 19.39 | 28.37  |
| 7  | 0.00 | 17.02 | 16.42 | 34.99  | 0.00 | 18.56 | 1.97  | 26.73  | 0.00 | 53.88 | 18.44 | 40.52  |
| 8  | 0.00 | 5.70  | 8.76  | 71.85  | 0.00 | 11.63 | 8.28  | 25.69  | 0.00 | 24.47 | 18.17 | 25.44  |
| X  | 0.00 | 20.76 | 9.31  | 51.65  | 0.00 | 17.68 | 9.98  | 37.68  | 0.17 | 36.26 | 16.58 | 39.92  |
| SD | 0.00 | 10.82 | 7.77  | 13.92  | 0.00 | 8.27  | 5.99  | 9.62   | 0.48 | 12.54 | 8.77  | 12.22  |
| SE | 0.00 | 3.83  | 2.75  | 4.92   | 0.00 | 2.92  | 2.12  | 3.40   | 0.17 | 4.43  | 3.10  | 4.32   |

Табела 10. Поединечни вредности, средни вредности на јачината на врзување (MPa), стандардна девијација, стандардна грешка помеѓу Vita Enamic и Panavia Self Adhesive Cement по 7-дневно складирање во водена бања

|    | SC/C  | SC/HF | SC/S  | SC/HFS | SB/C  | SB/HF | SB/S  | SB/HFS | CJ/C  | CJ/HF | CJ/S  | CJ/HFS |
|----|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|
| 1  | 15.98 | 32.88 | 40.64 | 45.45  | 22.52 | 31.75 | 55.82 | 47.28  | 20.75 | 22.36 | 30.01 | 57.15  |
| 2  | 16.16 | 17.28 | 43.71 | 44.49  | 23.36 | 32.19 | 45.02 | 51.52  | 39.18 | 34.60 | 56.91 | 55.70  |
| 3  | 15.63 | 28.17 | 47.31 | 37.95  | 23.09 | 26.97 | 49.60 | 37.96  | 24.13 | 24.53 | 59.74 | 46.13  |
| 4  | 8.53  | 20.28 | 51.80 | 35.29  | 20.55 | 31.43 | 50.08 | 39.93  | 24.24 | 26.49 | 61.31 | 61.87  |
| 5  | 14.96 | 25.34 | 57.83 | 50.86  | 24.07 | 25.34 | 48.31 | 45.45  | 21.57 | 30.89 | 28.12 | 38.59  |
| 6  | 9.95  | 31.48 | 46.63 | 51.29  | 17.54 | 31.68 | 49.96 | 42.36  | 16.41 | 20.19 | 24.22 | 34.72  |
| 7  | 24.07 | 27.88 | 36.38 | 48.03  | 29.23 | 36.39 | 51.13 | 47.57  | 27.72 | 34.54 | 48.72 | 47.79  |
| 8  | 18.55 | 28.64 | 38.13 | 40.09  | 21.11 | 42.32 | 35.83 | 41.21  | 24.98 | 28.58 | 47.75 | 51.25  |
| X  | 15.48 | 26.49 | 45.30 | 44.18  | 22.68 | 32.51 | 48.22 | 44.16  | 24.87 | 27.77 | 44.35 | 49.15  |
| SD | 4.83  | 5.34  | 7.17  | 5.93   | 3.36  | 5.04  | 5.84  | 4.56   | 6.69  | 5.37  | 15.38 | 9.29   |
| SE | 1.71  | 1.89  | 2.54  | 2.10   | 1.19  | 1.78  | 2.06  | 1.61   | 2.36  | 1.90  | 5.44  | 3.28   |

Табела 11. Поединечни вредности, средни вредности на јачината на врзување (MPa), стандардна девијација, стандардна грешка помеѓу Lava Ultimate CAD/CAM Restorative и Panavia Self Adhesive Cement по 7-дневно складирање во водена бања

|    | SC/C  | SC/HF | SC/S  | SC/HFS | SB/C  | SB/HF | SB/S  | SB/HFS | CJ/C  | CJ/HF | CJ/S  | CJ/HFS |
|----|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|
| 1  | 27.85 | 48.30 | 37.02 | 45.40  | 53.75 | 66.69 | 49.51 | 56.40  | 51.91 | 35.69 | 22.71 | 48.20  |
| 2  | 13.49 | 68.37 | 41.61 | 46.22  | 68.05 | 56.94 | 54.90 | 65.85  | 27.10 | 52.55 | 51.26 | 36.04  |
| 3  | 23.75 | 46.43 | 32.07 | 38.50  | 57.76 | 51.66 | 65.91 | 80.82  | 28.98 | 44.13 | 28.67 | 64.48  |
| 4  | 5.38  | 67.30 | 33.21 | 59.43  | 63.32 | 51.89 | 74.57 | 65.94  | 45.35 | 34.74 | 33.18 | 47.06  |
| 5  | 13.29 | 53.08 | 42.80 | 64.23  | 64.17 | 70.55 | 56.78 | 56.05  | 40.14 | 61.63 | 67.27 | 51.71  |
| 6  | 23.94 | 50.90 | 54.85 | 50.20  | 76.95 | 67.09 | 56.56 | 58.19  | 34.15 | 63.63 | 58.60 | 30.80  |
| 7  | 1.27  | 45.44 | 35.70 | 47.81  | 71.39 | 67.44 | 48.07 | 56.50  | 46.05 | 52.43 | 39.09 | 47.85  |
| 8  | 7.16  | 50.77 | 24.25 | 46.50  | 58.17 | 67.95 | 61.18 | 59.43  | 32.64 | 43.32 | 35.59 | 48.00  |
| X  | 14.52 | 53.82 | 37.69 | 49.79  | 64.19 | 62.52 | 58.44 | 62.40  | 38.29 | 48.52 | 42.05 | 46.77  |
| SD | 9.76  | 9.00  | 9.04  | 8.24   | 7.72  | 7.73  | 8.70  | 8.46   | 8.95  | 10.91 | 15.48 | 10.09  |
| SE | 3.45  | 3.18  | 3.20  | 2.91   | 2.73  | 2.73  | 3.08  | 2.99   | 3.16  | 3.86  | 5.47  | 3.57   |

Табела 12. Поединечни вредности, средни вредности на јачината на врзување (MPa), стандардна девијација, стандардна грешка помеѓу Celtra Duo и Panavia Self Adhesive Cement по 7-дневно складирање во водена бања

|    | SC/C | SC/HF | SC/S | SC/HFS | SB/C | SB/HF | SB/S  | SB/HFS | CJ/C  | CJ/HF | CJ/S  | CJ/HFS |
|----|------|-------|------|--------|------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|
| 1  | 0.00 | 22.01 | 0.00 | 24.54  | 0.00 | 0.43  | 0.00  | 6.23   | 4.28  | 30.04 | 10.65 | 26.97  |
| 2  | 0.00 | 20.63 | 0.00 | 23.34  | 0.00 | 68.11 | 0.00  | 43.34  | 13.84 | 36.78 | 10.46 | 37.88  |
| 3  | 0.00 | 27.53 | 0.00 | 57.91  | 0.00 | 55.46 | 0.00  | 33.05  | 12.24 | 51.91 | 0.00  | 41.79  |
| 4  | 0.00 | 20.09 | 0.00 | 55.55  | 0.00 | 25.19 | 0.00  | 3.81   | 0.00  | 45.10 | 3.88  | 42.74  |
| 5  | 0.00 | 51.93 | 0.00 | 66.05  | 0.00 | 42.56 | 8.74  | 15.67  | 0.00  | 28.32 | 8.85  | 16.24  |
| 6  | 0.00 | 49.67 | 0.00 | 44.25  | 0.00 | 19.16 | 13.44 | 18.54  | 0.00  | 42.52 | 5.81  | 55.27  |
| 7  | 0.00 | 29.30 | 0.00 | 66.40  | 0.00 | 49.82 | 1.67  | 41.38  | 0.00  | 41.47 | 4.27  | 49.02  |
| 8  | 0.00 | 53.68 | 0.00 | 54.93  | 0.00 | 37.74 | 0.36  | 35.90  | 0.00  | 22.56 | 15.26 | 40.08  |
| X  | 0.00 | 34.35 | 0.00 | 47.87  | 0.00 | 37.31 | 3.03  | 24.74  | 3.80  | 37.34 | 7.40  | 38.75  |
| SD | 0.00 | 14.80 | 0.00 | 15.91  | 0.00 | 21.71 | 5.16  | 15.66  | 5.91  | 9.78  | 4.83  | 12.26  |
| SE | 0.00 | 5.23  | 0.00 | 5.63   | 0.00 | 7.68  | 1.83  | 5.54   | 2.09  | 3.46  | 1.71  | 4.33   |

Табела 13. Поединечни вредности, средни вредности на јачината на врзување ( $\bar{x}$ , MPa), стандардна девијација (SD), стандардна грешка (SE) помеѓу Vitablocks Mark II и Clearfil Esthetic Cement по 5-месечно складирање во водена бања

|    | SC/C  | SC/HF | SC/S  | SC/HFS | SB/C | SB/HF | SB/S  | SB/HFS | CJ/C | CJ/HF | CJ/S  | CJ/HFS |
|----|-------|-------|-------|--------|------|-------|-------|--------|------|-------|-------|--------|
| 1  | 0.00  | 19.52 | 51.70 | 33.32  | 1.44 | 28.06 | 50.16 | 21.70  | 0.00 | 26.96 | 14.64 | 19.56  |
| 2  | 16.31 | 27.62 | 38.93 | 40.84  | 0.00 | 23.07 | 28.02 | 20.90  | 0.00 | 33.63 | 36.86 | 38.20  |
| 3  | 0.00  | 20.11 | 33.25 | 42.63  | 0.00 | 30.99 | 24.52 | 46.20  | 0.00 | 16.40 | 29.90 | 25.95  |
| 4  | 0.00  | 23.40 | 26.42 | 37.00  | 0.00 | 34.71 | 17.67 | 45.35  | 0.00 | 25.70 | 27.28 | 28.92  |
| 5  | 0.00  | 23.94 | 58.51 | 43.73  | 0.00 | 38.73 | 17.07 | 43.21  | 0.00 | 19.44 | 40.30 | 49.64  |
| 6  | 2.34  | 28.20 | 27.49 | 35.48  | 0.00 | 27.52 | 45.15 | 23.47  | 5.86 | 22.91 | 39.87 | 51.74  |
| 7  | 0.00  | 26.85 | 43.84 | 39.11  | 0.00 | 26.89 | 12.70 | 31.80  | 0.00 | 32.97 | 23.13 | 20.58  |
| 8  | 0.00  | 21.75 | 29.83 | 44.84  | 0.00 | 30.95 | 35.59 | 25.64  | 0.00 | 30.70 | 40.41 | 55.99  |
| X  | 2.33  | 23.92 | 38.75 | 39.62  | 0.18 | 29.87 | 28.85 | 32.28  | 0.73 | 26.09 | 31.55 | 36.32  |
| SD | 5.71  | 3.37  | 11.79 | 4.12   | 0.51 | 5.06  | 13.69 | 11.00  | 2.07 | 6.26  | 9.49  | 14.62  |
| SE | 2.02  | 1.19  | 4.17  | 1.46   | 0.18 | 1.79  | 4.84  | 3.89   | 0.73 | 2.21  | 3.35  | 5.17   |

Табела 14. Поединечни вредности, средни вредности на јачината на врзување ( $\bar{x}$ , MPa), стандардна девијација (SD), стандардна грешка (SE) помеѓу IPS Empress CAD и Clearfil Esthetic Cement по 5-месечно складирање во водена бања

|    | SC/C | SC/HF | SC/S  | SC/HFS | SB/C | SB/HF | SB/S  | SB/HFS | CJ/C | CJ/HF | CJ/S  | CJ/HFS |
|----|------|-------|-------|--------|------|-------|-------|--------|------|-------|-------|--------|
| 1  | 0.00 | 10.23 | 38.01 | 31.59  | 0.00 | 20.06 | 52.87 | 29.63  | 0.00 | 20.18 | 36.05 | 38.74  |
| 2  | 0.00 | 14.20 | 39.68 | 33.90  | 2.72 | 22.88 | 31.56 | 36.86  | 0.00 | 24.83 | 54.72 | 38.97  |
| 3  | 6.90 | 13.26 | 44.62 | 35.89  | 0.00 | 27.30 | 50.36 | 41.04  | 0.00 | 19.79 | 57.33 | 35.41  |
| 4  | 6.07 | 21.57 | 30.63 | 34.47  | 0.00 | 14.95 | 54.35 | 45.78  | 0.00 | 29.52 | 36.57 | 44.14  |
| 5  | 0.00 | 8.34  | 24.72 | 39.35  | 0.00 | 32.22 | 28.56 | 24.75  | 0.00 | 35.69 | 62.05 | 40.48  |
| 6  | 0.00 | 25.25 | 30.66 | 31.92  | 0.00 | 26.26 | 57.22 | 35.37  | 0.00 | 20.25 | 35.68 | 37.85  |
| 7  | 0.00 | 19.17 | 32.25 | 37.30  | 0.00 | 32.07 | 26.23 | 40.47  | 0.00 | 32.77 | 33.40 | 33.34  |
| 8  | 0.00 | 23.93 | 30.59 | 34.83  | 0.00 | 30.70 | 41.03 | 45.35  | 0.00 | 35.02 | 37.29 | 33.60  |
| X  | 1.62 | 16.99 | 33.90 | 34.91  | 0.34 | 25.80 | 42.77 | 37.41  | 0.00 | 27.26 | 44.14 | 37.82  |
| SD | 3.01 | 6.37  | 6.37  | 2.61   | 0.96 | 6.17  | 12.58 | 7.38   | 0.00 | 6.84  | 11.73 | 3.64   |
| SE | 1.06 | 2.25  | 2.25  | 0.92   | 0.34 | 2.18  | 4.45  | 2.61   | 0.00 | 2.42  | 4.15  | 1.29   |

Табела 15. Поединечни вредности, средни вредности на јачината на врзување ( $\bar{x}$ , MPa), стандардна девијација (SD), стандардна грешка (SE) помеѓу IPS e.max CAD и Clearfil Esthetic Cement по 5-месечно складирање во водена бања

|    | SC/C | SC/HF | SC/S | SC/HFS | SB/C | SB/HF | SB/S  | SB/HFS | CJ/C  | CJ/HF | CJ/S  | CJ/HFS |
|----|------|-------|------|--------|------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|
| 1  | 0.00 | 23.90 | 5.23 | 48.49  | 5.73 | 38.76 | 17.42 | 32.67  | 0.00  | 6.42  | 7.99  | 23.72  |
| 2  | 0.00 | 18.26 | 9.88 | 39.03  | 0.00 | 23.33 | 5.24  | 30.14  | 5.15  | 36.97 | 7.84  | 25.63  |
| 3  | 0.00 | 12.16 | 0.00 | 53.64  | 0.00 | 9.84  | 22.60 | 34.33  | 0.00  | 46.89 | 2.74  | 61.14  |
| 4  | 0.00 | 42.00 | 3.27 | 64.72  | 0.00 | 7.84  | 12.12 | 57.54  | 28.72 | 33.96 | 8.56  | 48.20  |
| 5  | 0.00 | 52.78 | 0.00 | 32.07  | 0.00 | 16.15 | 12.93 | 22.21  | 0.00  | 15.06 | 30.38 | 23.07  |
| 6  | 0.00 | 47.95 | 1.07 | 47.61  | 0.00 | 15.54 | 12.44 | 39.12  | 18.97 | 29.83 | 26.40 | 40.56  |
| 7  | 0.00 | 30.99 | 6.10 | 21.54  | 9.12 | 7.34  | 18.55 | 41.77  | 0.00  | 51.17 | 17.21 | 65.88  |
| 8  | 0.00 | 36.12 | 2.20 | 23.00  | 0.00 | 15.96 | 25.20 | 34.18  | 11.64 | 16.23 | 28.95 | 37.21  |
| X  | 0.00 | 33.02 | 3.47 | 41.26  | 1.86 | 16.84 | 15.81 | 36.50  | 8.06  | 29.54 | 16.26 | 40.68  |
| SD | 0.00 | 14.36 | 3.43 | 15.16  | 3.56 | 10.32 | 6.43  | 10.33  | 10.87 | 15.85 | 10.99 | 16.67  |
| SE | 0.00 | 5.08  | 1.21 | 5.36   | 1.26 | 3.65  | 2.27  | 3.65   | 3.84  | 5.60  | 3.89  | 5.90   |



Табела 16. Поединечни вредности, средни вредности на јачината на врзување ( $\bar{x}$ , МПа), стандардна девијација (SD), стандардна грешка (SE) помеѓу Vita Enamic и Clearfil Esthetic Cement по 5- месечно складирање во водена бања

|           | SC/C  | SC/HF | SC/S  | SC/HFS | SB/C  | SB/HF | SB/S  | SB/HFS | CJ/C  | CJ/HF | CJ/S  | CJ/HFS |
|-----------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|
| 1         | 8.68  | 33.23 | 51.28 | 48.07  | 22.12 | 21.62 | 46.27 | 39.89  | 19.96 | 26.69 | 36.58 | 45.55  |
| 2         | 6.24  | 30.48 | 54.11 | 48.63  | 22.96 | 31.71 | 54.49 | 48.23  | 19.21 | 30.19 | 42.98 | 41.14  |
| 3         | 5.03  | 35.53 | 43.45 | 44.31  | 18.23 | 31.54 | 48.11 | 41.04  | 23.30 | 33.98 | 41.71 | 40.13  |
| 4         | 10.19 | 23.23 | 39.28 | 45.69  | 19.51 | 37.08 | 53.93 | 46.74  | 14.44 | 27.47 | 45.30 | 49.12  |
| 5         | 9.25  | 25.96 | 40.58 | 66.32  | 11.34 | 21.62 | 41.07 | 53.28  | 18.27 | 30.95 | 56.35 | 47.40  |
| 6         | 12.17 | 28.53 | 40.01 | 49.63  | 28.68 | 31.95 | 40.11 | 28.21  | 22.64 | 34.35 | 50.52 | 59.46  |
| 7         | 15.18 | 37.82 | 49.97 | 35.99  | 13.79 | 47.06 | 52.12 | 37.78  | 24.98 | 24.80 | 48.98 | 44.49  |
| 8         | 12.52 | 30.18 | 58.56 | 44.43  | 11.62 | 47.88 | 47.39 | 51.55  | 21.58 | 32.11 | 56.10 | 51.48  |
| $\bar{x}$ | 9.91  | 30.62 | 47.15 | 47.88  | 18.53 | 33.81 | 47.94 | 43.31  | 20.55 | 30.07 | 47.32 | 47.35  |
| SD        | 3.36  | 4.84  | 7.31  | 8.57   | 6.08  | 9.96  | 5.45  | 8.28   | 3.32  | 3.48  | 6.98  | 6.20   |
| SE        | 1.19  | 1.71  | 2.58  | 3.03   | 2.15  | 3.52  | 1.93  | 2.93   | 1.17  | 1.23  | 2.47  | 2.19   |

Табела 17. Поединечни вредности, средни вредности на јачината на врзување ( $\bar{x}$ , МПа), стандардна девијација (SD), стандардна грешка (SE) помеѓу Lava Ultimate CAD/CAM Restorative и Clearfil Esthetic Cement по 5- месечно складирање во водена бања

|           | SC/C | SC/HF | SC/S  | SC/HFS | SB/C  | SB/HF | SB/S  | SB/HFS | CJ/C  | CJ/HF | CJ/S  | CJ/HFS |
|-----------|------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|
| 1         | 0.00 | 44.86 | 20.96 | 41.17  | 23.74 | 46.32 | 66.85 | 44.43  | 20.50 | 35.54 | 34.04 | 39.71  |
| 2         | 0.00 | 40.71 | 13.46 | 47.04  | 9.50  | 45.79 | 36.21 | 66.96  | 24.03 | 57.64 | 50.62 | 46.11  |
| 3         | 0.00 | 50.76 | 22.35 | 35.74  | 21.48 | 32.92 | 43.69 | 40.74  | 35.11 | 36.86 | 30.29 | 49.38  |
| 4         | 0.00 | 48.39 | 23.92 | 30.71  | 23.24 | 49.94 | 59.16 | 54.26  | 35.69 | 36.63 | 53.62 | 40.28  |
| 5         | 0.00 | 35.31 | 2.64  | 49.06  | 30.18 | 61.88 | 35.31 | 38.24  | 38.21 | 34.55 | 27.86 | 54.57  |
| 6         | 0.00 | 33.61 | 15.93 | 49.06  | 24.61 | 38.28 | 26.37 | 60.71  | 19.45 | 26.68 | 37.22 | 38.73  |
| 7         | 0.00 | 35.11 | 3.18  | 35.98  | 10.31 | 42.41 | 47.34 | 52.95  | 21.65 | 52.78 | 27.14 | 43.19  |
| 8         | 0.00 | 24.11 | 4.75  | 25.96  | 13.65 | 45.66 | 47.22 | 41.91  | 26.59 | 26.65 | 31.17 | 47.22  |
| $\bar{x}$ | 0.00 | 39.11 | 13.40 | 39.34  | 19.58 | 45.40 | 45.27 | 50.03  | 27.65 | 38.42 | 36.49 | 44.90  |
| SD        | 0.00 | 8.81  | 8.86  | 8.70   | 7.52  | 8.52  | 13.13 | 10.35  | 7.56  | 11.22 | 10.20 | 5.47   |
| SE        | 0.00 | 3.11  | 3.13  | 3.07   | 2.66  | 3.01  | 4.64  | 3.66   | 2.67  | 3.97  | 3.61  | 1.93   |

Табела 18. Поединечни вредности, средни вредности на јачината на врзување ( $\bar{x}$ , МПа), стандардна девијација (SD), стандардна грешка (SE) помеѓу Celtra Duo и Clearfil Esthetic Cement по 5- месечно складирање во водена бања

|           | SC/C | SC/HF | SC/S  | SC/HFS | SB/C | SB/HF | SB/S  | SB/HFS |
|-----------|------|-------|-------|--------|------|-------|-------|--------|
| 1         | 0.00 | 12.18 | 0.00  | 62.56  | 0.00 | 62.39 | 27.40 | 33.96  |
| 2         | 0.00 | 33.56 | 0.00  | 44.50  | 0.00 | 48.06 | 6.11  | 16.68  |
| 3         | 0.00 | 18.09 | 9.18  | 10.73  | 0.00 | 46.82 | 22.15 | 35.26  |
| 4         | 0.00 | 48.81 | 10.62 | 22.30  | 0.00 | 26.05 | 5.90  | 17.26  |
| 5         | 0.00 | 42.54 | 0.00  | 47.02  | 0.00 | 34.52 | 8.83  | 36.25  |
| 6         | 0.00 | 43.15 | 0.00  | 48.79  | 0.00 | 68.64 | 3.70  | 26.30  |
| 7         | 0.00 | 31.22 | 0.00  | 53.33  | 2.80 | 33.89 | 20.22 | 35.73  |
| 8         | 0.00 | 15.55 | 11.82 | 43.50  | 0.00 | 41.55 | 8.62  | 26.70  |
| $\bar{x}$ | 0.00 | 30.64 | 3.95  | 41.59  | 0.35 | 45.24 | 12.87 | 28.52  |
| SD        | 0.00 | 13.96 | 5.50  | 16.89  | 0.99 | 14.53 | 8.98  | 8.12   |
| SE        | 0.00 | 4.93  | 1.95  | 5.97   | 0.35 | 5.14  | 3.17  | 2.87   |

Табела 19. Поединечни вредности, средни вредности на јачината на врзување ( $\bar{x}$ , МПа), стандардна девијација (SD), стандардна грешка (SE) помеѓу Vitablocks Mark II и Panavia Self Adhesive Cement по 4- месечно складирање во водена бања

|           | SC/C  | SC/HF | SC/S  | SC/HFS | SB/C | SB/HF | SB/S  | SB/HFS | CJ/C  | CJ/HF | CJ/S  | CJ/HFS |
|-----------|-------|-------|-------|--------|------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|
| 1         | 0.00  | 36.86 | 44.60 | 42.05  | 0.00 | 23.30 | 26.89 | 33.79  | 14.64 | 24.95 | 34.88 | 30.18  |
| 2         | 0.00  | 37.54 | 48.34 | 24.91  | 0.00 | 28.93 | 17.74 | 28.00  | 12.10 | 32.26 | 33.17 | 35.52  |
| 3         | 6.72  | 28.50 | 43.76 | 42.02  | 0.00 | 29.53 | 54.86 | 30.16  | 9.73  | 25.76 | 46.53 | 44.44  |
| 4         | 4.69  | 43.26 | 42.49 | 38.14  | 0.00 | 17.50 | 36.68 | 26.00  | 9.28  | 21.79 | 46.86 | 28.29  |
| 5         | 0.00  | 19.65 | 47.06 | 35.13  | 0.00 | 22.32 | 21.60 | 15.76  | 10.82 | 23.64 | 45.48 | 31.52  |
| 6         | 8.33  | 39.58 | 42.38 | 25.59  | 0.00 | 28.63 | 26.34 | 25.11  | 15.17 | 33.10 | 42.41 | 50.19  |
| 7         | 2.22  | 31.38 | 38.32 | 42.19  | 0.00 | 0.00  | 26.66 | 44.49  | 13.04 | 22.80 | 44.29 | 28.27  |
| 8         | 15.29 | 24.81 | 36.75 | 31.64  | 0.00 | 0.00  | 30.16 | 21.00  | 12.49 | 25.41 | 43.01 | 24.19  |
| $\bar{x}$ | 4.66  | 32.67 | 42.96 | 34.69  | 0.00 | 18.78 | 30.12 | 28.04  | 12.16 | 26.21 | 42.08 | 34.07  |
| SD        | 5.37  | 8.06  | 3.96  | 8.13   | 0.00 | 12.28 | 11.45 | 8.63   | 2.14  | 4.22  | 5.23  | 8.91   |
| SE        | 1.90  | 2.85  | 1.40  | 2.87   | 0.00 | 4.34  | 4.05  | 3.05   | 0.76  | 1.49  | 1.85  | 3.15   |

Табела 20. Поединечни вредности, средни вредности на јачината на врзување ( $\bar{x}$ , MPa), стандардна девијација (SD), стандардна грешка (SE) помеѓу Vita Enamic и Panavia Self Adhesive Cement по 4- месечно складирање во водена бања

|           | SC/C  | SC/HF | SC/S  | SC/HFS | SB/C  | SB/HF | SB/S  | SB/HFS | CJ/C  | CJ/HF | CJ/S  | CJ/HFS |
|-----------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|
| 1         | 4.68  | 29.67 | 27.60 | 46.06  | 13.01 | 37.02 | 49.33 | 49.78  | 26.36 | 31.67 | 41.10 | 32.01  |
| 2         | 16.28 | 39.03 | 22.79 | 39.01  | 21.69 | 36.64 | 45.17 | 41.56  | 29.75 | 33.87 | 46.51 | 48.07  |
| 3         | 6.44  | 32.18 | 24.57 | 37.06  | 22.65 | 34.43 | 40.20 | 36.52  | 23.34 | 35.71 | 43.95 | 58.26  |
| 4         | 16.33 | 23.47 | 55.89 | 35.79  | 16.54 | 34.53 | 38.47 | 38.88  | 20.26 | 28.71 | 44.21 | 49.01  |
| 5         | 12.28 | 36.85 | 40.05 | 54.80  | 25.58 | 36.76 | 43.02 | 45.57  | 25.17 | 24.51 | 45.65 | 34.29  |
| 6         | 13.01 | 25.89 | 23.15 | 44.26  | 20.89 | 25.67 | 51.12 | 50.30  | 15.53 | 31.02 | 31.82 | 37.06  |
| 7         | 7.66  | 29.67 | 25.92 | 38.94  | 19.50 | 24.54 | 54.49 | 34.86  | 15.08 | 24.89 | 39.61 | 42.41  |
| 8         | 12.25 | 33.20 | 49.73 | 49.66  | 21.13 | 24.71 | 42.13 | 62.78  | 17.42 | 24.81 | 59.16 | 55.55  |
| $\bar{x}$ | 11.11 | 31.23 | 33.71 | 43.20  | 20.12 | 31.79 | 45.49 | 45.03  | 21.61 | 29.40 | 44.00 | 44.58  |
| SD        | 4.40  | 5.23  | 13.10 | 6.70   | 3.86  | 5.73  | 5.63  | 9.19   | 5.40  | 4.36  | 7.70  | 9.74   |
| SE        | 1.56  | 1.85  | 4.63  | 2.37   | 1.36  | 2.03  | 1.99  | 3.25   | 1.91  | 1.54  | 2.72  | 3.44   |

Табела 21. Поединечни вредности, средни вредности на јачината на врзување ( $\bar{x}$ , MPa), стандардна девијација (SD), стандардна грешка (SE) помеѓу Lava Ultimate CAD/CAM Restorative и Panavia Self Adhesive Cement по 4- месечно складирање во водена бања

|           | SC/C | SC/HF | SC/S  | SC/HFS | SB/C  | SB/HF | SB/S  | SB/HFS | CJ/C  | CJ/HF | CJ/S  | CJ/HFS |
|-----------|------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|
| 1         | 5.06 | 54.22 | 28.48 | 40.97  | 48.08 | 58.66 | 54.14 | 55.85  | 17.12 | 73.29 | 29.57 | 40.63  |
| 2         | 6.92 | 46.25 | 22.62 | 52.30  | 36.49 | 63.78 | 47.26 | 51.15  | 24.42 | 42.23 | 35.90 | 35.80  |
| 3         | 3.17 | 41.30 | 15.43 | 43.00  | 37.53 | 55.86 | 51.04 | 64.26  | 17.63 | 77.84 | 28.65 | 53.64  |
| 4         | 5.72 | 44.90 | 9.53  | 46.80  | 33.77 | 61.74 | 53.63 | 68.87  | 19.06 | 50.97 | 50.07 | 38.84  |
| 5         | 4.57 | 52.14 | 30.51 | 58.50  | 42.91 | 76.42 | 60.03 | 55.60  | 27.49 | 53.71 | 38.88 | 31.47  |
| 6         | 3.82 | 41.04 | 23.51 | 45.21  | 51.76 | 55.57 | 46.70 | 51.72  | 26.29 | 48.19 | 40.78 | 44.05  |
| 7         | 3.77 | 47.04 | 8.58  | 38.67  | 45.24 | 61.97 | 76.95 | 49.63  | 25.19 | 61.58 | 49.99 | 57.92  |
| 8         | 4.49 | 54.51 | 9.78  | 45.89  | 52.45 | 54.49 | 51.62 | 47.64  | 16.91 | 43.97 | 48.24 | 45.22  |
| $\bar{x}$ | 4.69 | 47.67 | 18.55 | 46.42  | 43.53 | 61.06 | 55.17 | 55.59  | 21.76 | 56.47 | 40.26 | 43.44  |
| SD        | 1.21 | 5.40  | 8.86  | 6.37   | 7.09  | 7.08  | 9.75  | 7.42   | 4.50  | 13.26 | 8.66  | 8.85   |
| SE        | 0.43 | 1.91  | 3.13  | 2.25   | 2.51  | 2.50  | 3.45  | 2.62   | 1.59  | 4.69  | 3.06  | 3.13   |

Табела 22. Поединечни вредности, средни вредности на јачината на врзување ( $\bar{x}$ , MPa), стандардна девијација (SD), стандардна грешка (SE) помеѓу Celtra Duo и Panavia Self Adhesive Cement по 4- месечно складирање во водена бања

|           | SC/C | SC/HF | SC/S | SC/HFS | SB/C | SB/HF | SB/S | SB/HFS |
|-----------|------|-------|------|--------|------|-------|------|--------|
| 1         | 0.00 | 38.55 | 0.00 | 38.52  | 0.00 | 39.86 | 0.00 | 39.76  |
| 2         | 0.00 | 49.51 | 0.00 | 45.50  | 0.00 | 11.39 | 0.00 | 43.80  |
| 3         | 0.00 | 21.36 | 0.00 | 55.44  | 0.00 | 21.39 | 0.00 | 31.35  |
| 4         | 0.00 | 50.81 | 0.00 | 44.40  | 0.00 | 32.88 | 4.48 | 37.19  |
| 5         | 0.00 | 62.39 | 0.00 | 51.60  | 0.00 | 53.19 | 0.00 | 13.03  |
| 6         | 0.00 | 63.90 | 0.00 | 35.83  | 0.00 | 53.37 | 0.00 | 48.58  |
| 7         | 0.00 | 58.87 | 0.00 | 33.45  | 0.00 | 23.64 | 7.94 | 30.95  |
| 8         | 0.00 | 32.24 | 0.00 | 68.79  | 0.00 | 44.94 | 0.00 | 31.74  |
| $\bar{x}$ | 0.00 | 47.18 | 0.00 | 46.69  | 0.00 | 35.08 | 1.55 | 34.55  |
| SD        | 0.00 | 15.24 | 0.00 | 11.68  | 0.00 | 15.43 | 3.02 | 10.76  |
| SE        | 0.00 | 5.39  | 0.00 | 4.13   | 0.00 | 5.46  | 1.07 | 3.80   |

Табела 23. One-way Anova за сигнификантност на влијанието од различните дополнителни третмани врз јачината на врзувањето помеѓу Vitablocks Mark II и Clearfil Esthetic Cement кога основниот третман се состои од нарапување на керамичката површина со SiC- хартија по 7-дневно складирање во водена бања

|          | SS         | df | MS        | F      | p     |
|----------|------------|----|-----------|--------|-------|
| Between: | 11,856.156 | 3  | 3,952.052 | 42.179 | 0.000 |
| Within:  | 2,623.504  | 28 | 93.697    |        |       |
| Total:   | 14,479.659 | 31 |           |        |       |

Табела 24. One-way Anova за сигнификантност на влијанието од различните дополнителни третмани врз јачината на врзувањето помеѓу Vitablocks Mark II и Clearfil Esthetic Cement кога основниот третман се состои од пескарење на керамичката површина со  $Al_2O_3$  по 7-дневно складирање во водена бања

|          | SS         | df | MS        | F      | p     |
|----------|------------|----|-----------|--------|-------|
| Between: | 9,818.702  | 3  | 3,272.901 | 67.428 | 0.000 |
| Within:  | 1,359.091  | 28 | 48.539    |        |       |
| Total:   | 11,177.793 | 31 |           |        |       |

Табела 25. One-way Anova за сигнификантност на влијанието од различните дополнителни третмани врз јачината на врзувањето помеѓу Vitablocks Mark II и Clearfil Esthetic Cement кога основниот третман се состои од пескарење на керамичката површина со CoJet по 7-дневно складирање во водена бања

|          | SS        | df | MS        | F      | p     |
|----------|-----------|----|-----------|--------|-------|
| Between: | 6,576.974 | 3  | 2,192.325 | 50.703 | 0.000 |
| Within:  | 1,210.679 | 28 | 43.239    |        |       |
| Total:   | 7,787.652 | 31 |           |        |       |

Табела 26. One-way Anova за сигнификантност на влијанието од различните дополнителни третмани врз јачината на врзувањето помеѓу IPS Empress CAD и Clearfil Esthetic Cement кога основниот третман се состои од нарапаување на керамичката површина со SiC- хартија по 7-дневно складирање во водена бања

|          | SS        | df | MS        | F      | p     |
|----------|-----------|----|-----------|--------|-------|
| Between: | 5,431.286 | 3  | 1,810.429 | 16.763 | 0.000 |
| Within:  | 3,024.002 | 28 | 108.000   |        |       |
| Total:   | 8,455.288 | 31 |           |        |       |

Табела 27. One-way Anova за сигнификантност на влијанието од различните дополнителни третмани врз јачината на врзувањето помеѓу IPS Empress CAD и Clearfil Esthetic Cement кога основниот третман се состои од пескарење на керамичката површина со  $Al_2O_3$  по 7-дневно складирање во водена бања

|          | SS         | df | MS        | F      | p     |
|----------|------------|----|-----------|--------|-------|
| Between: | 15,131.037 | 3  | 5,043.679 | 45.141 | 0.000 |
| Within:  | 3,128.497  | 28 | 111.732   |        |       |
| Total:   | 18,259.533 | 31 |           |        |       |

Табела 28. One-way Anova за сигнификантност на влијанието од различните дополнителни третмани врз јачината на врзувањето помеѓу IPS Empress CAD и Clearfil Esthetic Cement кога основниот третман се состои од пескарење на керамичката површина со CoJet по 7-дневно складирање во водена бања

|          | SS         | df | MS        | F      | p     |
|----------|------------|----|-----------|--------|-------|
| Between: | 11,236.648 | 3  | 3,745.549 | 42.380 | 0.000 |
| Within:  | 2,474.655  | 28 | 88.381    |        |       |
| Total:   | 13,711.304 | 31 |           |        |       |

Табела 29. One-way Anova за сигнификантност на влијанието од различните дополнителни третмани врз јачината на врзувањето помеѓу IPS e.max CAD и Clearfil Esthetic Cement кога основниот третман се состои од нарапаување на керамичката површина со SiC- хартија по 7-дневно складирање во водена бања

|          | SS         | df | MS        | F      | p     |
|----------|------------|----|-----------|--------|-------|
| Between: | 14,250.765 | 3  | 4,750.255 | 51.284 | 0.000 |
| Within:  | 2,593.563  | 28 | 92.627    |        |       |
| Total:   | 16,844.328 | 31 |           |        |       |

Табела 30. One-way Anova за сигнификантност на влијанието од различните дополнителни третмани врз јачината на врзувањето помеѓу IPS e.max CAD и Clearfil Esthetic Cement кога основниот третман се состои од пескарење на керамичката површина со  $Al_2O_3$  по 7-дневно складирање во водена бања

|          | SS         | df | MS        | F      | p     |
|----------|------------|----|-----------|--------|-------|
| Between: | 16,376.581 | 3  | 5,458.860 | 13.549 | 0.000 |
| Within:  | 11,281.377 | 28 | 402.906   |        |       |
| Total:   | 27,657.958 | 31 |           |        |       |



Табела 31. One-way Anova за сигнификантност на влијанието од различните дополнителни третмани врз јачината на врзувањето помеѓу IPS e.max CAD и Clearfil Esthetic Cement кога основниот третман се состои од пескарење на керамичката површина со CoJet по 7-дневно складирање во водена бања

|          | SS         | df | MS        | F      | p     |
|----------|------------|----|-----------|--------|-------|
| Between: | 15,179.259 | 3  | 5,059.753 | 38.469 | 0.000 |
| Within:  | 3,682.822  | 28 | 131.529   |        |       |
| Total:   | 18,862.081 | 31 |           |        |       |

Табела 32. One-way Anova за сигнификантност на влијанието од различните дополнителни третмани врз јачината на врзувањето помеѓу Vita Enamic и Clearfil Esthetic Cement кога основниот третман се состои од нарапаување на керамичката површина со SiC- хартија по 7-дневно складирање во водена бања

|          | SS        | df | MS        | F      | p     |
|----------|-----------|----|-----------|--------|-------|
| Between: | 6,972.039 | 3  | 2,324.013 | 36.494 | 0.000 |
| Within:  | 1,783.105 | 28 | 63.682    |        |       |
| Total:   | 8,755.144 | 31 |           |        |       |

Табела 33. One-way Anova за сигнификантност на влијанието од различните дополнителни третмани врз јачината на врзувањето помеѓу Vita Enamic и Clearfil Esthetic Cement кога основниот третман се состои од пескарење на керамичката површина со  $Al_2O_3$  по 7-дневно складирање во водена бања

|          | SS        | df | MS      | F     | p     |
|----------|-----------|----|---------|-------|-------|
| Between: | 2,595.686 | 3  | 865.229 | 8.382 | 0.000 |
| Within:  | 2,890.126 | 28 | 103.219 |       |       |
| Total:   | 5,485.813 | 31 |         |       |       |

Табела 34. One-way Anova за сигнификантност на влијанието од различните дополнителни третмани врз јачината на врзувањето помеѓу Vita Enamic и Clearfil Esthetic Cement кога основниот третман се состои од пескарење на керамичката површина со CoJet по 7-дневно складирање во водена бања

|          | SS        | df | MS        | F      | p     |
|----------|-----------|----|-----------|--------|-------|
| Between: | 4,472.793 | 3  | 1,490.931 | 60.016 | 0.000 |
| Within:  | 695.587   | 28 | 24.842    |        |       |
| Total:   | 5,168.380 | 31 |           |        |       |

Табела 35. One-way Anova за сигнификантност на влијанието од различните дополнителни третмани врз јачината на врзувањето помеѓу Lava Ultimate CAD/CAM Restorative и Clearfil Esthetic Cement кога основниот третман се состои од нарапаување на керамичката површина со SiC- хартија по 7-дневно складирање во водена бања

|          | SS         | df | MS        | F      | p     |
|----------|------------|----|-----------|--------|-------|
| Between: | 10,955.268 | 3  | 3,651.756 | 63.705 | 0.000 |
| Within:  | 1,805.033  | 28 | 57.323    |        |       |
| Total:   | 12,560.301 | 31 |           |        |       |

Табела 36. One-way Anova за сигнификантност на влијанието од различните дополнителни третмани врз јачината на врзувањето помеѓу Lava Ultimate CAD/CAM Restorative и Clearfil Esthetic Cement кога основниот третман се состои од пескарење на керамичката површина со  $Al_2O_3$  по 7-дневно складирање во водена бања

|          | SS        | df | MS        | F      | p     |
|----------|-----------|----|-----------|--------|-------|
| Between: | 3,085.585 | 3  | 1,028.528 | 12.494 | 0.000 |
| Within:  | 2,305.098 | 28 | 82.325    |        |       |
| Total:   | 5,390.682 | 31 |           |        |       |

Табела 37. One-way Anova за сигнификантност на влијанието од различните дополнителни третмани врз јачината на врзувањето помеѓу Lava Ultimate CAD/CAM Restorative и Clearfil Esthetic Cement кога основниот третман се состои од пескарење на керамичката површина со CoJet по 7-дневно складирање во водена бања

|          | SS        | df | MS      | F     | p     |
|----------|-----------|----|---------|-------|-------|
| Between: | 1,413.475 | 3  | 471.158 | 3.022 | 0.046 |
| Within:  | 4,365.886 | 28 | 155.924 |       |       |
| Total:   | 5,779.361 | 31 |         |       |       |

Табела 38. One-way Anova за сигнификантност на влијанието од различните дополнителни третмани врз јачината на врзувањето помеѓу Celtra Duo и Clearfil Esthetic Cement кога основниот третман се состои од нарапаување на керамичката површина со SiC- хартија по 7-дневно складирање во водена бања

|          | SS         | df | MS        | F       | p     |
|----------|------------|----|-----------|---------|-------|
| Between: | 22,770.440 | 3  | 7,590.147 | 103.257 | 0.000 |
| Within:  | 2,058.202  | 28 | 73.507    |         |       |
| Total:   | 24,828.642 | 31 |           |         |       |

Табела 39. One-way Anova за сигнификантност на влијанието од различните дополнителни третмани врз јачината на врзувањето помеѓу Celtra Duo и Clearfil Esthetic Cement кога основниот третман се состои од пескарење на керамичката површина со  $Al_2O_3$  по 7-дневно складирање во водена бања

|          | SS         | df | MS        | F      | p     |
|----------|------------|----|-----------|--------|-------|
| Between: | 19,178.882 | 3  | 6,392.961 | 47.239 | 0.000 |
| Within:  | 3,789.283  | 28 | 135.332   |        |       |
| Total:   | 22,968.165 | 31 |           |        |       |

Табела 40. One-way Anova за сигнификантност на влијанието од различните дополнителни третмани врз јачината на врзувањето помеѓу Celtra Duo и Clearfil Esthetic Cement кога основниот третман се состои од пескарење на керамичката површина со CoJet по 7-дневно складирање во водена бања

|          | SS        | df | MS       | F      | p     |
|----------|-----------|----|----------|--------|-------|
| Between: | 10764.002 | 3  | 3588.001 | 30.808 | 0.000 |
| Within:  | 3260.8905 | 28 | 116.460  |        |       |
| Total:   | 14024.892 | 31 |          |        |       |

Табела 41. One-way Anova за сигнификантност на влијанието од различните дополнителни третмани врз јачината на врзувањето помеѓу Vitablocks Mark II и Panavia SA Cement кога основниот третман се состои од нарапаување на керамичката површина со SiC- хартија по 7-дневно складирање во водена бања

|          | SS        | df | MS        | F      | p     |
|----------|-----------|----|-----------|--------|-------|
| Between: | 7,246.954 | 3  | 2,415.651 | 59.487 | 0.000 |
| Within:  | 1,137.034 | 28 | 40.608    |        |       |
| Total:   | 8,383.988 | 31 |           |        |       |

Табела 42. One-way Anova за сигнификантност на влијанието од различните дополнителни третмани врз јачината на врзувањето помеѓу Vitablocks Mark II и Panavia SA Cement кога основниот третман се состои од пескарење на керамичката површина со  $Al_2O_3$  по 7-дневно складирање во водена бања

|          | SS        | df | MS        | F      | p     |
|----------|-----------|----|-----------|--------|-------|
| Between: | 4,552.008 | 3  | 1,517.336 | 29.745 | 0.000 |
| Within:  | 1,428.327 | 28 | 51.012    |        |       |
| Total:   | 5,980.335 | 31 |           |        |       |

Табела 43. One-way Anova за сигнификантност на влијанието од различните дополнителни третмани врз јачината на врзувањето помеѓу Vitablocks Mark II и Panavia SA Cement кога основниот третман се состои од пескарење на керамичката површина со CoJet по 7-дневно складирање во водена бања

|          | SS        | df | MS        | F      | p     |
|----------|-----------|----|-----------|--------|-------|
| Between: | 5,420.167 | 3  | 1,806.722 | 35.877 | 0.000 |
| Within:  | 1,410.042 | 28 | 50.359    |        |       |
| Total:   | 6,830.209 | 31 |           |        |       |

Табела 44. One-way Anova за сигнификантност на влијанието од различните дополнителни третмани врз јачината на врзувањето помеѓу IPS Empress CAD и Panavia SA Cement кога основниот третман се состои од нарапаување на керамичката површина со SiC- хартија по 7-дневно складирање во водена бања

|          | SS        | df | MS       | F       | p     |
|----------|-----------|----|----------|---------|-------|
| Between: | 10563.072 | 3  | 3521.024 | 115.133 | 0.000 |
| Within:  | 856.304   | 28 | 30.582   |         |       |
| Total:   | 11419.376 | 31 |          |         |       |

Табела 45. One-way Anova за сигнификантност на влијанието од различните дополнителни третмани врз јачината на врзувањето помеѓу IPS Empress CAD и Panavia SA Cement кога основниот третман се состои од пескарење на керамичката површина со  $Al_2O_3$  по 7-дневно складирање во водена бања

|          | SS       | df | MS       | F      | p     |
|----------|----------|----|----------|--------|-------|
| Between: | 9020.049 | 3  | 3006.683 | 47.424 | 0.000 |
| Within:  | 1775.197 | 28 | 63.399   |        |       |
| Total:   | 10795.25 | 31 |          |        |       |

Табела 46. One-way Anova за сигнификантност на влијанието од различните дополнителни третмани врз јачината на врзувањето помеѓу IPS Empress CAD и Panavia SA Cement кога основниот третман се состои од пескарење на керамичката површина со CoJet по 7-дневно складирање во водена бања

|          | SS       | df | MS       | F      | p     |
|----------|----------|----|----------|--------|-------|
| Between: | 5290.544 | 3  | 1763.515 | 53.155 | 0.000 |
| Within:  | 928.948  | 28 | 33.176   |        |       |
| Total:   | 6219.493 | 31 |          |        |       |

Табела 47. One-way Anova за сигнификантност на влијанието од различните дополнителни третмани врз јачината на врзувањето помеѓу IPS e.max CAD и Panavia SA Cement кога основниот третман се состои од нарапување на керамичката површина со SiC- хартија по 7-дневно складирање во водена бања

|          | SS        | df | MS       | F      | p     |
|----------|-----------|----|----------|--------|-------|
| Between: | 12123.863 | 3  | 4041.288 | 43.539 | 0.000 |
| Within:  | 2598.950  | 28 | 92.819   |        |       |
| Total:   | 14722.814 | 31 |          |        |       |

Табела 48. One-way Anova за сигнификантност на влијанието од различните дополнителни третмани врз јачината на врзувањето помеѓу IPS e.max CAD и Panavia SA Cement кога основниот третман се состои од пескарење на керамичката површина со  $Al_2O_3$  по 7-дневно складирање во водена бања

|          | SS       | df | MS       | F      | p     |
|----------|----------|----|----------|--------|-------|
| Between: | 6118.247 | 3  | 2039.416 | 41.464 | 0.000 |
| Within:  | 1377.201 | 28 | 49.185   |        |       |
| Total:   | 7495.447 | 31 |          |        |       |

Табела 49. One-way Anova за сигнификантност на влијанието од различните дополнителни третмани врз јачината на врзувањето помеѓу IPS e.max CAD и Panavia SA Cement кога основниот третман се состои од пескарење на керамичката површина со CoJet по 7-дневно складирање во водена бања

|          | SS        | df | MS       | F      | p     |
|----------|-----------|----|----------|--------|-------|
| Between: | 8194.647  | 3  | 2731.549 | 28.477 | 0.000 |
| Within:  | 2685.748  | 28 | 95.919   |        |       |
| Total:   | 10880.396 | 31 |          |        |       |

Табела 50. One-way Anova за сигнификантност на влијанието од различните дополнителни третмани врз јачината на врзувањето помеѓу Vita Enamic и Panavia SA Cement кога основниот третман се состои од нарапување на керамичката површина со SiC- хартија по 7-дневно складирање во водена бања

|          | SS        | df | MS        | F      | p     |
|----------|-----------|----|-----------|--------|-------|
| Between: | 5,005.602 | 3  | 1,668.534 | 48.200 | 0.000 |
| Within:  | 969.276   | 28 | 34.617    |        |       |
| Total:   | 5,974.878 | 31 |           |        |       |

Табела 51. One-way Anova за сигнификантност на влијанието од различните дополнителни третмани врз јачината на врзувањето помеѓу Vita Enamic и Panavia SA Cement кога основниот третман се состои од пескарење на керамичката површина со  $Al_2O_3$  по 7-дневно складирање во водена бања

|          | SS        | df | MS        | F      | p     |
|----------|-----------|----|-----------|--------|-------|
| Between: | 3,217.331 | 3  | 1,072.444 | 46.881 | 0.000 |
| Within:  | 640.520   | 28 | 22.876    |        |       |
| Total:   | 3,857.851 | 31 |           |        |       |



Табела 52. One-way Anova за сигнификантност на влијанието од различните дополнителни третмани врз јачината на врзувањето помеѓу Vita Enamic и Panavia SA Cement кога основниот третман се состои од пескарење на керамичката површина со CoJet по 7-дневно складирање во водена бања

|          | SS        | df | MS        | F      | p     |
|----------|-----------|----|-----------|--------|-------|
| Between: | 3,463.861 | 3  | 1,154.620 | 11.652 | 0.000 |
| Within:  | 2,774.572 | 28 | 99.092    |        |       |
| Total:   | 6,238.433 | 31 |           |        |       |

Табела 53. One-way Anova за сигнификантност на влијанието од различните дополнителни третмани врз јачината на врзувањето помеѓу Lava Ultimate CAD/CAM Restorative и Panavia SA Cement кога основниот третман се состои од нарапаување на керамичката површина со SiC- хартија по 7-дневно складирање во водена бања

|          | SS        | df | MS        | F      | p     |
|----------|-----------|----|-----------|--------|-------|
| Between: | 7,497.813 | 3  | 2,499.271 | 30.652 | 0.000 |
| Within:  | 2,282.999 | 28 | 81.536    |        |       |
| Total:   | 9,780.811 | 31 |           |        |       |

Табела 54. One-way Anova за сигнификантност на влијанието од различните дополнителни третмани врз јачината на врзувањето помеѓу Lava Ultimate CAD/CAM Restorative и Panavia SA Cement кога основниот третман се состои од пескарење на керамичката површина со Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> по 7-дневно складирање во водена бања

|          | SS        | df | MS     | F     | p     |
|----------|-----------|----|--------|-------|-------|
| Between: | 143.252   | 3  | 47.751 | 0.716 | 0.551 |
| Within:  | 1,866.421 | 28 | 66.658 |       |       |
| Total:   | 2,009.673 | 31 |        |       |       |

Табела 55. One-way Anova за сигнификантност на влијанието од различните дополнителни третмани врз јачината на врзувањето помеѓу Lava Ultimate CAD/CAM Restorative и Panavia SA Cement кога основниот третман се состои од пескарење на керамичката површина со CoJet по 7-дневно складирање во водена бања

|          | SS        | df | MS      | F     | p     |
|----------|-----------|----|---------|-------|-------|
| Between: | 515.416   | 3  | 171.805 | 1.272 | 0.303 |
| Within:  | 3,782.670 | 28 | 135.095 |       |       |
| Total:   | 4,298.086 | 31 |         |       |       |

Табела 56. One-way Anova за сигнификантност на влијанието од различните дополнителни третмани врз јачината на врзувањето помеѓу Celtra Duo и Panavia SA Cement кога основниот третман се состои од нарапаување на керамичката површина со SiC- хартија по 7-дневно складирање во водена бања

|          | SS         | df | MS        | F      | p     |
|----------|------------|----|-----------|--------|-------|
| Between: | 14,252.718 | 3  | 4,750.906 | 40.243 | 0.000 |
| Within:  | 3,305.528  | 28 | 118.055   |        |       |
| Total:   | 17,558.247 | 31 |           |        |       |

Табела 57. One-way Anova за сигнификантност на влијанието од различните дополнителни третмани врз јачината на врзувањето помеѓу Celtra Duo и Panavia SA Cement кога основниот третман се состои од пескарење на керамичката површина со Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> по 7-дневно складирање во водена бања

|          | SS         | df | MS        | F      | p     |
|----------|------------|----|-----------|--------|-------|
| Between: | 7,636.522  | 3  | 2,545.507 | 13.698 | 0.000 |
| Within:  | 5,203.242  | 28 | 185.830   |        |       |
| Total:   | 12,839.764 | 31 |           |        |       |

Табела 58. One-way Anova за сигнификантност на влијанието од различните дополнителни третмани врз јачината на врзувањето помеѓу Celtra Duo и Panavia SA Cement кога основниот третман се состои од пескарење на керамичката површина со CoJet по 7-дневно складирање во водена бања

|          | SS       | df | MS      | F      | p     |
|----------|----------|----|---------|--------|-------|
| Between: | 8481.481 | 3  | 2827.16 | 37.179 | 0.000 |
| Within:  | 2129.174 | 28 | 76.041  |        |       |
| Total:   | 10610.65 | 31 |         |        |       |

## Материјали

- **Vitablocks Mark II**, VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany  
1M2C I14 for Cerec; ref EC41M2CI14  
*Стандарден хемиски состав:*

|                                |             |
|--------------------------------|-------------|
| SiO <sub>2</sub>               | 56-64% wt   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 20-23% wt   |
| Na <sub>2</sub> O              | 6-9% wt     |
| K <sub>2</sub> O               | 6-8% wt     |
| CaO                            | 0.3-0.6% wt |
| TiO <sub>2</sub>               | 0.0-0.1% wt |
- **IPS Empress CAD**, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein  
LT A2/ C14, for Cerec; ref 602568  
*Хемиски состав:*

|                                                                               |            |
|-------------------------------------------------------------------------------|------------|
| SiO <sub>2</sub>                                                              | 60.0-65.0% |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                | 16.0-20.0% |
| K <sub>2</sub> O                                                              | 10.0-14.0% |
| Na <sub>2</sub> O                                                             | 3.5-6.5%   |
| BaO, CaO, CeO <sub>2</sub> , B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , TiO <sub>2</sub> | 0.5-7.0%   |
| пигменти                                                                      | 0.2-1.0%   |
- **IPS e.max CAD**, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein  
HT A2 / C14, for Cerec; ref 626408  
*Хемиски состав:*

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| SiO <sub>2</sub>               | 57.0-80.0% |
| Li <sub>2</sub> O              | 11.0-19.0% |
| K <sub>2</sub> O               | до 13%     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | до 11%     |
| ZrO <sub>2</sub>               | до 8.0%    |
| ZnO                            | до 8.0%    |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | до 5.0%    |
| MgO                            | до 5.0%    |

оксиди за пребојување до 8%
- **Lava Ultimate CAD/CAM Restorative**, 3M ESPE, St. Paul, MIN, USA  
A2-HT / 14L for Cerec; ref 3314A2-HT  
*Хемиски состав:*  
SiO<sub>2</sub>  
ZrO<sub>2</sub>  
Смолеста матрица
- **Vita Enamic**, VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany  
1M2 HT EM-14 for Cerec; ref EC41M2HTEM14  
*Хемиски состав на мрежата од фелдспатна керамика:*

|                                |        |
|--------------------------------|--------|
| SiO <sub>2</sub>               | 58-63% |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 20-23% |
| Na <sub>2</sub> O              | 6-11%  |
| K <sub>2</sub> O               | 4-6%   |
| B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 0.5-2% |
| CaO                            | <1%    |
| TiO <sub>2</sub>               | <1%    |

*Хемиски состав на полимерната мрежа:*  
PMMA (polymethyl-methacrylate polymer):  
UDMA, TEGDMA.
- **Celtra Duo**, Dentsply, Konstanz, Germany  
A2-HT C14; ref 5365411215  
*Хемиски состав:*

|                  |     |
|------------------|-----|
| SiO <sub>2</sub> |     |
| ZrO <sub>2</sub> | 10% |
| LiSi             |     |

- **IPS Ceramic Etching Kit**, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein  
ref 531550:  
**IPS Ceramic Etching Gel**, Ivoclar Vivadent  
*Хемиски состав:*  
HF acid <5%  
**IPS Ceramic Neutralizing powder**, Ivoclar Vivadent  
*Хемиски состав:*  
Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 20-50%  
Ca<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 20-50%
- **Monobond Plus**, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein  
ref 626221 AN  
*Хемиски состав:*
  - алкохол / ethanol 96%wt,
  - адхезивни мономери: 4%wt
  - 3-метоксисилилпропил метакрилат / < 2,5%,
  - 3-methoxysilylpropyl methacrylate,
  - метакрилатен естер на фосфорна киселина / < 2,5%
  - methacrylated phosphoric acid ester,
  - сулфиден метакрилат /
  - sulphide methacrylate
- **Heliobond**, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein; ref 532906AN  
*Хемиски состав:*
  - Bisphenol A diglycidylmethacrylate (Bis-GMA) 60%wt (50-100%)
  - triethyleneglycol dimethacrylate (TEGDMA) 40%wt (25-50%).
- **Clearfil Esthetic Cement**, Kuraray Noritake, Okayama, Japan  
Automix, Universal; ref 2531-EU  
*Хемиски состав, паста А:*
  - Bisphenol A diglycidylmethacrylate (Bis-GMA) <10%
  - Triethyleneglycol dimethacrylate (TEGDMA) <8%
  - хидрофобичен ароматичен диметакрилат
  - силанизирано полило од бариумово стакло
  - колоидален силициум диоксид.*Хемиски состав, паста В:*
  - Bisphenol A diglycidylmethacrylate (Bis-GMA)
  - Triethyleneglycol dimethacrylate (TEGDMA)
  - хидрофобичен ароматичен диметакрилат
  - хидрофилен алифатичен диметакрилат
  - силанизирано полило од бариумово стакло
  - силанизирано полило од силициум диоксид
  - колоидален силициум диоксид
  - катализатори
  - dl-Camphorquinone
  - пигменти.
- **Panavia SA Cement**, Kuraray Noritake, Tokyo, Japan  
Automix, Universal (A2); ref 2980-EU  
*Хемиски состав, паста А:*
  - 10-Methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate (10-MDP)
  - Bisphenol A diglycidylmethacrylate (Bis-GMA)
  - Triethyleneglycol dimethacrylate (TEGDMA)
  - хидрофобичен ароматичен диметакрилат
  - силанизирано полило од бариумово стакло
  - силанизиран колоидален силициум диоксид
  - dl-Camphorquinone
  - Benzoyl peroxide
  - иницијатори.



**Хемиски состав, паста В:**

- Bisphenol A diglycidylmethacrylate (Bis-GMA)
- хидрофобичен ароматичен диметакрилат
- хидрофобичен алифатичен диметакрилат
- силанизирано полнило од бариумово стакло
- силанизиран колоидален силициум диоксид
- површински третиран натриум флуорид
- катализатори
- пигменти.

- **CoJet**, 3M ESPE, Neuss, Germany  
ref 68411

**Хемиски состав:**

SiO<sub>2</sub> coated - Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (30 µm)

- **Aluminum Oxide**, Danville, Zürich, Switzerland; ref 80042A

**Хемиски состав:**

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (27 µm)

**Помошни средства и материјали:**

- Дијамантско сечиво (нож) со дебелина од 0.30 mm, M1D10, batch. No. 3104-5028, LOT 086938; Struers, Ballerup, Denmark
- Силициум карбидна абразивна хартија со грубост од 600 30-5228-320 Ø 250 mm. Buehler, Düsseldorf, Germany
- Цилиндричен дијамантски борер, 8882 314 014, Komet, Gebr. Brasseler, Lemgo, Germany
- Цијаноакрилатен лепак, Model Repair II Blue, Dentsply, Sankin, Japan

**Апарати кои се користени во истражувањето:**

(според редослед на користење)

- Дигитален мерач- CD-15CPX, Mitutoyo, Japan (точност од 0.01 мм.)
- Прецизна машина за сечење, Acutom 50, Struers, Denmark
- Прецизна машина за сечење, Isomet, Struers, Denmark
- Машина за шмирглање и полирање, Buehler Beta, Düsseldorf, Germany
- Апарат за пескарење - Microetcher, 3M ESPE, St. Paul, MIN, USA
- Апарат за силикатизирање - CoJet Prep, 3M ESPE, St. Paul, MIN, USA
- Ултрасонична бања RK 102H, Bandelin (Sonorex), Berlin, Germany
- Прецизна вага за мерење, AB-304-S Mettler Toledo, Switzerland (прецизност од 0.0001g)
- Стерео микроскоп, Wild M5A, Heerbrugg, Switzerland
- Машината за обликување на микропримероци - MicroSpecimen Former, University of Iowa, Iowa, USA
- Модуларен микроскоп, Ernst Leitz Wetzlar, Germany
- Светлосно-полимеризирачка, полибранова LED ламба, Bluephase® 20i, Ivoclar Vivadent, Shaan, Liechtenstein
- Апарат за одредување на јачината на полимеризирачката ламба, bluephase power meter Ivoclar Vivadent, Shaan, Liechtenstein
- Машина за тестирање на материјали, LRX, Lloyd Hampshire, UK
- Скенирачки електронски микроскоп - SEM, JSM 6610LV, Jeol
- Фурие трансформирачка инфрацрвена спектроскопија - Fourier transform infrared spectroscopy PerkinElmer, FT-IR Spectrometer PARAGON 1000, USA