

**Универзитет „Св.Кирил и Методиј“,
Стоматолошки факултет – Скопје,
Катедра за болести на забите и ендодонтот**



КОМПАРАТИВНА ЕВАЛУАЦИЈА НА ФЛЕКСУРАЛНАТА СИЛА НА РАЗЛИЧНИ ДЕНТАЛНИ КОМПОЗИТИ

Магистерски труд

Кандидат:

Д-р Ајше Рушиди Небиу

Ментор:

Проф. д-р Соња Апостолска

Скопје, 2025

University “Ss.Cyril and Methodius” – Skopje
Faculty of Dentistry -SKOPJE



**Comparative evaluation of flexural strength of different
dental composites**

Master's Thesis

Author :

Dr. Ajshe Rushidi Nebiu

Mentor:

Prof. Dr. Sonja Apostolska

Skopje, 2025

СОДРЖИНА

Кратка содржина.....	4
Abstract.....	6
1. ВОВЕД.....	7
2. ПРЕГЛЕД НА ЛИТЕРАТУРАТА.....	10
3. ЦЕЛ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО.....	18
4. МАТЕРИЈАЛИ И МЕТОДИ.....	19
5. СТАТИСТИЧКА ОБРАБОТКА.....	31
6. РЕЗУЛТАТИ.....	32
6.1 Општи карактеристики.....	33
6.2 Флексурална сила(MPa).....	35
6.2.1 Дистрибуција на фреквенции на флексуралната сила.....	35
6.2.2 Меѓугрупна споредба на флексуларната сила.....	38
6.2.3 Интрагрупна споредба на флексуралната сила.....	41
6.2.3.1 Интрагрупна споредба меѓу микрохбридни композити CC и FZ250 ..	41
6.2.3.2 Интрагрупна споредба меѓу нанохбридни композити EV и FZ550...	42
6.2.3.3 Интрагрупна споредба меѓу балкфил композити PB и Ev.....	44
6.2.4 Споредба на флексуралната сила помеѓу подгрупите.....	45
6.2.4.1. Споредба меѓу CC и Ev – флексурална сила.....	45
6.2.4.2 Споредба меѓу CC и FZ550 – флексурална сила.....	46
6.2.4.3 Споредба меѓу CC и PB – флексурална сила.....	48
6.2.4.4 Споредба меѓу CC и FB – флексурална сила.....	49
6.2.4.5 Споредба меѓу FZ250 и Ev – флексурална сила.....	50
6.2.4.6 Споредба меѓу FZ250 и FZ550 – флексурална сила.....	52
6.2.4.7 Споредба меѓу FZ250 и PB – флексурална сила.....	53
6.2.4.8 Споредба меѓу FZ250 и FB – флексурална сила.....	55
6.2.4.9 Споредба меѓу Ev и PB – флексурална сила.....	56
6.2.4.10 Споредба меѓу Ev и FB – флексурална сила.....	58
6.2.4.11 Споредба меѓу FZ550 и PB – флексурална сила.....	59
6.2.4.12 Споредба меѓу FZ550 и FB – флексурална сила.....	60
6.2.5 Сумиран приказ на флексуралната сила кај групи/ подгрупи.....	62
7. ДИСКУСИЈА.....	64
8. ЗАКЛУЧОЦИ.....	69
9.КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА.....	70

КРАТКА СОДРЖИНА

Современата стоматологија се потпира на минимално инвазивната стоматологија, што подразбира минимална препарација на забната структура за да се зачуваат што е можно повеќе од структурата и цврстината на забот. За оваа цел, но и за да се овозможат естетски реставрации, започна употребата на композитите, компомерите и гласјономерните цементи. Денталната индустрија се унапредува брзо со производство на нови дентални материјали, во насока на овозможување поквалитетни и подолгорочни реставрации. Исто така, значајна улога за стоматологот имаат и едноставноста на апликацијата на материјалите, биокомпатибилноста, долготрајноста и естетиката.

Денталните композити имаат широка примена во секојдневната стоматолошка практика. Тие треба да имаат добри механички својства за да можат да се справуваат со силите на цвакалниот притисок, но и да имаат отпорност на влажната средина. За да се постигне идеален композитен материјал, кој ќе ги има посакуваните својства, се произведуваат различни композитни материјали со различен состав и со различни механички особини.

Целта на оваа инвитро-студија е да се процени и да се спореди флексуралната сила на 6 различни композити. Според добиените резултати во иднина ќе можеме полесно да се определиме кој од овие композити да ги употребиме во оклузалната површина на бочните заби каде што силите на цвакалниот притисок се со поизразен интензитет.

Материјал и метод на работа: За реализација на поставената цел подготвивме по 6 примероци од следниве композити, односно вкупно 36 примероци: Charisma Classic (Heraeus Kulzer), Filtek Z250 (3M ESPE), Evetric (Ivoclar), Filtek Z550 (3M ESPE), Tetric PowerFill (Ivoclar) и Filtek One Bulkfill Restorative (3M ESPE). Примероците беа направени според стандардот ISO 4049/2019. Примероците беа оставени во водена бања со 37 ° во временски период од 24 часа. Потоа примероците се тестираани на Машинскиот факултет, УКИМ, Скопје со машината за испитување материјали SHIMADZU, тип AGS-X.

Резултати: Добиените резултати во нашава студија укажуваат на тоа дека сите од 6 тестирани композити ја имаат надминато минималната флексурална сила според стандардот ISO 4049/2019 која е 80 МПа. Балкфил композитот Tetric PowerFill (Ivoclar) покажа најниска флексурална сила /јачина, а највисока флексурална сила покажа балкфил Filtek One Bulkfill Restorative(3M ESPE).

Заклучок: Сите 6 композити кои беа тестирани во нашево истражување го исполнуваат критериумот според стандардот ISO 4049. Во меѓугрупни,

интрагрупни различни компарации добивме сигнификатни и несигнификатни разлики на флексурална сила. Сите композити може да се употребуваат во оклузалната површина на бочните заби, но најистакнатата флексурална сила ја има Filtek One Bulkfill Restorative(3M ESPE).

Клучни зборови: флексурална сила, композити, реставративни материјали, микрохибрид, нанохибрид, балкфил

ABSTRACT

Modern dentistry relies on minimally invasive dentistry, which involves minimal preparation of the tooth structure in order to preserve its structure and strength as much as possible. For this purpose, and in order to enable aesthetic restorations, the use of composites, compomers, and glass ionomer cements was introduced. The dental industry is rapidly advancing with the production of new dental materials to enable higher quality and longer-lasting restorations. Additionally, it is important for a dentist to consider the ease of application, biocompatibility, durability, and aesthetics of the materials.

Dental composites have a wide application in everyday dental practice. They need to have good mechanical properties to withstand the forces of chewing pressure and resistance to the wet environment. To achieve an ideal composite material with the desired properties, different composite materials are produced with various compositions and mechanical properties.

The aim of this in vitro study was to assess and compare the flexural strength of 6 different composites. Based on the obtained results, it will be easier in the future to decide which of these composites should be used for the occlusal surface of the posterior teeth, where the chewing pressure forces are more intense.

Materials and Methods: To achieve the stated goal, 6 samples were prepared from the following composites total 36 samples: Charisma Classic (Heraeus Kulzer), Filtek Z250 (3M ESPE), Evetric (Ivoclar), Filtek Z550 (3M ESPE), Tetric PowerFill (Ivoclar), and Filtek One Bulkfill Restorative (3M ESPE). The samples were made according to ISO 4049 standards. The samples were placed in a water bath at 37°C for a period of 24 hours. Afterward, the samples were tested at the Faculty of Mechanical Engineering, UKIM, Skopje, using a SHIMADZU material testing machine, model AGS-X.

Results: The results obtained in our study indicate that all 6 tested composites exceeded the minimum flexural strength according to the ISO 4049 standard, which is 80 MPa. The Bulk-Fill composite Tetric PowerFill (Ivoclar) showed the lowest flexural strength, while the highest flexural strength was shown by the Bulk-Fill composite Filtek One Bulkfill Restorative (3M ESPE).

Conclusion: All 6 composites tested in our research meet the criteria according to the ISO 4049 standard. In the intergroup and intragroup comparisons, significant and non-significant differences in flexural strength were observed. All composites can be used on the occlusal surface of posterior teeth, but the composite with the highest flexural strength is Filtek One Bulkfill Restorative (3M ESPE).

Keywords: flexural strength, composites, restorative materials, microhybrid, nanohybrid, bulkfill.

1. ВОВЕД

Поради современиот начин на живеење и поради начинот на исхраната сè поприсутни се различни заболувања, а, пред сè, кариесот кој со текот на времето станал неразделно заболување на забите. Кариозната деструкција на забната структура има влијание врз функцијата, естетиката и врз самодовербата. За реставрација на кавитетот за да се пополни изгубеното ткиво и да се овозможи функција и естетика на забот, се употребуваат различни реставративни материјали. Современата стоматологија се потпира во минимално инвазивната стоматологија што подразбира минимална препарација на забната структура за да се зачуваат што е можно повеќе структурата и цврстината на забот. За оваа цел, но и за да се овозможат естетски реставрации почна употребата на композитите, компомерите и гласјономерните цемента. Денталната индустрија се унапредува рапидно со производство на нови дентални материјали за да се овозможат поквалитетни и подолгорочни реставрации. Важна улога за стоматологот имаат и едноставноста на апликацијата на материјалите, биокопатибилноста, долготрајноста и естетиката. Денталните композити имаат широка примена на употреба и се дел од секојдневната стоматолошка практика. Денталните композити треба да имаат добри механички својства за да можат да се справуваат со јаките сили на цвакалниот притисок како и со отпорноста кон влажната средина. За да се дојде до идеалниот композитен материјал кој ќе ги има посакуваните својства, се произведуваат различни композитни материјали со различен состав и со различни механички особини. Терминот „композитен материјал“ се однесува на материјал составен од најмалку две различни компоненти, нерастворливи едни во други, кои произведуваат материјал со различни, честопати подобри карактеристики од самите компоненти. Три главни компоненти на денталните композити се (1) органска матрица на смола во која (2) честичките со неорганско полнило се дистрибуираат и (3) средство за спојување на силан што ги премачкува честичките за полнење за хемиско врзување до матрицата на смолата. Композитите содржат и други важни состојки, како што се иницијатори за почетокот на реакцијата на полимеризација, инхибитори кои спречуваат спонтаната полимеризација и пигменти со спектар на бои коишто одговараат на забите.¹

Тековните класификации на композитните смоли се направени според големината на неорганските честички за полнење, тежината или според процентуалниот волумен на честичките, формата во која тие се додаваат во полимерната матрица, вискозноста или методите на полимеризација. Хибридниите композити се поделени на 3 групи како традиционални, микрохибридни и нанохибридни композити. Микрохибридните композити се формираат како резултат на комбинацијата на честички со големина на

подмикрони (0,4 μm) и помали честички (0,1 μm →1 μm) кои обезбедуваат подобра манипулација и подобри својства на полирање. Нанохибридните композити се резултат на комбинација на честички со нанометарска димензија (0,005 μm →0,01 μm) и полнење од традиционален тип честички и се универзални композитни смоли кои можат да се користат во фронтални и во постериорни реставрации комбинирајќи ги позитивните својства на микрофилот и хибридниот композит. Композитите имаат и позитивни и негативни страни. Позитивно за композитите е дека не треба многу да се препарира забот за ретенција, имаат различен спектар на бои со што се овозможуваат естески реставрации, отпорни се на притисок, биокомпатибилни се, додека, пак, негативните страни на композитите се сензитивноста на забите и подложноста на полимеризациона контракција.²

Современата стоматологија има за цел сè повеќе да ги усовршува материјалите за да се овозможи поедноставна апликација на композитите, но и да се скрати работното време со композитите со што се овозможува удобност и за терапевтот и за пациентот.

Балкфил-композитите се композитите на последната деценија кои овозможуваат полесна и побрза реставрација, со тоа што може да се аплицира до дебелина до 4мм и да се полимеризира, идеални се за постериорните реставрации како II класа. Балкфил-композитите се во форма на паста со голема вискозност. Балкфил-композитите се категоризираат во две групи: на база и на композити за полнење на целиот кавитет (full body bulk-fill composites). Композитите кои претставуваат балкфил-база имаат мала вискозност и се течни овозможувајќи апликација и адаптација во кавитети со помал пристап. Генерално овие композити имаат помала содржина на филер (полнило), па затоа помалку се отпорни и е потребно над нив да се аплицира конвенционален композит. Балкфил-композитот за полнење на целиот кавитет (full body) може да се аплицира во една фаза без потреба да се аплицира конвенционален композит. Овие материјали генерално имаат поголема содржина на филер што ги прави повискозни, а големата количина на филер (полнило) ги прави поотпорни.³

Постојат многу механички својства кои го детерминираат квалитетот на реставративниот материјал. Овие својства вклучуваат:компресивна сила, дијаметрална цврстина на истегнување, цврстина, отпорност на замор и флексурална сила/јачина, цврстина на свиткување. Флексуралната сила/јачина, цврстина на свиткување е една од сигнификантните особини на реставративните материјали бидејќи во тестовите за флексуралната сила на материјалот кој се тестира е подложен на компресија, тензија и сили на смолкнување слични како силите што се во оралниот кавитет.⁴

Флексуралната сила/јачина, цврстина на свиткување на еден материјал е неговата способност да се витка пред да се скрши. Се добива кога ќе се постигне

крајна флексибилност на еден материјал пред да се постигне неговиот пропорционален лимит. Флексуралните сили се резултат на силите генерирани во клинички ситуации и денталните материјали треба да издржат повеќекратно свиткување, виткање и извртување. Висока флексурална сила е посакувана веднаш кога овие материјали се под акција на цвакален стрес кој може да индуцира перманентна деформација. Флексуралната сила на балкфил-композитите и на конвенционалните композити била истражувана и во студиите се добиле добри резултати за флексуралната сила која многу е важна за клиничката употреба на композитите.⁵

Видот и составот на смолата на матрицата и партиклите на филерот ги диктираат својствата на овие материјали, кои евентуално ги детерминираат нивните клинички перформанси. Композитните реставрации се експонирани на комплексни цвакални сили со значител износ на флексурален стрес во оралната средина.⁶

Фазата на полнилото има големо влијание врз подобрувањето на механичките својства на денталните композити преку фактори како што се оптоварувањето на полнилото, големината, обликот, порозноста и површинската модификација на честичките за полнење за да се подобри меѓусебната врска помеѓу матрицата и полнилото. Меѓутоа, со развојот на нови типови и форми на полнила за подобрување на нивните механички и физички својства, овие полнила не се проширија на биоактивноста на композитите или на контролата на рекурентниот кариес.⁷

Флексуралната сила е клиничко релевантно мерење на издржливоста на материјалот со единствена важност за материјали кои се користат како реставрации за кавитетите од класа I, II и IV кои поднесуваат силни цвакални сили. Материјалите со повисока флексурална сила имаат помала тенденција на фрактура и на пукнатина во маргините.⁸

2. ПРЕГЛЕД НА ЛИТЕРАТУРАТА

Во светската литература има голем број трудови кои за цел на испитување ги имаат механичките особини на композитните реставративни материјали.

Механичките особини на композитните материјали се од голема важност бидејќи од тие особини зависат отпорноста и успешноста на една композитна реставрација. Од проучувањата на механичките особини на композитите кои најмногу се испитуваат: флексуралната сила/јачина, компресивната сила, степенот на конверзија, микроцврстината, модулот на еластичност и други.

Али А Разуки Ал-Шекли (Ali A Razooki Al-Shekhli) и соработниците во својот труд ја испитувале флексуралната сила на четири различни композити: Tetric Evo ceram bulkfill (Ivoclar), Nanoceram Bright (DMP), Ceram X one (Dentsply), Estelite Sigma Quick (Tokuyama Dental). Највисока флексурална сила имал композитот Nanoceram Bright (MPa), Tetric Evo ceram Bulk Fill (116.09 Mpa), Ceram X One (101.12MPa) и Estelite Sigma Quick (97.40MPa). Тие во својот труд исто така ја истакнуваат улогата на високата процена на полнилото, колку е повисоко нивото на полнилото толку се повисоки и механичките особини. Составот на композитните материјали делумно влијаат врз нивната флексурална сила. Композитите со високо ниво на полнило ќе имаат подобра флексурална сила. Tetric Evo Ceram успешно го поминал тестот за флексуралната сила и клинички може да се примени за успешни постериорни реставрации.⁴

Ч. Минакумари (C. Meenakumari) и соработниците во своето истражување испитувале пет различни композити A2 боја Surefil (SDR) течен композит балкфил, нанохибрид Clearfil Majesty (Kuraray), Ever X (GC), Tetric Evo Ceram Bulkfill (Ivoclar) и нанокомпозит Filtek Z350 (3M-Espe). Резултатите од истражувањето биле за Surefil SDR 71.20MPa, Clearfil Majesty posterior 58.51MPa, Ever X Gc, 92.40MPa, Tetric Evo Ceram 70.16MPa, Filtek Z350 97.58 MPa. Тие констатирале дека разликата на флексуралната сила, компресивната сила и цврстината е поради различниот процент и типот на честичките на полнилото на сите тестирани композити, а флексуралните сили кај композитите Filtek Z350 и Ever X Gc биле слични.⁹

Жулиан Ж. Лепранс (Julian G. Leprince) и соработниците во својот труд имале за цел да ги испитуваат физичките и механичките својства на балкфил-композитите со два конвенционални композити како референци, еден композит со високополнило и еден течен нанохибриден композит. Композитите кои ги испитувале се Tetric EvoCeram Bulk Fill (Ivoclar-Vivadent), Venus Bulk Fill (Heraeus-Kulzer), SDR (Dentsply), X-tra Fil (VOCO), X-tra Base (VOCO), Sonic Fill (Kerr), Filtek Bulk Fill (3M-Espe), Xenius (GC), Coltene dual cure BulkFILL во

споредба со Grandio (Voco) и Grandio Flow (Voco). Механичките карактеристики на повеќето балкфил-композити биле пониски во споредба со конвенционалните композити. Во овој труд се добиени следниве резултати: Sonic Fill 140.3 MPa, X-tra F 130.7 MPa, Grandio 125.0 MPa, Grandio F 115.0 MPa, X-tra Base 110.5MPa, Xenius 101.4 MPa, SDR 100.2 MPa, Tetric EvoCeram Bulk Fill 94.5 MPa, Filtek BF 88.4MPa, Coltene dual cure BulkFILL 84.0MPa , Venus Bulkfill 76.0 MPa.¹⁰

Хуи Вун Јео (Hui Woon Yeo) и соработниците во својот труд направиле споредба на особините на балкфил-композитите со други реставративни материјали. Во овој труд се испитувала флексуралната сила на Filtek Z350 (3M Espe), Filtek One Bulk Fill Restorative (3M Espe), Fuji IX(GC) и EQUIA Forte (GC) каде што многу добра флексурална сила покажал композитот Filtek One Bulk Fill Restorative 124.17 MPa, Filtek Z350 97.05MPa Equia Forte 21.31 MPa, Fuji IX 13.16 MPa. Овие резултати индицираат дека балкфил-композитите и конвенционалните композити имаат подобрени својства во споредба со Fuji IX и EQUIA Forte.¹¹

Акашта Патил (Akashta Patil) и соработниците во својот труд ја испитувале флексуралната сила на два најнови композитни материјали субмикрон хибрид Brilliant EverGlow и универзален нанохибриден композит Brilliant Ng. Во трудот се испитувани 24 примероци по 12 од секој композит, примероците според Стандардот ISO биле ставени во дестилирана вода во водена бања 24 часа пред тестирањето. Резултатите добиени од овој труд се Brilliant Ever Glow 77.43 MPa, Brilliant 118.70 MPa. Универзалниот нанохибриден композит покажал подобра флексурална сила од субмикронскиот хибриден композит.¹²

Моника Домарецка (Monika Domarecka) и соработниците во своето компаративно истражување испитувале шест различни композити, композити со двоен систем на полимеризација Bulk EZ (Denville Materials), Fill-Up!(Coltene), StarFill 2B (Denville Materials), Rebilda DC (Voco), MultiCore Flow (Ivoclar), Activa Bioactive-Restorative (Pulpdent Corporation) и три светлополимеризирачки материјали Filtek Bulk Fill Posterior (3M ESPE), Charisma Classic(Heraeus,) и G-aenial Universal Flo(GC). По тестирањето тие ги добиле следниве резултати: Activa Bioactive-Restorative 87 MPa, Rebilda DC 129 MPa, MultiCore Flow 123 MPa, Bulk EZ 116 MPa, Fill-Up! 98 MPa, StarFill 2B 109 MPa, Filtek Bulk Fill Posterior 110 MPa , G-aenial Universal Flo 137 MPa, Charisma Classic 117 MPa. Во својот труд не нашле статистички видлива разлика меѓу композитите со двоен систем на полимеризација и светлополимеризирачки.⁸

М. Чунг (M. Chung) со соработниците истражувале флексурална сила на различни композити со двата теста на флексурална сила: тест за свиткување со три точки и биаксијален тест за виткање. Во своето истражување ги вклучиле следниве композити како микрофил A110 (3M ESPE), минифил Z100 и Filtek

Z250 (3M ESPE), поликиселински модифициран (F2000, 3M ESPE) и течен композит Filtek Flowable (3M ESPE). Флексуралната сила/јачина била детерминирана по 1 недела кондицирање во вода. Со методата на три точки и со биаксијален тест за виткање кај композитот Z100 добиле повисока флексурална сила споредено со сите други композити, кај композитот Z250 добиле повисока флексурална сила од композитите A110 и F2000, додека Filtek Flowable покажал повисока флексурална сила од композитите A110 и F2000.¹³

Акимаса Цуџимото (Akimasa Tsujimoto) и неговите соработници освен другите испитувања ја имаат испитувано и флексуралната сила на седум балкфил-композити: 1) Beautifil-Bulk Restorative (BB, Shofu, Kyoto, Japan), 2) everX Posterior (EP, GC, Tokyo, Japan) и 3) Filtek One Bulk Fill Restorative (FB, 3 M Oral Care, St. Paul, MN, USA), 4) Quix Fill (QF, Dentsply Sirona, York, PA, USA), 5) Sonic Fill 2 (SF, Kerr, Orange, CA, USA), 6) Tetric N Ceram Bulk Fill (TN, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) and 7) Tetric Evo Ceram Bulk Fill (TE, Ivoclar Vivadent), и осум конвенционални композити: 1) Beautifil II (B2, Shofu), 2) Clearfil AP-X (CA, Kuraray Noritake Dental, Tokyo, Japan), 3) Clearfil Majesty ES2 (CM, Kuraray Noritake Dental), 4) Estelite Sigma Quick (EQ, Tokuyama Dental, Tokyo, Japan), 5) Filtek Supreme Ultra Restorative (FS, 3 M Oral Care), 6) G-ænial Sculpt (GS, GC), 7) Harmonize (HM, Kerr), и 8) Z100 Restorative (ZR, 3 M Oral Care). Највисока флексурана сила во нивниот труд покажале балкфил-композитите: everX Posterior 157 Mpa, Z100 143.1 MPa, Restorative 143.1 MPa, Clearfil AP-X 139.9 Mpa, Tetric Evo Ceram Bulk-fill 130.6MPa, Tetric N ceram bulkfill 127.2MPa, Filtek One Bulkfill 126.0 MPa, Filtek supreme ultimate 118.7 MPa, Quix Fill bulkfill 114.8 MPa, Sonic Fill 112.5 MPa, Estelite Sigma Quick 105.4 MPa, Beautifil II 103.1 Mpa, Beautifil-Bulk Restorative 98.7 MPa, Clearfil Majesty 94.6Mpa, Harmonize 92.2 MPa и G-ænial Sculpt 90.6 MPa кој покажал најниска флексурална сила. Сите композити според Стандардот ISO ја имаат надминато минималната флексурална сила.¹⁴

Ајлин Џилингир (Aylin Cilingir) со соработниците во својот труд ја истражувале флексуралната и компресивната сила на следниве композити: нанохбрид Filtek Z550 (3MESPE), балкфил Tetric N Ceram (Ivoclar), Bulk-fill SDR(Dentsply), SonicFill (Kerr) и ги добиле следниве резултати, односно највисока флексурална сила покажал композитот Filtek Z550 158.5 MPa, следен бил композитот SonicFill со 132,25 MPa, SDR 118.89 MPa и најниска флексурална сила/јачина покажал композитот Tetric N Ceram bulkfill со 96,16 MPa. Во овој труд нанохбридниот композит покажал највисока флексурална сила во однос на балкфил-композитите. Тие заклучиле дека флексуралната сила и флексуралниот модул се зголемуваат со содржината и големината на полнилото, но и покрај сличната содржина на полнило кај високовискозниот (high-viscosity) хибриден балкфил-композит Tetric N Ceram покажал помала флексурална сила во споредба со високовискозниот нанохбриден балкфил-композит Sonicfill.¹⁵

Далија А. Абуленаин (Dalia A Abuelenain) со соработниците ја испитувале флексуралната сила на Filtek Z250 (3M ESPE), Filtek Z350 (3M ESPE), Filtek P90 (3M ESPE), Tetric N- ceram bulk-fill (Ivoclar,Vivadent), TetricN-Ceram (Ivoclar, Vivadent) и IPS Empress direct (Ivoclar, Vivadent). Тие ги добиле следниве резултати: Filtek Z250 138.2 МПа, Filtek Z350 127.5 МПа, Filtek P90 99.1 МПа, Tetric N-ceram bulk-fill 95.1 МПа, Tetric N-Ceram 82.9 МПа и IPS Empress direct 98.6 МПа. Највисоки вредности на флексурална сила/јачина имал композитот Filtek Z250 додека најниски вредности имал композитот Tetric N-Ceram 82.9МПа. Варијациите во матрикот на смолата и во технологијата на полнитото имале влијание врз механичките и физичките однесувања на различни композитни материјали. Имајќи го предвид ова истражување како материјал за апликација на местата со поголем цвакален притисок треба да се определиме за композитите Filtek Z250 и Filtek Z350. За апликација на местата со ниско ниво на стрес може да се аплицираат IPS Empress и Tetric N-Ceram.¹⁶

Данијела Маровиќ (Danijela Marovic) и соработниците во својот труд го евалуирале однесувањето на новата генерација на балкфил-композитите. Тие испитувале 6 вакви композити: Tetric PowerFill (Ivoclar, Vivadent), Filtek One Bulk Fill Restorative (3M ESPE), Tetric EvoCeram Bulk Fill (Ivoclar, Vivadent), Fill-Up! (Coltene), Tetric PowerFlow (Ivoclar, Vivadent), SDR Plus Bulk Fill Flowable (Dentsply) во споредба со два конвенционални композити Tetric EvoCeram (Ivoclar, Vivadent) и Tetric EvoFlow (Ivoclar, Vivadent). Флексуралната сила се испитувала во три различни временски интервали по 1 ден, 30 дена и 30 дена во вода и после тоа 3 дена со имерзија на етанол. Filtek One Bulk-fill имал највисока флексурална сила во сите временски периоди 181 ± 35 МПа за еден ден, 182 ± 35 МПа за 30 дена, 215 ± 24 МПа за 30 дена во вода и 3 дена во етанол. Во групата со 1 ден Filtek One Bulk-fill се следи од Tetric PowerFill (127 ± 12 МПа) и SDR 133 ± 18 МПа. Filtek One Bulk-fill имал супериорни механички својства, но и Tetric PowerFill покажал видливи подобрувања во компарација со неговиот претходник Tetric EvoCeram Bulk-fill.¹⁷

Главна цел во истражувањето на Атабек Д. (Atabek D.) и соработниците била да се испитаат флексуралната и компресивната сила на новиот соник активиран балкфил Sonicfill со друг балкфил композит Tetric Evo Ceram Bulkfill (Ivoclar, Vivadent) течен композит SDR flowable(Dentsply) и универзален постериорен композит Gc Gaenial (GC). Тие ги добиле следниве резултати: Sonicfill 163.47 МПа, SDR flowable 142.04 МПа, Tetric EvoCeram 135.16, G-aenial 158.12 МПа. Sonicfill покажал повисока флексурална сила, но помеѓу групите нема видлива разлика.¹⁸

Р. Суза-Лима (R. Sousa-Lima) и соработниците во својата компаративна студија ги испитувале степенот на конверзија, длабочината на полимеризација, стресот на контракција, флексуралната сила, модулот на еластичноста и јачината на врската, на нисковискозниот балкфил-композит Tetric Evo Flow Bulk-Fill

(Ivoclar, Vivadent) со традиционалниот композит Empress Direct (Ivoclar, Vivadent). По испитувањето на флексуралната сила ти ги добиле следниве резултати: Tetric Evo Flow Bulk-Fill 76,6 MPa, Empress Direct 144.9 MPa. Конвенционалниот композит покажал подобра флексурална сила од балкфил-композитите.¹⁹

Целта на трудот на Николета Илие (Nicoleta Ilie) со соработниците била да ги анализираат разликите на механичките својства меѓу модерните течни и нетечни нанохибридни и микрохибридни композити. Тие испитувале 15 нанохибридни, 9 микрохибридни и 10 течни композити. Освен другите испитувања во овој труд ја испитувале флексуралната сила и ги добиле следниве резултати за овие нанохибридни композити: Empress Direct Opal (Ivoclar) 73.8 MPa, N'Durance (Septodont) 123.5 MPa, Tetric Evo Ceram (Ivoclar) 115.3 MPa, Premise (Kerr) 91.0 MPa, Ceram X E3 (Dentsply) 103.3 MPa, Empress Direct Dentin (Ivoclar) 132.1 MPa, Kalore (GC) 103.3 MPa, Empress Direct Enamel (Ivoclar) 104.8 MPa, Ceram X D3 (Dentsply) 82.8 MPa, Simile (Pentron) 136.4 MPa, Miris 2 (Coltene) 131.3 MPa, Filtek Supreme XTE (3M ESPE) 168.9 MPa, Filtek Supreme XT Dentin (3M ESPE) 1637.7 MPa, Venus Diamond (Kulzer) 157.6 MPa, Grandio (Voco) 141.8 MPa. Кај микрохибридните композити ги добиле следниве резултати: Gradia Direct Anterior (GC) 98.0 MPa, Gradia Direct X (GC) 96.0 MPa, Estelite Sigma Quick (Tokuyama) 106.4 MPa, Filtek Silorane (3M ESPE) 131.0 MPa, Esthet.X (Dentsply) 119.3 MPa, Tertric Ceram HB (Ivoclar) 122.4 MPa, Tetric Ceram 134.7 MPa (Ivoclar), Tetric (Ivoclar) 153.6 MPa, Estelite Posterior (Tokuyama) 167.1 MPa. Кај течните композити ги добиле следниве резултати: Revolution Formula 2 (Kerr Dental) 76.5 MPa, Tetric EvoFlow (Ivoclar) 104.2 MPa, Gradia Direct LoFlo (GC) 95.6 MPa, VENUS Diamond flow (Kulzer) 106.8 MPa, Tetric Flow (Ivoclar) 118.1 MPa, X-Flow (Dentsply) 108.9 MPa, SureFil® SDR™ flow (Dentsply) 125.9 MPa, Filtek Supreme XT Flow (3M ESPE) 110.3 MPa, Gradia Direct Flow (GC) 135.6 MPa, Grandio Flow (GC) 115.7 MPa. Категоријата на течните композити се покажала видливо поинфериорно во сите мерени механички карактеристики во споредба со нанохибридните и со микрохибридните композити.²⁰

К. К. Нанџема (K K Nanjamma) и соработниците ја испитувале флексуралната сила на Sonic fill (KERR Dental) и Filtek Bulk-fill (3M ESPE) и еден универзален композит Filtek Z350 (3M ESPE). Тие испитувале по 10 примероци од секоја група според Стандардот ISO 4049. По испитувањето ги добиле следниве резултати каде што повисока флексурална сила/јачина има SonicFill (KERR Dental) - 154 MPa, а најниска Filtek Z350 (3M ESPE) - 133.28 MPa. Композитите Filtek Z350 (3M ESPE) и Sonicfill (KERR Dental) имале статистички висока разлика, но Filtek Z350 (3M ESPE) и Filtek Bulk-fill (3M ESPE) немале статистичка разлика. SonicFill има статистички повисока флексурална сила во споредба со Filtek Bulk-fill (3M ESPE). Тие констатирале дека сите три

композити имаат повисока флексурална сила од 80 МПа, која се бара според Стандардот ISO 4049 и дека SonicFill покажал повисока флексурална сила/јачина бидејќи има зголемено ниво на полнило.²¹

Синвал Адалберто Родригез Јуниор (Sinval Adalberto Rodrigues Junior) со соработниците имале за цел да испитуваат дали составот на композитите има влијание врз флексуралната сила и врз модулот на еластичност. Во својот труд ги покажале резултатите од испитувањето на следниве композити Supreme (3М/ESPE), Esthet-X (Dentsply), Z-250 (3М/ESPE), Charisma (Heraeus Kulzer) и Helio Fill (Vigodent). Примероците се тестирале после седум дена во дестилирана вода. По испитувањето ги добиле следниве резултати: Supreme (3М/ESPE) 119.43 МПа, Esthet-X 145.67 МПа, Z-250 168.87 МПа, Charisma 127.39 МПа, Helio Fill 86.32 МПа. Највисоката флексурална сила ја имал композитот Z250, следен композит бил композитот Esthet-X. Композитите Supreme и Charisma имаат слични резултати и имаат повисока флексурална сила од микрофиниот композит Helio Fill. Авторите констатирале дека содржината на полнилото видливо интерферира во флексуралната сила и во модулуот на еластичноста.²²

Летиција Ц. Баоро (Leticia C Baoro) и соработниците во својот труд ги испитувале механичките својства на различни композити. Тие ја испитувале и флексуралната сила на овие композити Point 4 (KERR Dental), N'Durance (Septodont), ELS (Saremco), Filtek Supreme (3М ESPE), Aelite LS Posterior (BISCO Dental), Filtek Z250 (3М ESPE), Heliomolar (Ivoclar), Filtek Ls (3М ESPE). По испитувањето ги добиле следниве резултати Point 4 147.3 МПа, N'Durance 100.7 МПа, ELS 138.3 МПа, Filtek Supreme 171.2 МПа, Aelite LS Posterior 169.2 МПа, Filtek Z250 180.9 МПа, Heliomolar 96.0 МПа, Filtek LS 111.0 МПа. Нивните примероци се со помали димензии.²³

Вен Лин (Wen Lien) и Крег С. Вандевал (Kraig S Vandewalle) во својот труд ја испитувале флексуралната сила на гиомер Beautiful II(SHOFU), компомер Dyract eXtra (Dentsply Sirona), микрохибрид Esthet X(Dentsply Sirona), силоран Filtek LS (3М ESPE), нанокомпозит Filtek supreme (3М ESPE), хибрид Filtek Z250(3М ESPE). Примероците ги полимеризирале со Bluephase 1600 mW/cm². Filtek Z250 има повисока флексурална сила меѓутоа нема сигнификантна разлика од Filtek LS. Esthet X има најниска флексурална сила.²⁴

Целта на трудот на Марча Борба (Marcia Borba) и соработниците е да ги прикажат резултатите од истражувањето на флексуралната сила и на цврстината на директните и индиректните композити. Тие испитувале Filtek Z250 (3М ESPE), Filtek Z350 (3М ESPE), Sinfony (3М ESPE) и IVM - VitaVM LC (Vita) и ги добиле следниве резултати Filtek Z250 - 135.4 ± 17.6 МПа; Filtek Z350 - 123.7 ± 11.1 МПа; Sinfony - 98.4 ± 6.4 МПа; Vita VM LC - 73.1 ± 4.9 МПа. Тие заклучиле дека директните композити имаат подобри резултати при што Filtek Z250 покажал подобра флексурална сила.²⁵

Ибрахим М. Хамуда (Ibrahim M. Hamouda) и Хагаг Абд Елкадер (Hagag Abd Elkader) во својот труд ги претставуваат резултатите од испитувањето на флексуралната сила на нанофил-комползитот Filtek Supreme (3M ESPE) и хибридниот композит Prime-Dent (Prime Dental Manufacturing). Тие ги добиле следниве резултати: Filtek Supreme покажал 93,68 МПа додека Prime-Dent 89,85 МПа. Нанофил-комползитот покажал повисока флексурална сила/јачина од хибридниот композит, но немаат сигнификантна разлика.²⁶

Гулбин Сајгл (Gülbin Saygılı) соработниците ги испитувале механичките особини меѓу нив и флексуралната сила на композитот Surefil (Dentsply), ормоцерот Definite (VOCO) во споредба со микрохибридниот композит Z-100 (3M ESPE), микрофил-комползитот Silux Plus (3M ESPE) и со композитна смола модифицирана со поликиселина Dyract (Dentsply). Во своето истражување тие ги прикажуваат следниве резултати за три различни временски периоди. Во периодот од 24 часа тие ги добиле следниве резултати Z-100- 128 МПа, Silux Plus -85.20 МПа, Definite -104.40 МПа, Surefil-134.40 МПа, Dyract 59.60 МПа. Surefil покажал подобри резултати.²⁷

Хазем Абуелеил (Hazem Abouelleil) и соработниците во својот труд ги прикажуваат резултатите од испитувањето на механичките својства и на флексуралната сила на композитот EverX Posterior и на балкфил-комползитите Filtek Bulk Fill (FB, 3M ESPE), SonicFill (SF, Kerr Corp.), SureFil (SDR, Dentsply), Venus Bulk Fill (VB, HeraeusKultzer), Tetric Evoceram bulk fill (TECB, Ivoclar Vivadent) и Xtra Base (XB, Voco). Тие при нормалниот тест за флексуралната сила ги добиле следниве резултати за: SF (157.6 МПа), EXP (153.6 МПа), XB (150.4 МПа) и FB (140.0 МПа) кои не биле статистички различни и тие имале сигнификантно повисока флексурална сила во споредба со другите материјали освен FB кој бил сличен со SDR. SF, EXP, XB и FB имале сигнификантно повисока флексурална сила во споредба со VB и со TECB кои, пак, имале најниска флексурална сила.²⁸

Мустафа Ерсој (Mustafa Ersoy) и соработниците испитувале механичките особини на композитите Filtek P-60, Solitare 2, Ariston, Charisma и Filtek Z-250. Тие ги добиле следниве резултати: Filtek Z-250 172.6 МПа, Filtek P-60 130.3 МПа, Ariston AT 105.2 МПа, Solitare 2 90.3 МПа.²⁹

Шива Џафарниа (Shiva Jafarnia) и соработниците ги испитувале механичките својства на нанохибридните MI Gracefil, Herculite Ultra и на еден нанокерамичен композит DiamondLite и ги добиле следниве резултати DiamondLite 118.9 ±17.4 МПа, MI Gracefil 96.2±16.8 МПа, Herculite Ultra 125.8±13.4 МПа. MI Gracefil покажал сигнификантно пониска флексурална сила во споредба со другите, но Herculite Ultra и DiamondLite немале сигнификантна разлика.³⁰

Вандана Садананда (Vandana Sadananda) и соработниците испитувале флексурална сила и компресивна сила на Filtek Bulkfill Posterior Restorative,

SDR bulkfill flowable и Tetric N-Ceram Bulk-Fill и добиле сигнификатна разлика меѓу сите трите групи. Filtek Bulkfill Posterior Restorative покажал повисока флексурална сила 141.44 ± 0.39 МПа, Tetric N-Ceram Bulk-Fill 128.32 ± 0.38 МПа, SDR bulkfill flowable покажал пониска флексурална сила /јачина 118.38 ± 0.47 МПа.³¹

Тестот на флексуралната сила ги одредува својствата поврзани со фрактурата на ресторативниот материјал, особено клучен фактор кога материјалот се користи за кавитети I, II и IV класа.³¹

Шибаски (S. Shibasaki) и соработниците ги испитувале механичките својства на балкфил и на други конвенционални композити. Тие испитувале флексурална сила на Tetric Evo Ceram Bulk-Fill, Filtek Bulk-Fill posterior restorative, SonicFill, Kalore, Filtek LS, Herculite Ultra, Estelite Quick и Filtek Supreme Ultra. За флексуралната сила добиле сигнификантна разлика со следниве резултати: Tetric Evo Ceram Bulk-Fill 115.4 МПа, Filtek Bulk-Fill posterior restorative 138.1 МПа, SonicFill 120.0 МПа, Kalore 116.9 МПа, Filtek LS 129.7 МПа, Herculite Ultra 148.1 МПа, Estelite Quick 120.5 МПа, Filtek Supreme Ultra 138.2 МПа.³²

Гораци Ч. (Goracci C.) и соработниците ги испитувале механичките својства на Ever X Posterior, SonicFill, SureFil, Kalore, Filtek Silorane. За флексуралната сила ги добиле следниве резултати од кои највисока флексурална сила покажал Ever X Posterior 201.08 МПа и SonicFill 193.45 МПа. Surefil 137.26 МПа, Kalore 114.66 МПа и Filtek Silorane 112.64 МПа.³³

3. ЦЕЛ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО

Главната цел на ова истражување е споредба на флексуралната сила на 6 шест различни композити кои се поделени на 3 групи: микрохбридни композити, нанохбридни и балкфил-композити. Трите групи се поделени во по две подгрупи.

Во првата група се микрохбридните композити: подгрупа 1 Charisma Classic (Kulzer) и подгрупа 2 Filtek Z 250 (3M ESPE) .

Во втората група се испитуваат нанохбридните композити: подгрупа 1 Evetric (Ivoclar) и подгрупа 2 Filtek Z550 (3M ESPE) .

Во третата група се испитуваат балкфил-композитите: подгрупа 1 Tetric PowerFill Bulkfill (Ivoclar) и подгрупа 2 Filtek One Bulkfill Restorative (3M ESPE).

Споредба на групата микрохбридни композити со групата на нанохбридни композити;

Споредба на групата микрохбридни со балкфил-композитите;

Споредба на групата нанохбридните композити со балкфил-композити;

Споредба на композитите: Charisma Classic со Filtek Z250, Filtek Z550, Evetric, Filtek One Bulkfill Restorative, Tetric PowerFill Bulkfill;

Споредба на композитите: Filtek Z250 со Filtek Z550, Evetric, Filtek One Bulk-fill Restorative, Tetric PowerFill Bulkfill;

Споредба на композитите: Filtek Z550 со Evetric, Filtek One Bulk Fill Restorative, Tetric PowerFill Bulkfill;

Споредба на композитите: Evetric со Filtek One Bulk-Fill, Tetric PowerFill Bulkfill;

Споредба на композитите: One Filtek Bulk Fill Restorative со Tetric PowerFill Bulkfill.

4. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДИ

За реализација на поставените цели, испитувањето на флексуралната сила се спроведуваше според Стандардот ISO 4049/ 2019.³⁴

Во овој труд беа испитани по 6 примероци на композит од сите 6 различни композити, односно вкупно 36 примероци. Сите композити беа со нијанса А3 , Tetric PowerFill Bulkfill IVA нијанса.

Сите примероци беа направени на ист начин според Стандардот ISO³⁴, на не'рѓосувачки челичен калап со димензии (25 ± 2) мм x $(2,0\pm 0,1)$ мм x $(2,0\pm 0,1)$ мм. Челичниот калап се поставуваше над метална плочка и се пополнуваше со композитен материјал. Потоа над калапот се поставуваше и метална плочка и се аплицираше притисок во времетраење од 1 минута и потоа се отстрануваше вишокот од композитниот материјал.

За полимеризација се употребуваше лед-лампа Bluephase Style M8 (Ivoclar) со интензитет $800 \text{ mW/cm}^2 \pm 10\%$ Програма на полимеризација High Power. Полимеризирањето на композитот се почнуваше во средина на примерокот во времетраење според инструкциите на производителот, по првата полимеризација апликаторот на лампата се поставуваше за пола дијаметар на другиот дел на примерокот и се продолжуваше на целата должина на примерокот. По полимеризирање на едната страна на примерокот, се полимеризираше и од другата страна на ист начин во времетраење според инструкциите на композитните материјали. По полимеризацијата, примероците беа поставени во водена бања со дестилирана вода $(37\pm 1)^\circ\text{C}$ за време од 15 минути. Примероците потоа ги отстранувавме од калапот и ги контролиравме за евентуални дефекти. Примероците ги поставувавме во водена бања со дестилирана вода $(37\pm 1)^\circ\text{C}$ во времетраење од 24 часа во лабораторијата на УКИМ, на Стоматолошкиот факултет во Скопје.

По 24 часа примероците ги вадивме од водената бања и ги испитувавме на Машинскиот факултет, УКИМ, Скопје со машина за испитување материјали SHIMADZU, тип AGS-X.

Примероците ги поставуваме хоризонтално над два држачи кои се поставени со $(20\pm 0,1)$ мм дистанца. Потоа шипката поставена вертикално и паралелно со држачите беше пуштена надолу над средината на примерокот, заедно сите три во комбинација за оптоварување на три точки. Над центарот на примерокот се аплицираше товар врз примерокот со брзина од $0,75\pm 0,25$ мм/мин до моментот кога примерокот ја достигнуваше границата на точката на принос или додека немаше граница на принос до појава на фрактура. Се регистрира максималното оптоварување на кое е подложен примерокот во границата во моментот на појавата на фрактурата. Димензиите на примероците беа мерени во средината со микрометар.

Флексуралната сила се калкулираше на σ мегапаскали од формулата:

$$\sigma = \frac{3Fl}{2bh^2}$$

F е максималното оптоварување во њутни, наметнато над примерокот,

l дистанцата помеѓу поддржувачите на милиметри,

b ширината, во милиметри мерено на средина на примерокот пред тестирање,

h е висината, во милиметри мерено на средина на примерокот пред тестирање.

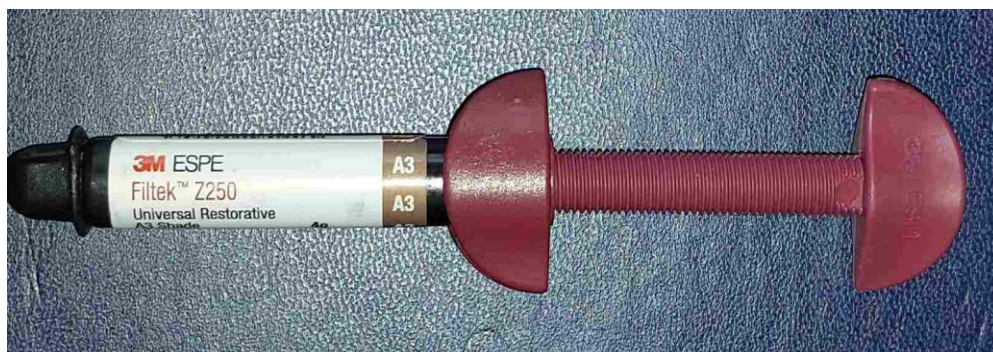
Според Стандардот ISO, минималната флексурална сила за композитите од тип 1-втора класа - прва група треба да биде 80 МПа.³⁴

Табела 1. Композитите кои се испитуваат и нивниот состав.

Композит	КОМПОЗИЦИЈА/СОСТАВ	Време на полимеризација
Charisma Classic (Heraeus Kulzer) Микрохибрид	Бариум алуминиум боро флуор силикатно стакло, BIS-GMA, тектосиликат, TEGDMA,UDMA, силициумска киселина, полимер, титаниум диоксид, флуоресцентни пигменти, металник оксиди пигменти, органски пигменти, аминобензојска киселина естер, БХТ, камфоркинон. Содржи приближно 61 % филер по волумен (со 60 % неоргански филер по волумен), големината на честичките на филерите 0.005 - 10 μm .	20 сек.
Filtek Z250 (3M ESPE) Микрохибрид	Филерот е циркониум/силика. Неорганскиот товар на филерот е 60 % по волумен (без третман со силијан) со опсег на големина на честичките од 0.01 до 3.5 μm . Содржи смоли BIS-GMA, UDMA и BIS-EMA.	20 сек.
Filtek Z550 (3M ESPE) Нанохибрид	Полнењето е комбинација на циркониум/силициум со променета површина и 20 nm силициумски честички со променета површина. Неорганското полнење има 81,8 % тежина (67,8 % волумен) со големина на силициумски честички од 20 nm и отприлика големина на циркониумски/силициумски честички од 0,1 - 10 микрони. Универзалниот нанохибриден ресторативен материјал содржи смоли BIS-GMA, UDMA, BIS-EMA, PEGDMA и TEGDMA	20 сек.
Evetric (Ivoclar) Нанохибрид	Се состои од диметакрилати (19-20 wt. %). Полнењата содржат бариум стакло, иттериум-трифлуорид, мешани оксиди и кополимери (80-81 wt. %). Адитивите, иницијаторите, стабилизаторите и пигментите се дополнителни содржини (<1 wt. %). Вкупниот содржина на неоргански полнења е 55-57 вол. % Големината на честичките на неорганските полнења е помеѓу 40 nm и 3000 nm.	20 сек.
One Bulkfill Restorative (3M ESPE) Балкфил	Филерите се комбинација од неагломериран/неагрегиран силициум полнење од 20 nm, неагломериран/неагрегиран цирконски филер од 4 до 11 nm, агрегиран филер од цирконија/силициум кластер (составен од 20 nm ⁴ до силициум 1 и честички филер на итербиум трифлуорид кој се состои од агломерат честички од 100 nm. Неорганското полнење на полнењето е околу 76,5 % по маса (58,5 % по волумен). Содржи AUDMA, AFM, диуретан-DMA и 1, 12-додекан-DMA	20 сек
Tetric Powerfill (IVOCALAR) Балкфил	Бариумово стакло, кополимер, мешан оксид од Si-Zr, Bis-GMA, итербиум трифлуорид, Bis-PMA, UDMA, Bis-EMA Вкупна содржина на неоргански полнења: 53 – 54 vol% Големина на честичките на неорганските полнења: помеѓу 0,11 μm и 15,46 μm	20 сек.



Слика 1. Микрохибриден композит Charisma Classic (Kulzer).



Слика 2. Микрохибриден композит Filtek Z250 (3M ESPE).



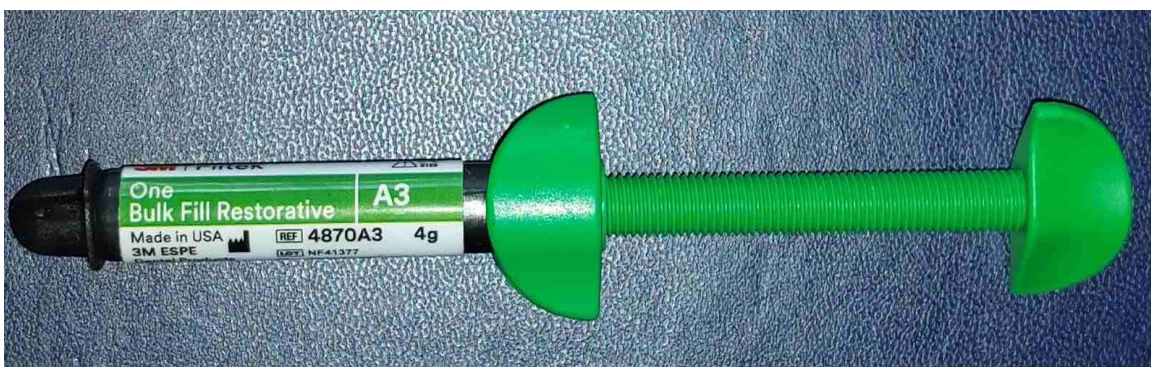
Слика 3. Нанохибриден композит Evetric (Ivoclar).



Слика 4. Нанохибриден композит Filtek Z550 (3MESPE)



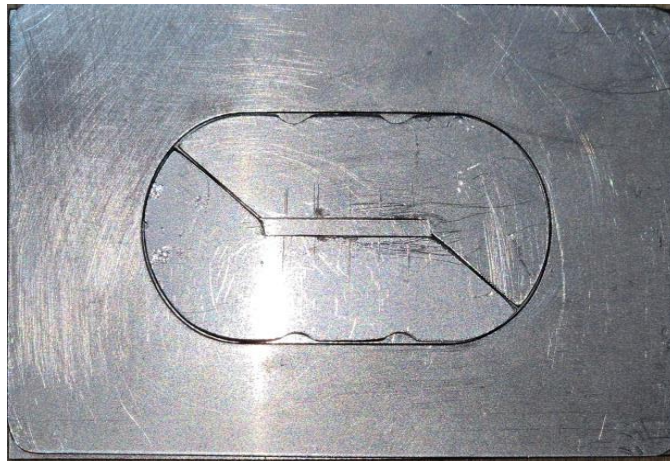
Слика 5. Балкфил-композит Tetric PowerFill (Ivoclar)



Слика 6. Балкфил-композит Filtek One Bulk Fill Restorative (3M ESPE)



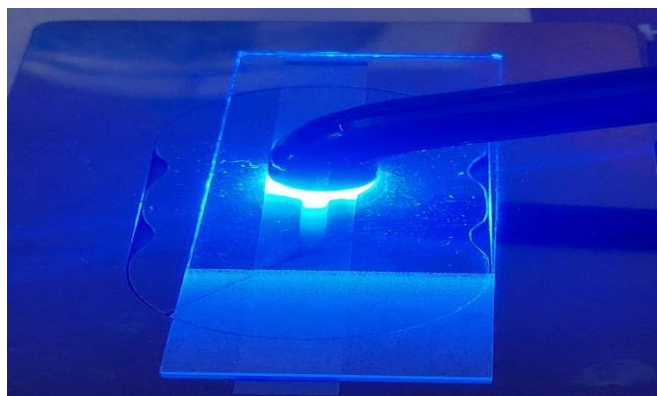
Слика 7. Лед-лампа Bluephase Style M8 (Ivoclar)



Слика 8. Челичниот калап за припрема на композитните примероци.



Слика 9. Апликација на притисок .



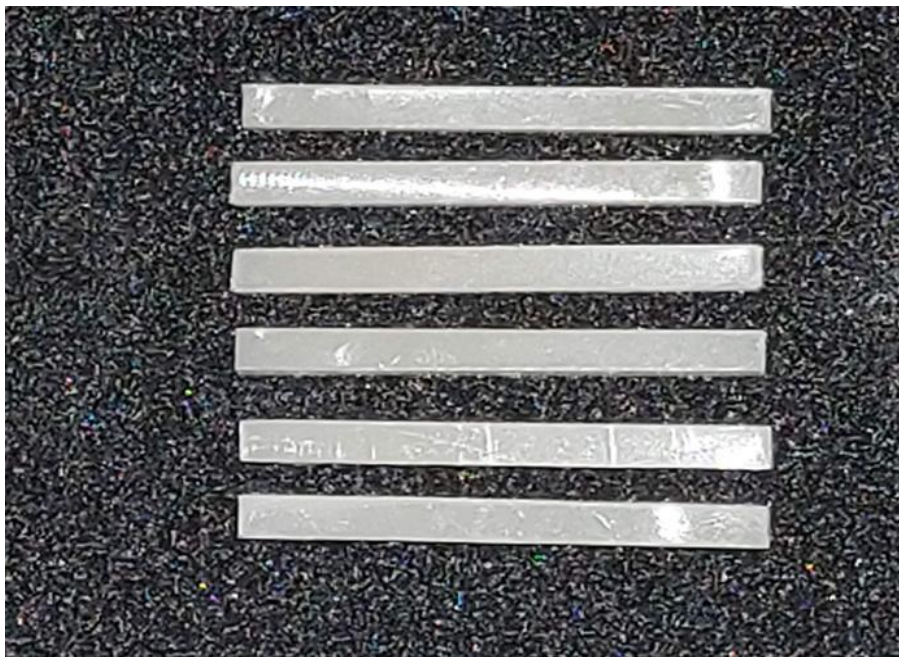
Слика 10. Полимеризирањето на композитниот примерок ,



Слика 11. Калапот полнет со композит по полимеризација во водена бања.



Слика 12. Отстранување на композитниот примерок од челичниот калап.



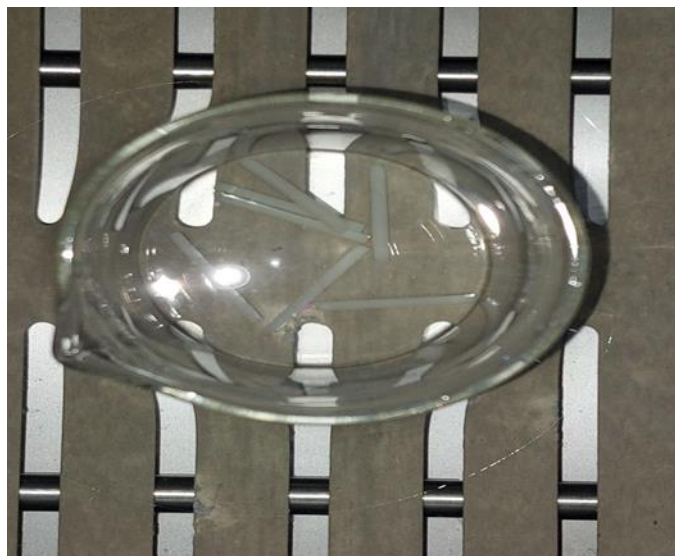
Слика 13. Композитните примероци од еден вид композит.



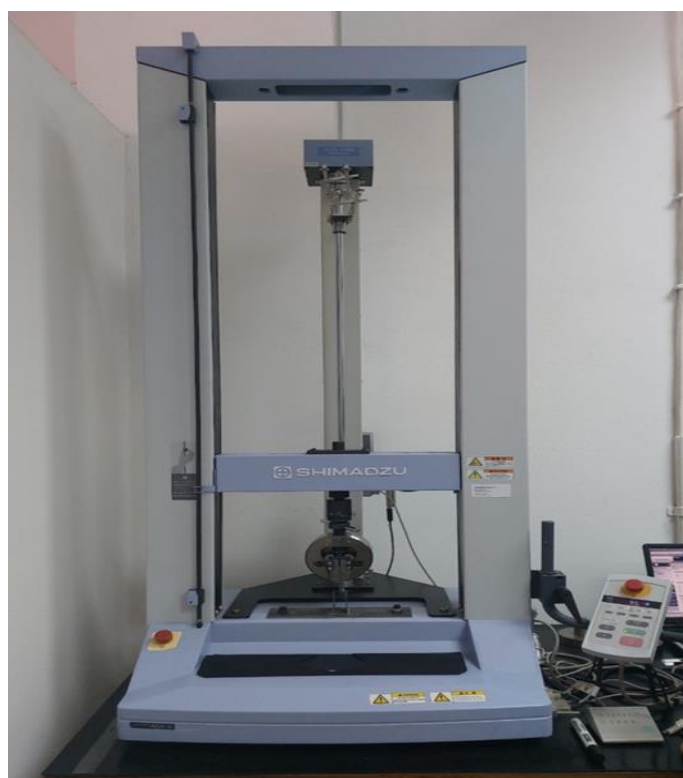
Слика 14. Микрометар за мерење на димезиите на примерокот.



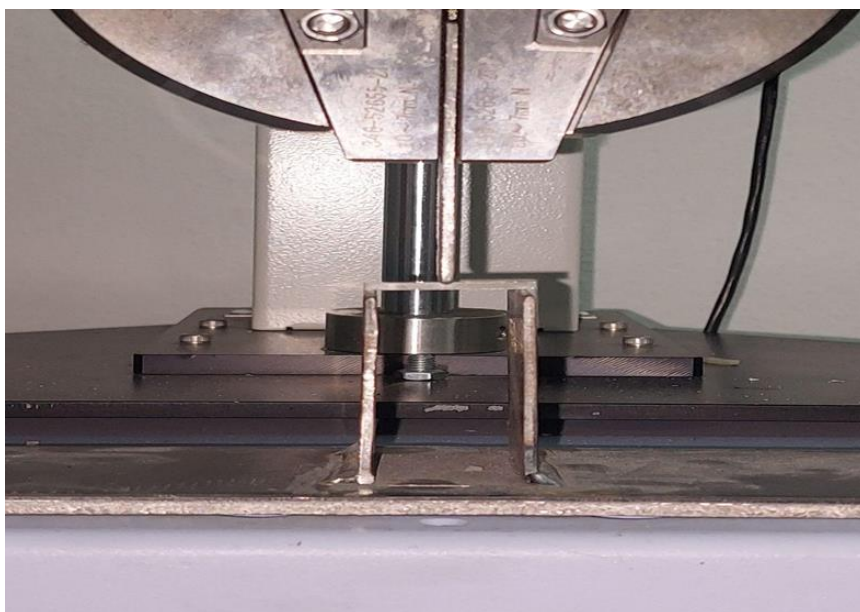
Слика 15. Водена бања



Слика 16. Примероците во водена бања



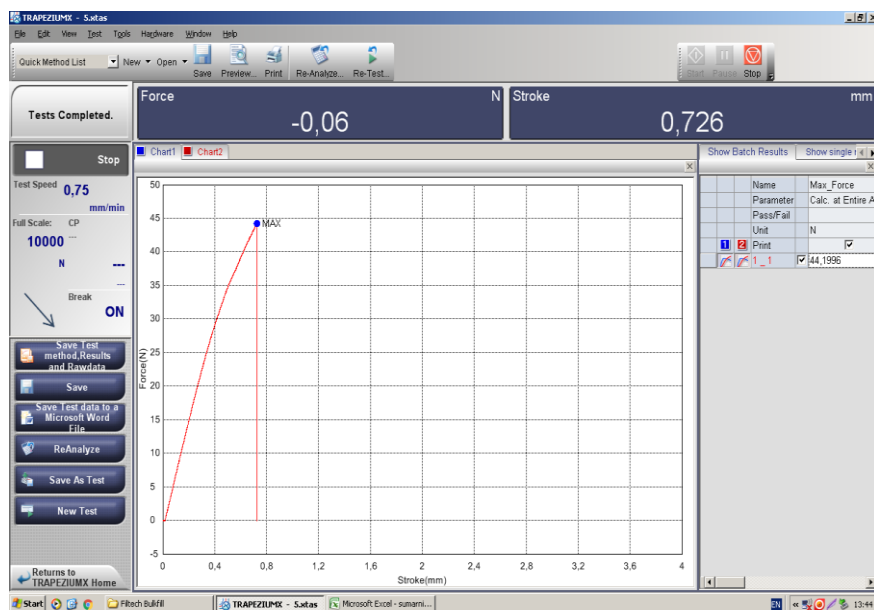
Слика 17. SHIMADZU, тип AGS-X. Машински факултет, Скопје, УКИМ



Слика 18. Композитниот примерок пред испитувањето



Слика 19. Композитните примероци по тестот .



Слика 20 . Регистрирање на максималното оптоварување на кое е подложен примерокот во границата во моментот на појавата на фрактурата.

5. СТАТИСТИЧКА ОБРАБОТКА

Податоците добиени со истражувањето беа обработени во SPSS software package, version 22.0 for Windows и беа прикажани табеларно и графички.

Анализата на категоричните варијабли беше направена преку одредување на коефициент на односи, пропорции и на стапки.

Континуираните варијабли беа анализирани со мерките на централна тенденција (просек, медијана, минимум и максимум вредности), како и со мерките на дисперзија (стандардна девијација).

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

За тестирање на значајноста на разликата меѓу континуираните варијабли со правилна дистрибуција на фреквенциите (флексурална сила на микрохибридни, нанохибридни и на балкфил-композити) беа користени параметарски Student-ов t-тест (за два независни примероци) и One way ANOVA test и Post Hoc Test анализа (за повеќе независни примероци).

За процена на ефектот на значајноста на разликата утврдена со Student-ов t-тест кај групите со еднаков примерок, а со разлика во стандардната девијација беше користен Glass's *delta* test.

Статистичката значајност беше утврдена преку користење двострана анализа со ниво на сигнификантност од $p < 0,05$.

6. РЕЗУЛТАТИ

Студијата претставува проспективно компаративно истражување за споредба на флексуралната сила на различни композити. Истражувањето беше спроведено во периодот 2023/ 2024 година во лабораторијата на Стоматолошки факултет „УКИМ Скопје“ и на Машински Факултет, УКИМ, Скопје.

Согласно со претходно поставените истражувачки критериуми, испитувана беше флексуралната сила (МПа) кај 3 групи композити, и тоа: микрохбридни композити - група 1, нанохбридни композити - група 2 и балкфил-композити група 3. Дополнително, секоја од трите групи беше поделена во по две подгрупи со различни композити, и тоа: а) Charisma Classic (CC) и Filtek Z 250 (FZ 250) кај микрохбридните композити од групата 1; б) Evetric (Ev) и Filtek Z 550 (FZ 550) кај нанохбридните композити од група 2 и в) Tetric PowerFill Bulkfill (PB) и Filtek One Bulkfill Restorative (FB) кај балкфил-композити од групата 3.

Согласно со примената на методот на прост случаен избор (Random sampling), флексуралната сила беше испитувана на вкупно 36 примероци на композити, и тоа по 12 примероци во секоја од трите групи односно по 6 примероци во секоја од 6. подгрупи композити (слика 21).



Слика 21. Алгоритам на истражувањето

6.1. Општи карактеристики

Примероците на истражувањето го сочинуваа вкупно 36 композитни примероци организирани во три групи, и тоа група 1 → микрохбридни композити (N=12), група 2 → нанохбридни композити (N=12) и група 3 → балкфил-композити (N=12) (табела 2).

Табела 2. Дистрибуција на примерокот според групи / подгрупи на композити

Групи/ Подгрупи	Вкупно
Микрохбридни композити	
CC	6 (50 %)
FZ 250	6 (50 %)
Вкупно	12 (100 %)
Нанохбридни композити	
Ev	6 (50 %)
FZ 550	6 (50 %)
Вкупно	12 (100 %)
Балкфил-композити	
PB	6 (50 %)
FB	6 (50 %)
Вкупно	12 (100 %)
CC=Charisma Classic; FZ 250=Filtek Z 250; Ev=Evetric; FZ 550=Filtek Z 550 PB=Tetric Powerfill Bulkfill ; FB=One Filtek Bulkfill Restorative	

Микрохбридните композити од групата 1 имаа две подгрупи на композити Charisma Classic (CC) и Filtek Z250 (FZ 250) секоја со по N=6 примероци. Нанохбридните композити од групата 2 имаа две подгрупи на композити, Evetric (Ev) и Filtek Z 550 (FZ 550) секоја со по N=6 примероци. Балкфил-композитите од групата 3 имаа две подгрупи на композити, и тоа Tetric PowerFill Bulkfill (PB) и Filtek One Bulk Fill Restorative (FB) секоја со по N=6 примероци (табела 2 и графикон 1).

Беше направена споредба на утврдената флексурална сила (MPa) меѓу групите, односно меѓу подгрупите на различни композити.

Графикон 1. Дистрибуција според групи / подгрупи на композити



6.2. Флексуларна сила (МПа)

Во рамките на ова истражување, беше одредувана флексуларната сила (МПа) поединечно во секоја од трите групи на композити (микрохбридни, нанохбридни и балкфил) како и за шесте подгрупи на композити (CC, FZ250, Ev, FZ550, PB и FB).

Споредбата на добиените вредности за флексуларната сила (МПа) беше направена помеѓу: а) трите групи како целина; б) во рамките на секоја од групите помеѓу подгрупите (CC/FZ250, Ev/FZ550, и PB/ FB), како и в) помеѓу подгрупите на трите групи во сите можни комбинации (CC/Ev; CC/FZ550; CC/PB; CC/FB; FZ250/Ev; FZ250/FZ550; FZ250/PB; FZ250/FB; Ev/PB; Ev/FB; FZ550/PB; и FZ550/FB).

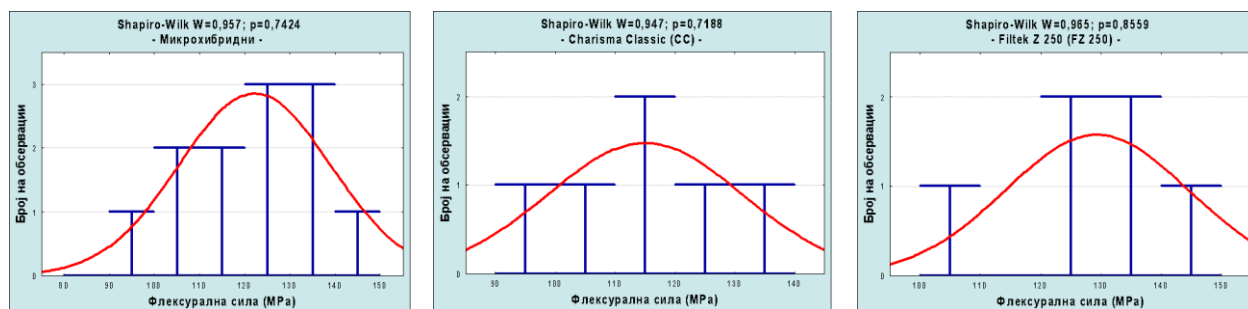
6.2.1. Дистрибуција на фреквенции на флексуларната сила

Дистрибуцијата на фреквенциите на флексуларната сила (МПа) беше анализирана поединечно за секоја од трите групи како целина, односно за секоја од подгрупите, врз основа на што во понатамошните анализи беа применети соодветни статистички тестови (графикони 2-4).

Микрохбридни композити – Анализата на добиените вредности за јачината на флексуларната сила (МПа) кај целата група, како и кај подгрупите на микрохбридните композити, Charisma Classic (CC) и Filtek Z 250 (FZ250), укажа на правилна дистрибуција на фреквенциите и тоа за (графикон 2):

- Микрохбридни композити - Shapiro-Wilk $W=0,957$; $p=0,7424$
- CC - Shapiro-Wilk $W=0,947$; $p=0,7188$
- FZ250 - Shapiro-Wilk $W=0,965$; $p=0,8559$

Согласно со правилната дистрибуција на добиените фреквенции за јачината на флексуларната сила (МПа) во групата микрохбридни композити како и во двете подгрупи (CC/FZ250), во анализата беа користени параметарски статистички тестови.

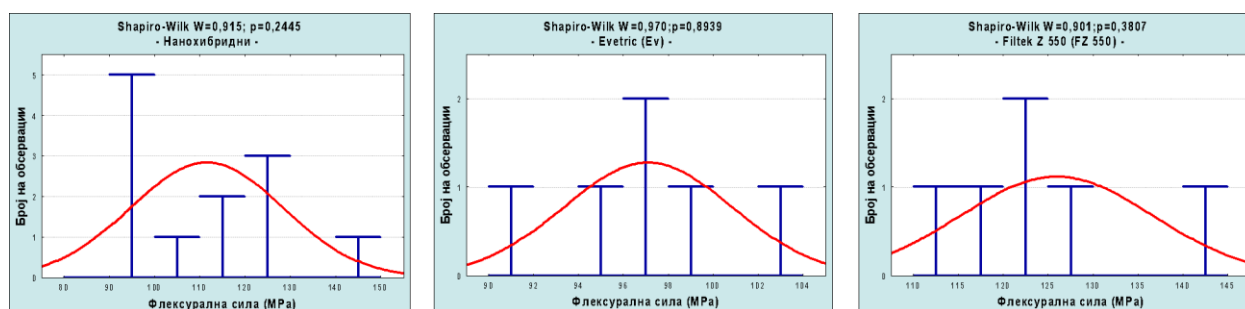


Графикон 2. Дистрибуција на фреквенции на флексуларната сила (МПа) – група/подгрупи на микрохидридни композити

Нанохидридни композити – Анализата на добиените вредности за јачината на флексуларната сила (МПа) кај целата група, како и кај подгрупите на нанохидридните композити, Evetric (Ev) и Filtek Z 550 (FZ 550), укажа на правилна дистрибуција на фреквенциите и тоа за (графикон 3):

- Нанохидридни композити – Shapiro-Wilk $W=0,915$; $p=0,2445$
- Ev – Shapiro-Wilk $W=0,970$; $p=0,8939$
- FZ550 – Shapiro-Wilk $W=0,901$; $p=0,3807$

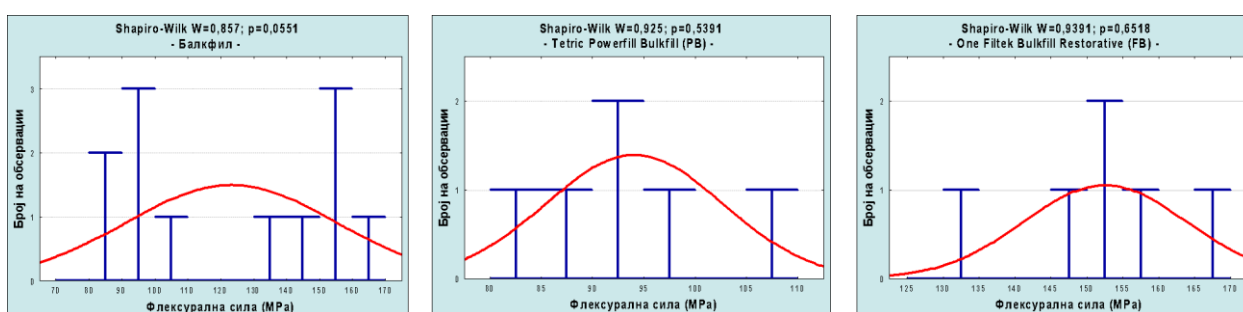
Согласно со утврдената правилна дистрибуција на добиените фреквенции за јачината на флексуларна сила (МПа) во групата нанохидридни композити како и во двете подгрупи (Ev/FZ550), во понатамошната анализата беа аплицирани параметарски статистички тестови.



Графикон 3. Дистрибуција на фреквенции на флексуларната сила (МПа) – група/подгрупи на нанохидридни композити

Балкфил-композити – Добиените вредности за јачината на флексуларната сила (МПа) кај групата / подгрупите на балкфил-композити Tetric Powerfill Bulkfill (PB) и One Filtek Bulkfill Restorative (FB), укажа на комбинација од правилна и гранично правилна дистрибуција на фреквенциите, и тоа за (графикон 4):

- Балкфил-композити – Shapiro-Wilk $W=0,857$; $p=0,0551$
- PB – Shapiro-Wilk $W=0,925$; $p=0,5391$
- FB – Shapiro-Wilk $W=0,939$; $p=0,6518$



Графикон 4. Дистрибуција на фреквенции на флексуларната сила (МПа) – група/ подгрупи на балкфил-композити

Согласно со утврдената дистрибуција на добиените фреквенции за јачината на флексуларна сила (МПа) во групата балкфил-композити како и во двете подгрупи (PB/ FB), во понатамошната анализата беа аплицирани согласно со потребата од параметарски, односно од непарстатистички тестови.

6.2.2. Меѓугрупна споредба на флексуларната сила

Беше направена анализа кај секоја од трите групи композити поединечно (микрохбридни, нанохбридни и балкфил) како и нивна меѓусебна споредба во однос на флексуларната сила (МПа).

Табела 3. Меѓугрупна споредба на композитите според флексуларната сила

Групи	Флексурална сила (МПа)				¹p
	Број (N)	Mean± SD	Мин/ Мак (Min/ Max)	Median (IQR)	
Композити					
Микрохибридни	12	122,19±16,78	95,2/ 147,8	124,5 (108,9-137,1)	F(2)=0,959; p=0,3936
Нанохибридни	12	111,51±16,89	91,4/ 144,9	108,7 (97,6-123,8)	
Балкфил	12	123,32±32,03	83,8/ 166,7	120,9 (93,9-153,0)	
¹One way ANOVA *сигнификантно за p<0,05					

Кај МИКРОХИБРИДНИТЕ КОМПОЗИТИ просечната флексуларна сила (МПа) изнесуваше 122,19±16,78 МПа. Кај 50 % од композитните примероци на микрохбридните композити флексуларната сила беше ≥124,5 МПа, а кај 25 % таа беше ≥137,1 МПа за Median IQR=124,5 (108,9-137,1). Минималната, односно максималната флексуларна сила кај микрохбридните композити изнесуваше 95,2/ 147,8 МПа (табела 3 и графикон 5).

Кај НАНОХИБРИДНИТЕ КОМПОЗИТИ беше утврдена просечната флексуларна сила (МПа) од 111,51±16,89 МПа. Кај 50 % од композитните примероци од оваа група, флексуларната сила беше ≥108,7 МПа, а кај 25 % таа беше ≥123,8 МПа за Median IQR=108,7 (97,6-123,8). Минималната, односно максималната флексуларна сила кај нанохбридните композити изнесуваше 91,4/ 144,9 МПа (табела 3 и графикон 5).

Кај БАЛКФИЛ-КОМПОЗИТИТЕ просечната флексуларна сила (МПа) изнесуваше 123,32±32,03 МПа. Кај 50 % од композитните примероци на балкфил-композитите флексуларната сила беше ≥120,9 МПа, а кај 25 % таа беше ≥153 МПа за Median IQR=120,9 (93,9-153,0). Минималната, односно максималната јачина на флексуларната сила кај балкфил-композитите изнесуваше 83,8/ 166,7 МПа (табела 3 и графикон 5).

Од трите анализирани групи, нанохибридните композити имаа најниска просечна флексурална сила (МПа), потоа следуваат микрохибридните композити и балкфил-композитите. Анализата на варијанса, за $p > 0,05$ не укажа на сигнификантна разлика помеѓу трите групи композити (микрохибридни, нанохибридни и балкфил) во однос на флексуралната сила (МПа) за One way ANOVA: $F_{(2)} = 0,959$; $p = 0,3936$ (табела 3 и графикон 5).

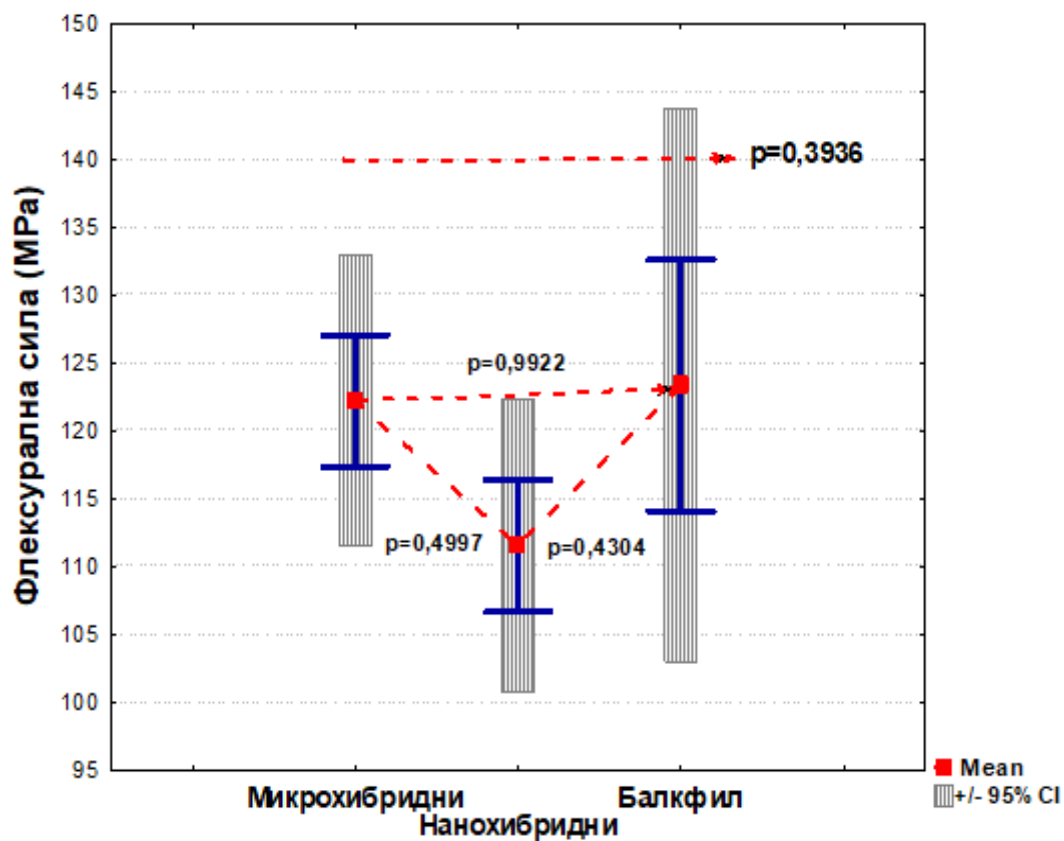
Табела 4. Тест Tukey (HSD) на групите композити според флексуралната сила

Групи	Флексурална сила (МПа)		
	Микрохибридни M=122,19	Нанохибридни M=111,51	Балкфил M=123,32
Композити			
Микрохибридни	Ref.	0,4997	0,9922
Нанохибридни	0,4997	Ref.	0,4304
Балкфил	0,9922	0,4304	Ref.
M=Mean difference; *сигнификантно за $p < 0,05$			

Дополнителната споредба на просечната флексурална сила (МПа) на секоја група во однос на другите групи со примена на тестот Post hoc - Tukey significant difference (HSD) укажа на тоа дека (табела 4 и графикон 5):

- за $p > 0,05$, има несигнификантно повисока флексурална сила (МПа) во групата на микрохибридните споредено со нанохибридните композити ($p = 0,4997$);
- за $p > 0,05$, има несигнификантно повисока флексурална сила (МПа) во групата на балкфил споредено со микрохибридните композити ($p = 0,9922$);
- за $p > 0,05$, има несигнификантно повисока флексурална сила (МПа) во групата на балкфил споредено со нанохибридните композитите ($p = 0,4304$).

Графичкиот приказ на меѓугрупната споредба на трите композити во однос на флексуралната сила (МПа) е даден во графиконот 5.



Графикон 5. Меѓугрупна споредба според флексуралната сила (МРа)

6.2.3. Интрагрупна споредба на флексуралната сила

Во рамките на ова истражување беше направена интрагрупна споредба во однос на флексуралната сила (МПа), и тоа помеѓу соодветните подгрупи во рамките на секоја од трите групи композити. Беа анализирани групите на микрохбридните композити за подгрупите на CC/FZ250, на нанохбридните композити за подгрупите Ev/FZ550 и на балкфил-композитите за подгрупите PB/ FB (табела 5).

Табела 5. Интрагрупна споредба во трите групи композити според флексуралната сила

Групи	Флексурална сила (МПа)				¹p
	Број (N)	Mean± SD	Мин/ Мак (Min/ Max)	Median (IQR)	
Микрохибридни композити (N=12)					
CC	6	115,03±16,26	95,2/137,8	113,6 (100,7-129,3)	t(2)=-1,575; p=0,1463
FZ 250	6	129,35±15,23	104,4/147,8	131,8 (121,7-138,5)	
Нанохибридни композити (N=12)					
Ev	6	97,09±3,76	91,4/102,5	97,6 (94,7-98,8)	t(2)=-6,231; p=0,00001* → Glass's delta=7,670
FZ 550	6	125,93±10,69	114,9/144,9	123,8 (117,9-129,9)	
Балкфил-композити (N=12)					
PB	6	94,06±8,59	83,8/109,1	93,9 (88,1-95,7)	t(2)=-10,044; p=0,00002* → Glass's delta=6,811
FB	6	152,57±11,38	132,9/ 166,6	153,0 (149,9-159,9)	
CC=Charisma Classic; FZ 250=Filtek Z 250; Ev=Evetric; FZ 550=Filtek Z 550 PB=Tetric Powerfill Bulkfill ; FB=One Filtek Bulkfill Restorative					
¹independent t-test Glass's delta=Effect size *сигнификантно за p<0,05					

6.2.3.1 ИНТРАГРУПНА СПОРЕДБА на микрохбридни композити –

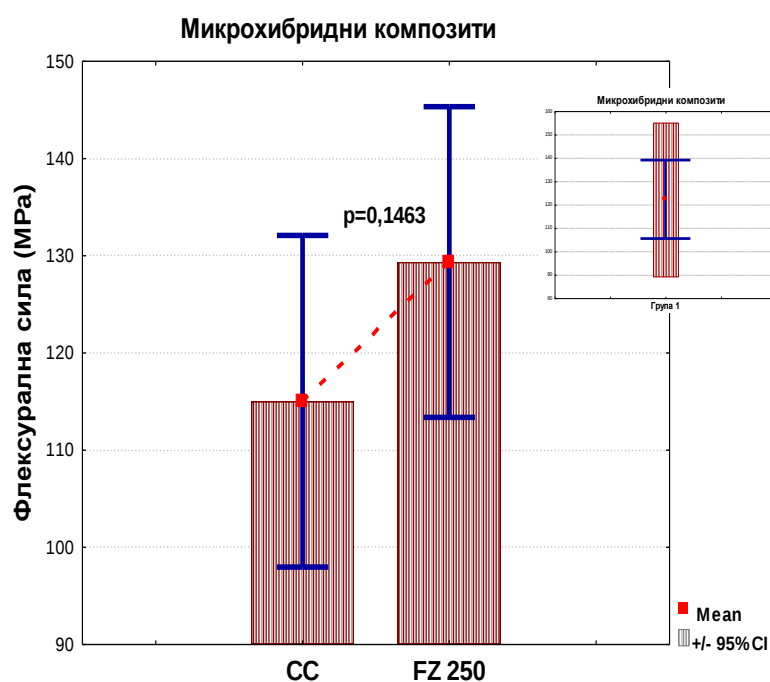
Споредбата на подгрупите во групата на микрохбридни композити укажа на тоа дека просечната флексурална сила (МПа) изнесуваше 115,03±16,26 МПа кај подгрупата на композитот CC и 129,35±15,23 МПа кај подгрупата FZ250 (табела 5 и графикон 6).

Кај 50 % од композитните примероци од подгрупата CC флексуралната сила беше ≥113,6 МПа, а кај 25 % таа беше ≥129,3 МПа за Median IQR=113,6 (100,7-129,3). Кај 50 % од композитните примероци од подгрупата FZ250

флексуралната сила беше $\geq 131,8$ МПа, а кај 25 % од нив таа беше $\geq 138,5,8$ МПа за Median IQR=131,8 (121,7-138,5) (табела 5 и графикон 6).

Минималната, односно максималната флексурална сила кај микрохбридниот композит од подгрупата CC изнесуваше 95,2/137,8 МПа, а кај микрохбридниот композит од подгрупата FZ250 изнесуваше 104,4/ 147,8 МПа (табела 5).

За $p > 0,05$, немаше сигнификантна разлика помеѓу двете подгрупи (CC/ FZ250) на микрохбридните композити во однос на флексуралната сила (Independent t-test: $t_{(2)} = -1,575$; $p = 0,1463$) (табела 5 и графикон 6).



Графикон 6. Интрагрупна споредба на флексуралната сила (МПа) – микрохбридни композити

6.2.3.2 ИНТРАГРУПНА СПОРЕДБА на нанохбридни композити –

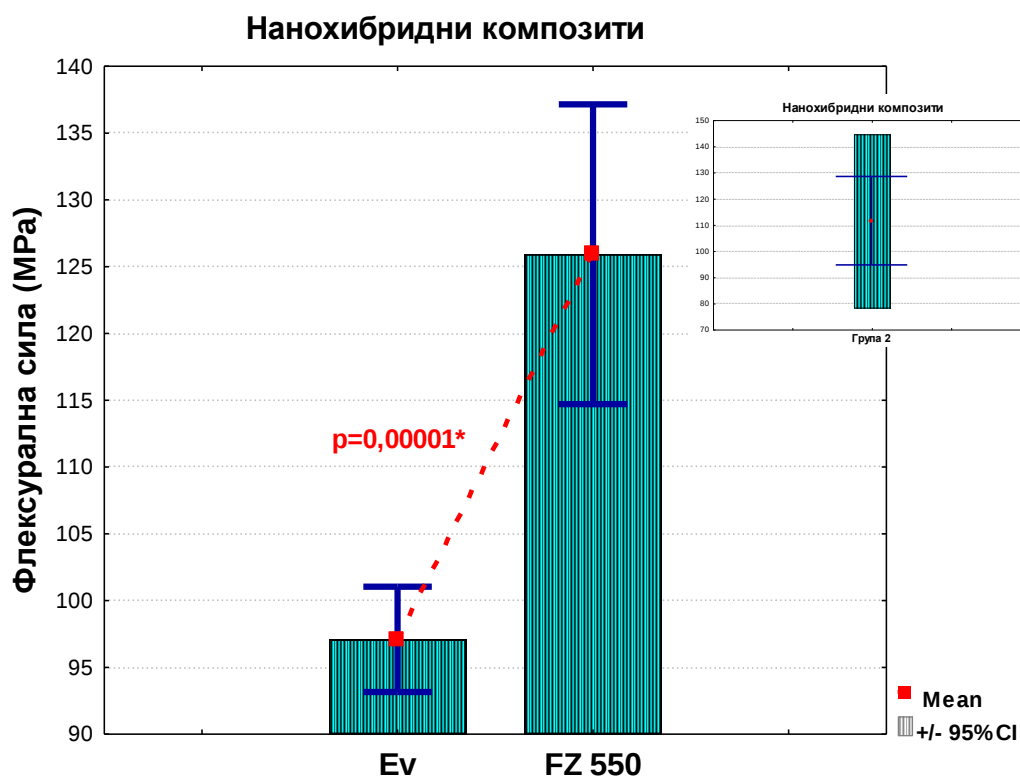
Споредбата на двете подгрупи од групата на нанохбридните композити укажа на тоа дека просечната флексурална сила (МПа) изнесуваше $97,09 \pm 3,76$ МПа во подгрупата Ev и $125,93 \pm 10,69$ МПа во подгрупата FZ550 (табела 5).

Во подгрупата Ev, кај 50 % од композитните примероци флексуралната сила беше $\geq 97,6$ МПа, а кај 25 % од нив таа беше $\geq 98,8$ МПа за Median IQR=97,6 (94,7-98,8) (табела 5).

Кај 50 % од композитните примероци на подгрупата FZ550 флексуралната сила беше $\geq 123,8$ МПа, а кај 25 % од нив таа беше $\geq 129,9$ МПа за Median IQR=123,8 (117,9-129,9) (табела 5 и графикон 7).

Минималната, односно максималната флексурална сила (МПа) кај нанохибридниот композит од подгрупата Ev изнесуваше 91,4/102,5 МПа, а кај подгрупата FZ550 изнесуваше 114,9/144,9 МПа (табела 5 и графикон 7).

За $p < 0,05$ беше утврдена сигнификантна разлика помеѓу двете подгрупи (Ev/FZ550) на нанохибридните композити во однос на јачината на флексуралната сила (Independent t-test: $t_{(2)} = -6,231$; $p = 0,00001$). Композитот од подгрупата FZ550 има сигнификантно поголема јачината на флексуралната сила (МПа) споредено со композитот од подгрупата EV. Дополнителната анализа укажа на умерен ефект на оваа разлика за Glass's delta=7,670 (табела 5 и графикон 7).



Графикон 7. Интрагрупна споредба на флексуралната сила (МПа) – нанохибридни композити

6.2.3.3 ИНТРАГРУПНА СПОРЕДБА на балкфил-композити –

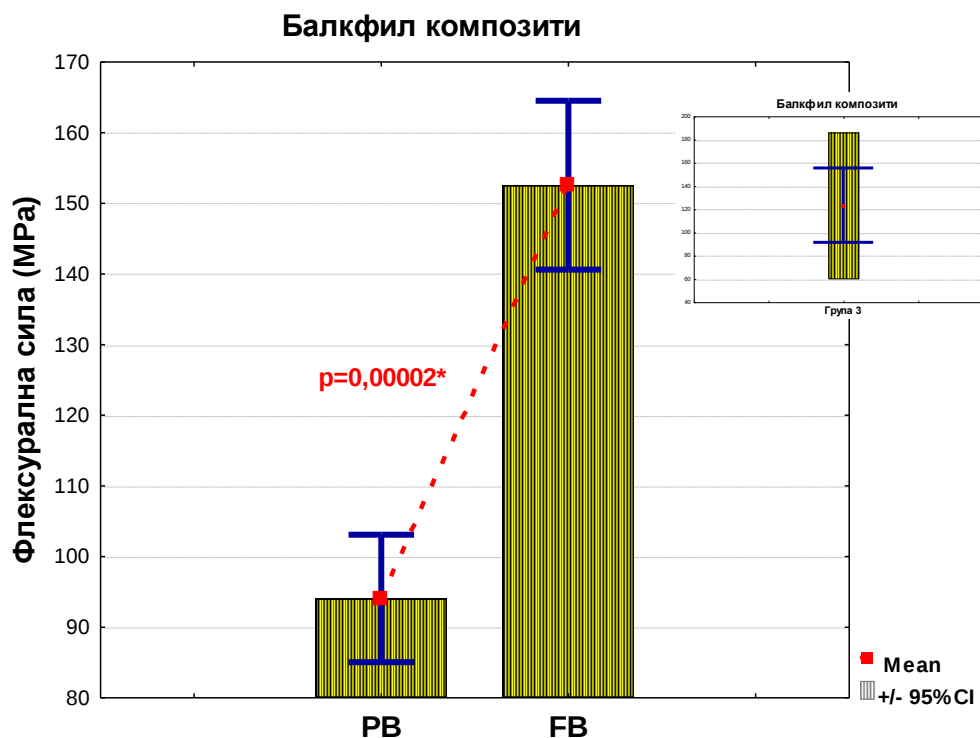
Споредбата на двете подгрупи од групата на балкфил-композити укажа на тоа дека просечната флексурална сила (МПа) изнесуваше $94,06 \pm 8,59$ МПа во подгрупата на композитот РВ и $152,57 \pm 11,38$ МПа во подгрупата на композитот FB (табела 5).

Во подгрупата на балкфил-композитот РВ, кај 50 % од композитните примероци флексуралната сила беше $\geq 93,9$ МПа, а кај 25 % таа беше $\geq 95,7$ МПа за Median IQR=93,9 (88,1-95,7) (табела 5 и графикон 8).

Кај 50 % од композитните примероци на балкфил-композитот од подгрупата FB флексуралната сила беше ≥ 153 МПа, а кај 25 % од нив таа беше $\geq 159,9$ МПа за Median IQR=153,0 (149,9-159,9) (табела 5 и графикон 8).

Минималната, односно максималната флексурална сила (МПа) кај балкфил-композитот од подгрупата РВ изнесуваше 83,8/109,1 МПа, а од подгрупата FB изнесуваше 132,9/ 166,6 МПа (табела 5).

За $p < 0,05$ беше утврдена сигнификантна разлика помеѓу двете подгрупи (РВ/ FB) на балкфил-композити во однос на флексуралната сила (Independent t-test: $t_{(2)} = -10,044$; $p = 0,00002$). Балкфил-композитот од подгрупата FB има сигнификантно поголема флексурална сила (МПа) споредено со балкфил-композитот од подгрупата РВ. Дополнителната анализа укажа на умерен ефект на оваа разлика за Glass's delta=6,811 (табела 5 и графикон 8).



Графикон 8. Интрагрупна споредба на флексуралната сила (МПа) –
балкфил-композити

6.2.4. Споредба на флексуралната сила помеѓу подгрупите

Споредбата на флексуларната сила (МПа) беше направена и помеѓу подгрупите на трите групи во 12 можни комбинации (CC/Ev; CC/FZ550; CC/PB; CC/FB; FZ250/Ev; FZ250/FZ550; FZ250/PB; FZ250/FB; Ev/PB; Ev/FB; FZ550/PB; и FZ550/FB).

6.2.4.1. Споредба меѓу CC и Ev – флексурална сила

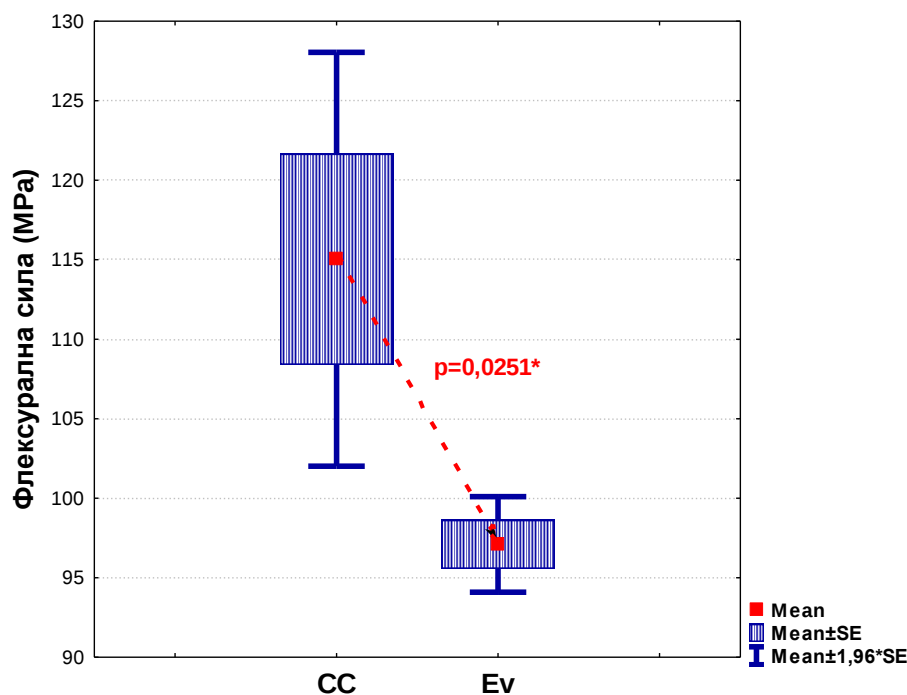
Беше направена споредба на флексуларната сила (МПа) помеѓу подгрупата на композитот CC од микрохбридните композити и подгрупата од композитот Ev од нанохбридните композити (табела 6).

Табела 6. Споредба меѓу CC и Ev – флексурална сила

Подгрупи	Флексурална сила (МПа)				‘p
	Број (N)	Mean± SD	Мин/ Мак (Min/ Max)	Median (IQR)	
Микрохибридни/ Нанохибридни композити					
CC	6	115,03±16,26	95,2/137,8	113,6 (100,7-129,3)	t(2)=2,632; p=0,0251*
Ev	6	97,09±3,76	91,4/102,5	97,6 (94,7-98,8)	→ Glass’s delta=1,10
CC=Charisma Classic; Ev=Evetric;					
independent t-test Glass’s delta=Effect size *сигнификантно за p<0,05					

Просечната флексурална сила кај подгрупата на композитот CC изнесуваше 115,03±16,26 МПа, а во подгрупата на композитот Ev таа изнесуваше 97,09±3,76 МПа. Минималната, односно максималната флексурална сила кај микрохбридниот композит CC изнесуваше 95,2/137,8 МПа, а кај нанохбридниот композит Ev изнесуваше 91,4/102,5 МПа (табела 6 и графикон 9).

За p<0,05 беше утврдена сигнификантно поголема флексурална сила (МПа) на микрохбридниот композит од подгрупата CC споредено со нанохбридниот композит од подгрупата Ev (Independent t-test: t₍₂₎=2,632; p=0,0251) (табела 6 и графикон 9).



Графикон 9. Споредба меѓу CC и Ev – флексурална сила (МПа)

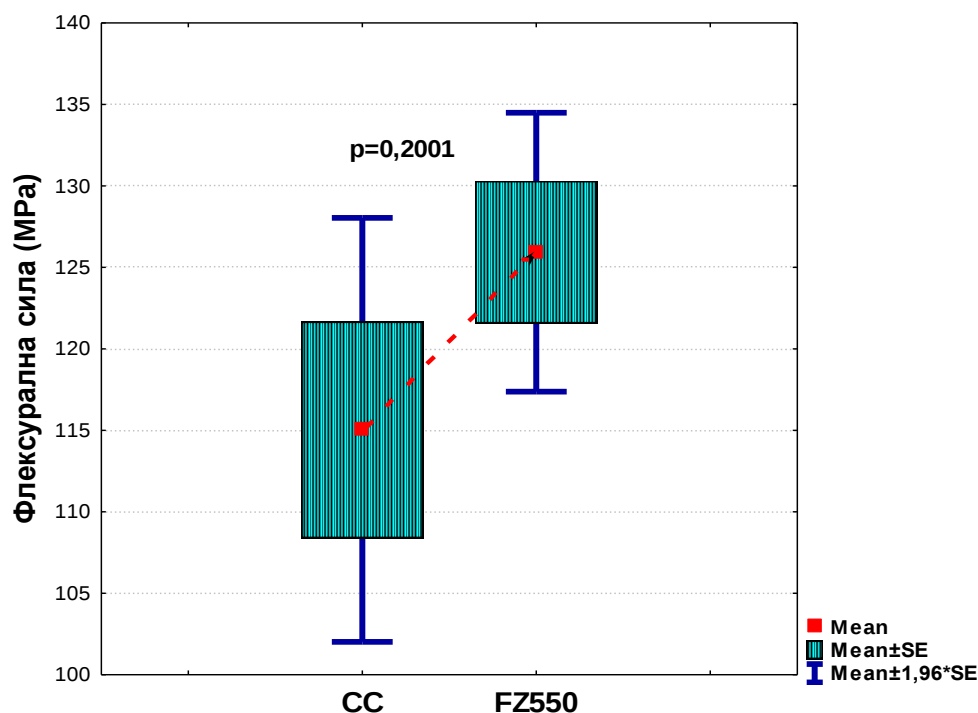
6.2.4.2. Споредба меѓу CC и FZ550 – флексурална сила

Беше направена споредба на флексуларната сила (МПа) помеѓу подгрупата на композитот CC од микрохбридните композити и подгрупата на композитот FZ550 од нанохбридните композити (табела 7).

Табела 7. Споредба меѓу CC и FZ550 – флексурална сила

Подгрупи	Флексурална сила (МПа)				¹ p
	Број (N)	Mean± SD	Мин/ Мак (Min/ Max)	Median (IQR)	
Микрохибридни/ Нанохибридни композити					
CC	6	115,03±16,26	95,2/137,8	113,6 (100,7-129,3)	t(2)=-1,372; p=0,2001
FZ 550	6	125,93±10,69	114,9/144,9	123,8 (117,9-129,9)	
CC=Charisma Classic; FZ 550=Filtek Z 550					
¹ independent t-test *сигнификантно за p<0,05					

Просечната флексурална сила кај подгрупата од композитот СС изнесуваше $115,03 \pm 16,26$ МПа, а во подгрупата од композитот FZ550 таа изнесуваше $125,93 \pm 10,69$ МПа. Минималната, односно максималната флексурална сила кај микрохбридниот композит од подгрупата СС изнесуваше 95,2/137,8 МПа, а кај нанохбридниот композит од подгрупата FZ550 изнесуваше 114,9/144,9 МПа (табела 7 и графикон 10).



Графикон 10. Споредба меѓу СС и FZ550 – флексурална сила (МПа)

Направената анализа за $p > 0,05$ укажа на тоа дека нема сигнификантна разлика помеѓу двете подгрупи композитот СС и FZ550 во однос на флексуралната сила (МПа) (Independent t-test: $t_{(2)} = -1,372$; $p = 0,2001$). Беше согледано дека микрохбридниот композит од подгрупата СС има несигнификантно помала флексурална сила (МПа) споредено со нанохбридниот композит од подгрупата FZ550 (табела 7 и графикон 10).

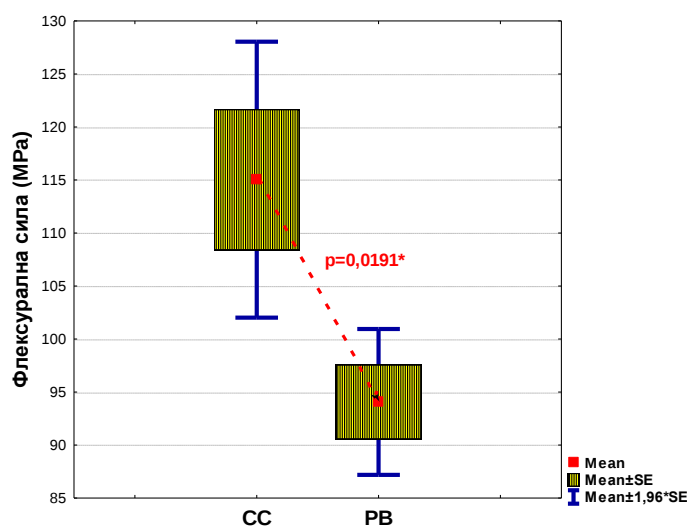
6.2.4.3. Споредба меѓу СС и РВ – флексурална сила

Беше направена споредба на флексуларната сила (МПа) помеѓу подгрупата на композитот СС од микрохбридните композити и подгрупата на композитот РВ од балкфил-композитите (табела 8 и графикон 11).

Табела 8. Споредба меѓу СС и РВ – флексурална сила

Подгрупи	Флексурална сила (МПа)				‘p
	Број (N)	Mean± SD	Мин/ Мак (Min/ Max)	Median (IQR)	
Микрохбридни/ Балкфил-композити					
СС	6	115,03±16,26	95,2/137,8	113,6 (100,7-129,3)	t(2)=2,792; p=0,0191*
РВ	6	94,06±8,59	83,8/109,1	93,9 (88,1-95,7)	→ Glass’s delta=1,29
СС=Charisma Classic; РВ=Tetric Powerfill Bulkfill					
‘independent t-test Glass’s delta=Effect size *сигнификантно за p<0,05					

Просечната флексурална сила кај подгрупата на композитот СС изнесуваше 115,03±16,26 МПа, а во подгрупата на композитот РВ оваа јачина изнесуваше 94,06±8,59 МПа. Минималната, односно максималната флексуралната сила кај микрохбридниот композит од подгрупата СС изнесуваше 95,2/137,8 МПа, а кај балкфил-композитот од подгрупата РВ изнесуваше 83,8/109,1 МПа.



Графикон 11. Споредба меѓу СС и РВ – флексурална сила (МПа)

За $p < 0,05$ беше утврдена сигнификантно поголема флексурална сила (МПа) на микрохбридниот композит од подгрупата на композитот СС споредено со балкфил-композитот од подгрупата на композитот РВ (Independent t-test: $t_{(2)}=2,792$; $p=0,0191$) (табела 8 и графикон 11).

6.2.4.4. Споредба меѓу СС и FB – флексурална сила

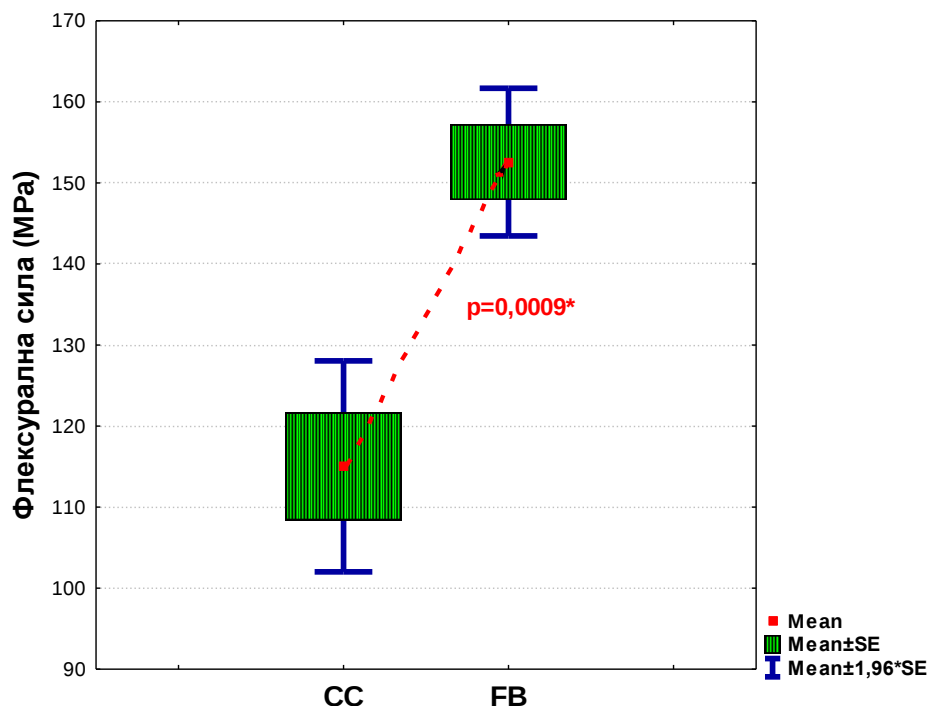
Беше направена споредба на флексуларната сила (МПа) помеѓу подгрупата на композитот СС од микрохбридните композити и подгрупата на композитот FB од балкфил-композити (табела 9 и графикон 12).

Табела 9. Споредба меѓу СС и FB – флексурална сила

Подгрупи	Флексурална сила (МПа)				'p
	Број (N)	Mean± SD	Мин/ Мак (Min/ Max)	Median (IQR)	
Микрохибридни/ Балкфил-композити					
СС	6	115,03±16,26	95,2/137,8	113,6 (100,7-129,3)	t(2)=-4,632; p=0,0009*
FB	6	152,57±11,38	132,9/ 166,6	153,0 (149,9-159,9)	→ Glass's delta=2,31
СС=Charisma Classic; FB=One Filtek Bulkfill Restorative					
¹independent t-test Glass's delta=Effect size *сигнификантно за p<0,05					

Просечната флексурална сила кај микрохбридниот композит од подгрупата на композитот СС изнесуваше 115,03±16,26 МПа, а кај балкфил-композитот од подгрупата FB таа изнесуваше 152,57±11,38 МПа. Флексуралната сила кај подгрупата СС имаше минимална, односно максимална вредност од 95,2/137,8 МПа, а кај подгрупата FB овие вредности изнесуваа 132,9/ 166,6 МПа (табела 9 и графикон 12).

За $p < 0,05$ беше утврдена сигнификантно поголема флексурална сила (МПа) на балкфил-композитот од подгрупата на композитот FB споредено со микрохбридниот композит од подгрупата СС (Independent t-test: $t_{(2)}=-4,632$; $p=0,0009$) (табела 9 и графикон 12).



Графикон 12. Споредба меѓу CC и FB – флексурална сила (МПа)

6.2.4.5. Споредба меѓу FZ250 и Ev – флексурална сила

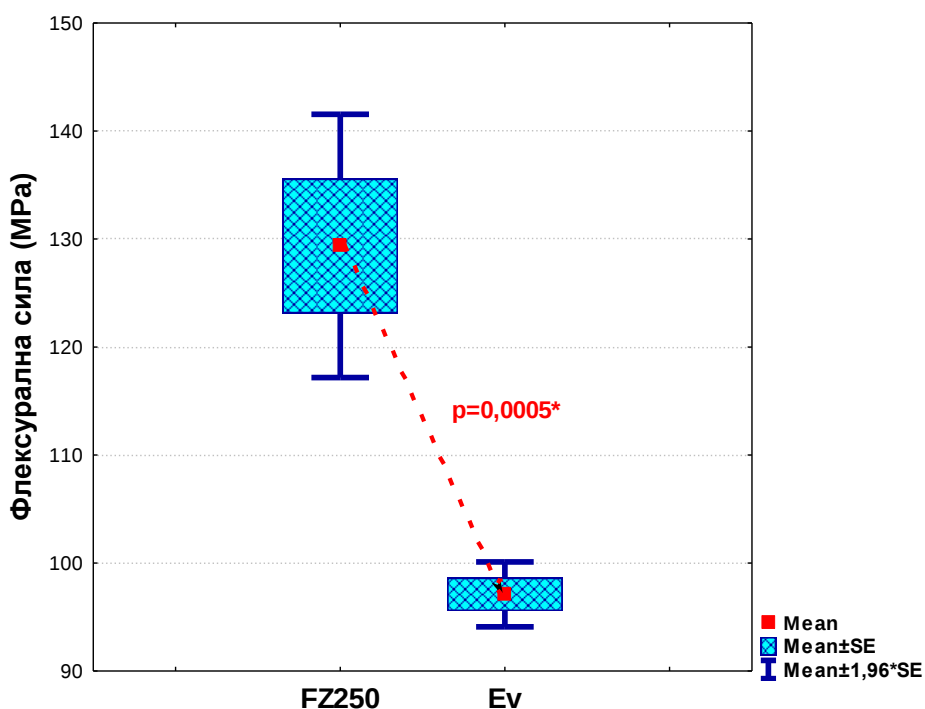
Беше направена споредба на флексуларната сила (МПа) помеѓу подгрупата на композитот FZ250 од микрохбридните композити и подгрупата Ev од нанохбридните композити (табела 10).

Табела 10. Споредба меѓу FZ250 и Ev – флексурална сила

Подгрупи	Флексурална сила (МПа)				¹p
	Број (N)	Mean± SD	Мин/ Мак (Min/ Max)	Median (IQR)	
Микрохибридни/ Нанохибридни композити					
FZ 250	6	129,35±15,23	104,4/147,8	131,8 (121,7-138,5)	t(2)=5,037; p=0,0005* → Glass's delta=2,12
Ev	6	97,09±3,76	91,4/102,5	97,6 (94,7-98,8)	
FZ 250=Filtek Z 250; Ev=Evetric;					
¹independent t-test Glass's delta=Effect size *сигнификантно за p<0,05					

Просечната флексурална сила кај подгрупата на композитот FZ250 изнесуваше $129,35 \pm 15,23$ МПа, а во подгрупата на композитот Ev таа изнесуваше $97,09 \pm 3,76$ МПа. Минималната, односно максималната флексурална сила кај микрохбридниот композит од подгрупата FZ250 изнесуваше 104,4/147,8 МПа, а кај нанохбридниот композит од подгрупата Ev изнесуваше 91,4/102,5 МПа (табела 10 и графикон 13).

За $p < 0,05$ беше утврдена сигнификантна разлика помеѓу подгрупите композитите FZ250 и Ev согласно со анализата за Independent t-test: $t_{(2)} = 5,037$; $p = 0,0005$. Беше согледана сигнификантно поголема флексурална сила (МПа) на микрохбридниот композит од подгрупата FZ250 споредено со нанохбридниот композит од подгрупата Ev (табела 10 и графикон 13).



Графикон 13. Споредба меѓу FZ250 и Ev – флексурална сила (МПа)

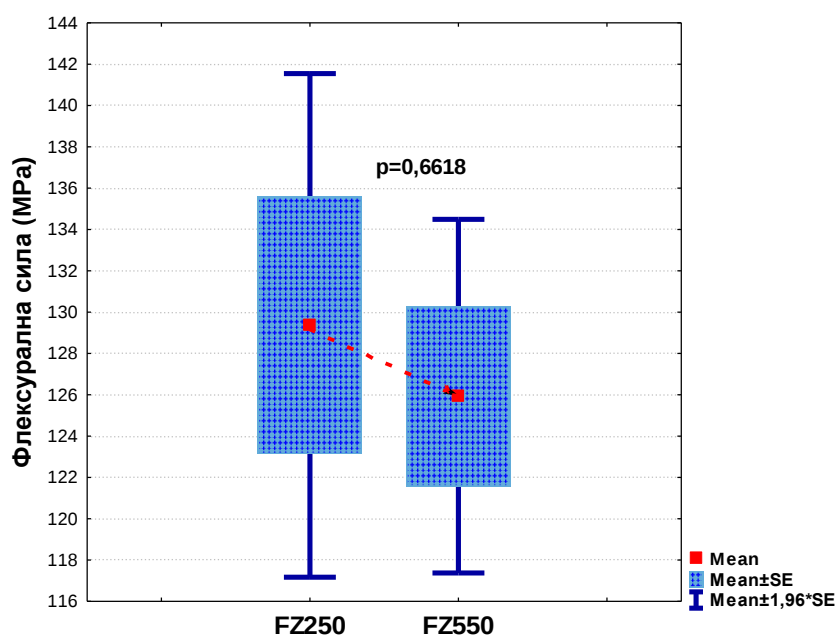
6.2.4.6. Споредба меѓу FZ250 и FZ550 – флексурална сила

Флексуларната сила (МПа) беше споредувана помеѓу двете подгрупи, и тоа подгрупата на композитот FZ250 од микрохбридните композити и подгрупата на композитот FZ550 од нанохбридните композити (табела 11 и графикон 14).

Табела 11. Споредба меѓу FZ250 и FZ550 – флексурална сила

Подгрупи	Флексурална сила (МПа)				¹ p
	Број (N)	Mean± SD	Мин/ Мак (Min/ Max)	Median (IQR)	
Микрохибридни/ Нанохибридни композити					
FZ 250	6	129,35±15,23	104,4/147,8	131,8 (121,7-138,5)	t(2)=0,451; p=0,6618
FZ550	6	125,93±10,69	114,9/144,9	123,8 (117,9-129,9)	
FZ 250=Filtek Z 250; FZ 550=Filtek Z 550;					
¹ independent t-test *сигнификантно за p<0,05					

Просечната флексурална сила кај подгрупата на композитот FZ250 изнесуваше 129,35±15,23 МПа, а во подгрупата на композитот FZ550 таа изнесуваше 125,93±10,69 МПа (табела 11 и графикон 14).



Графикон 14. Споредба меѓу FZ250 и FZ550 – флексурална сила (МПа)

Минималната, односно максималната флексурална сила кај микрохбридниот композит од подгрупата FZ250 изнесуваше 104,4/147,8 МПа, а кај нанохбридниот композит од подгрупата FZ550 изнесуваше 114,9/144,9 МПа (табела 11 и графикон 14).

Направената анализа за $p > 0,05$ укажа на тоа дека нема сигнификантна разлика помеѓу двете подгрупи на композитите FZ250 и FZ550 во однос на флексуралната сила (МПа) (Independent t-test: $t_{(2)}=0,451$; $p=0,6618$). Беше согледано дека микрохбридниот композит од подгрупата FZ250 има несигнификантно поголема флексурална сила (МПа) споредено со нанохбридниот композит од подгрупата FZ550 (табела 11 и графикон 14).

6.2.4.7. Споредба меѓу FZ250 и PB – флексурална сила

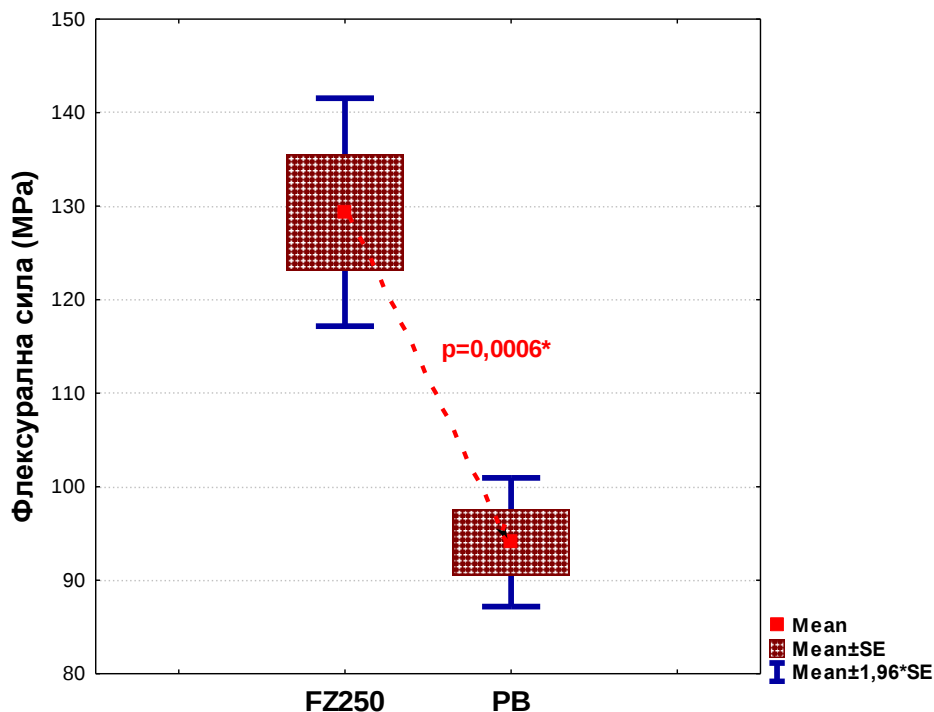
Флексуларната сила (МПа) беше споредувана помеѓу двете подгрупи, и тоа подгрупата на композитот FZ250 од микрохбридните композити и подгрупата на композитот PB од балкфил-композити (табела 12 и графикон 15).

Табела 12. Споредба меѓу FZ250 и PB – флексурална сила

Подгрупи	Флексурална сила (МПа)				¹p
	Број (N)	Mean± SD	Мин/ Мак (Min/ Max)	Median (IQR)	
Микрохбридни/ Балкфил-композити					
FZ 250	6	129,35±15,23	104,4/147,8	131,8 (121,7-138,5)	t(2)=4,942; p=0,0006*
PB	6	94,06±8,59	83,8/109,1	93,9 (88,1-95,7)	→ Glass's delta=2,32
FZ 250=Filtek Z 250; PB=Tetric Powerfill Bulkfill ;					
¹independent t-test Glass's delta=Effect size *сигнификантно за p<0,05					

Просечната флексурална сила кај микрохбридниот композит од подгрупата FZ250 изнесуваше 129,35±15,23 МПа, а кај балкфил-композитот од подгрупата PB таа изнесуваше 94,06±8,59 МПа (табела 12 и графикон 15).

Минималната, односно максималната флексурална сила кај подгрупата на композитот FZ250 изнесуваше 104,4/147,8 МПа, а кај подгрупата на композитот РВ беше 83,8/109,1 МПа (табела 12 и графикон 15).



Графикон 15. Споредба меѓу FZ250 и РВ – флексурална сила (МПа)

Направената анализа за $p < 0,05$ укажа на сигнификантна разлика помеѓу двете подгрупи на композитите FZ250 и РВ во однос на флексуралната сила (МПа) (Independent t-test: $t_{(2)}=4,942$; $p=0,0006$). Беше утврдено дека микрохбридниот композит од подгрупата FZ250 има сигнификантно поголема флексурална сила (МПа) споредено со балкфил-композитот од подгрупата РВ (табела 12 и графикон 15)

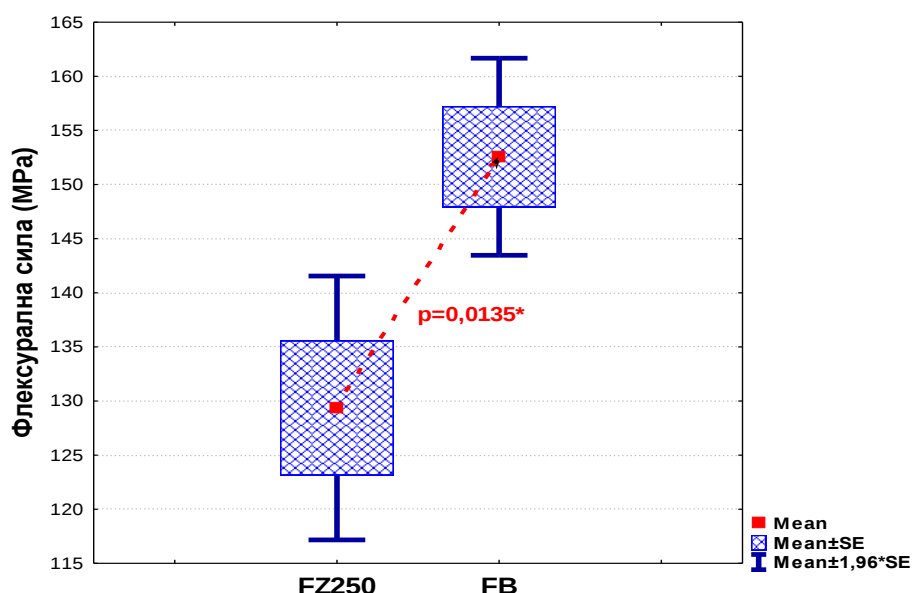
6.2.4.8. Споредба меѓу FZ250 и FB – флексурална сила

Флексуларната сила (МПа) беше споредувана помеѓу подгрупата на композитот FZ250 од микрохбридните композити и подгрупата на композитот FB од балкфил-композити (табела 13 и графикон 16).

Табела 13. Споредба меѓу FZ250 и FB – флексурална сила

Подгрупи	Флексурална сила (МПа)				¹ p
	Број (N)	Mean± SD	Мин/ Мак (Min/ Max)	Median (IQR)	
Микрохибридни/ Балкфил-композити					
FZ 250	6	129,35±15,23	104,4/147,8	131,8 (121,7-138,5)	t(2)=-2,989; p=0,0135*
FB	6	152,57±11,38	132,9/ 166,6	153,0 (149,9-159,9)	→ Glass's delta=1,52
FZ 250=Filtek Z 250; FB=One Filtek Bulkfill Restorative					
¹ independent t-test		Glass's delta=Effect size		*сигнификантно за p<0,05	

Просечната флексурална сила кај микрохбридниот композит од подгрупата FZ250 изнесуваше 129,35±15,23 МПа, а кај балкфил-композитиот од подгрупата FB таа изнесуваше 152,57±11,38МПа (табела 13).



Графикон 16. Споредба меѓу FZ250 и FB – флексурална сила (МПа)

Вредностите за минималната, односно на максималната флексурална сила кај подгрупата на композитот FZ250 изнесуваа 104,4/147,8 МПа, а кај подгрупата на композитот FB тие изнесуваа 132,9/ 166,6МПа (табела 13 и графикон 16).

Направената анализа за $p < 0,05$ укажа на сигнификантна разлика помеѓу двете подгрупи на композитите FZ250 и FB во однос на флексуралната сила (МПа) (Independent t-test: $t_{(2)}=2,989$; $p=0,0135$). Беше утврдено дека микрохбридниот композит од подгрупата FZ250 има сигнификантно помала флексурална сила (МПа) споредено со балкфил-композитот од подгрупата FB (табела 13 и графикон 16).

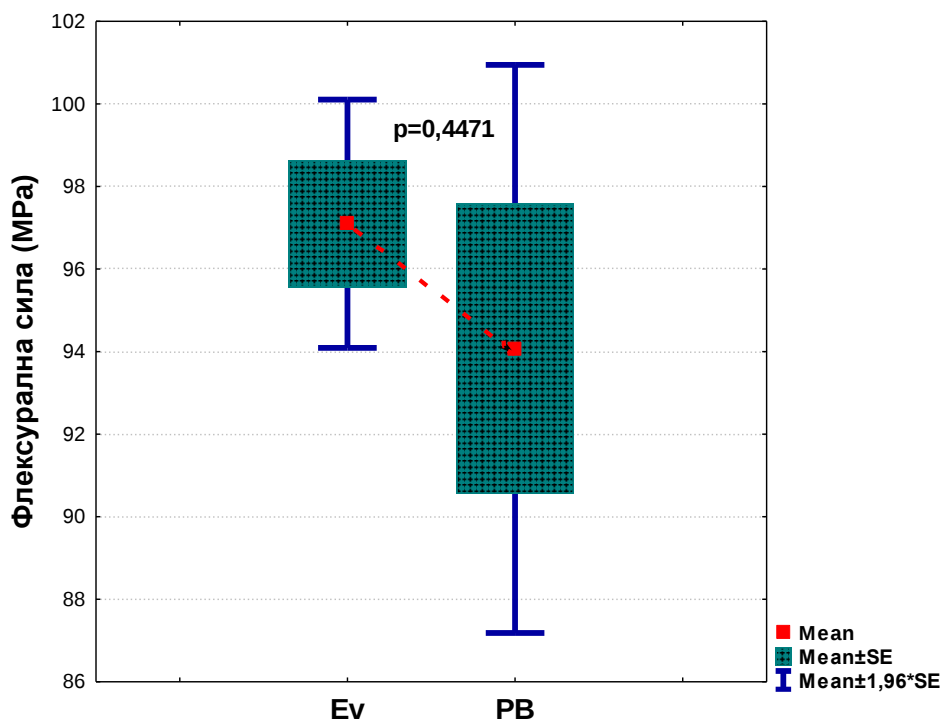
6.2.4.9. Споредба меѓу Ev и PB – флексурална сила

Во рамките на истражувањето, беше направена споредба на флексуларната сила (МПа) помеѓу подгрупата на композитот Ev од нанохбридните композити и подгрупата на композитот PB од балкфил-композитите (табела 14 и графикон 17).

Табела 14. Споредба меѓу Ev и PB – флексурална сила

Подгрупи	Флексурална сила (МПа)				‘p
	Број (N)	Mean± SD	Мин/ Мак (Min/ Max)	Median (IQR)	
Наноохибридни/ Балкфил-композити					
Ev	6	97,09±3,76	91,4/102,5	97,6 (94,7-98,8)	t(2)=0,791; p=0,4471
PB	6	94,06±8,59	83,8/109,1	93,9 (88,1-95,7)	
Ev=Evetric; PB=Tetric Powerfill Bulkfill ;					
‘independent t-test *сигнификантно за p<0,05					

Просечната флексурална сила кај нанохбридниот композит од подгрупата Ev изнесуваше 97,09±3,76 МПа, а кај балкфил-композитот од подгрупата PB таа изнесуваше 94,06±8,59 МПа (табела 14).



Графикон 17. Споредба меѓу Ev и PB – флексурална сила (MPa)

Вредностите за минималната, односно на максималната флексурална сила кај подгрупата на композитот Ev изнесуваа 91,4/102,5 MPa, а кај подгрупата на композитот PB тие изнесуваа 83,8/109,1 MPa (табела 14 и графикон 17).

Направената анализа за $p > 0,05$ не укажа на сигнификантна разлика помеѓу двете подгрупи на композитите Ev и PB во однос на флексуралната сила (MPa) (Independent t-test: $t_{(2)} = 0,7931$; $p = 0,4471$). Беше утврдено дека нанохибридниот композит од подгрупата Ev има несигнификантно поголема флексурална сила (MPa) споредено со балкфил-композитот од подгрупата PB (табела 14 и графикон 17).

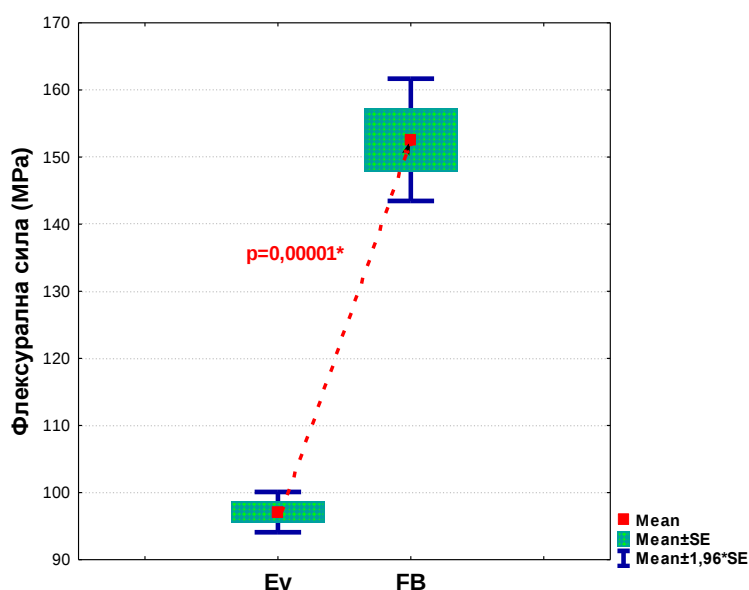
6.2.4.10. Споредба меѓу Ev и FB – флексурална сила

Во ова истражување беше направена споредба на флексуларната сила (MPa) помеѓу подгрупата на композитот Ev од нанохибридните композити и подгрупата на композитот FB од балкфил-композити (табела 15 и графикон 18).

Табела 15. Споредба меѓу Ev и FB – флексурална сила

Подгрупи	Флексурална сила (МПа)				¹p
	Број (N)	Mean± SD	Мин/ Мак (Min/ Max)	Median (IQR)	
Наноохибридни/ Балкфил-композити					
Ev	6	97,09±3,76	91,4/102,5	97,6 (94,7-98,8)	t(2)=-11,333; p=0,00001* → Glass's delta=14,75
FB	6	152,57±11,38	132,9/ 166,6	153,0 (149,9-159,9)	
Ev=Evetric; FB=One Filtek Bulkfill Restorative;					
¹independent t-test Glass's delta=Effect size *сигнификантно за p<0,05					

Просечната флексурална сила кај нанохибридниот композит од подгрупата на композитот Ev изнесуваше 97,09±3,76 MPa, а кај балкфил-композитот од подгрупата FB таа изнесуваше 152,57±11,38 MPa (табела 15 и графикон 18).



Графикон 18. Споредба меѓу Ev и FB – флексурална сила (MPa)

Минималната, односно максималната флексурална сила кај подгрупата на композитот Ev изнесуваа 91,4/102,5 МПа, а кај подгрупата на композитот FB овие вредности изнесуваа 132,9/ 166,6МПа (табела 15 и графикон 18).

За $p < 0,05$ беше утврдена сигнификантна разлика помеѓу двете подгрупи на композитите Ev и FB во однос на флексуралната сила (МПа) (Independent t-test: $t_{(2)} = -11,333$; $p = 0,00001$). Беше утврдено дека балкфил-композитот од подгрупата FB има сигнификантно поголема флексурална сила (МПа) споредено со нанохибридниот композит од подгрупата Ev (табела 15 и графикон 18).

6.2.4.11. Споредба меѓу FZ550 и PB – флексурална сила

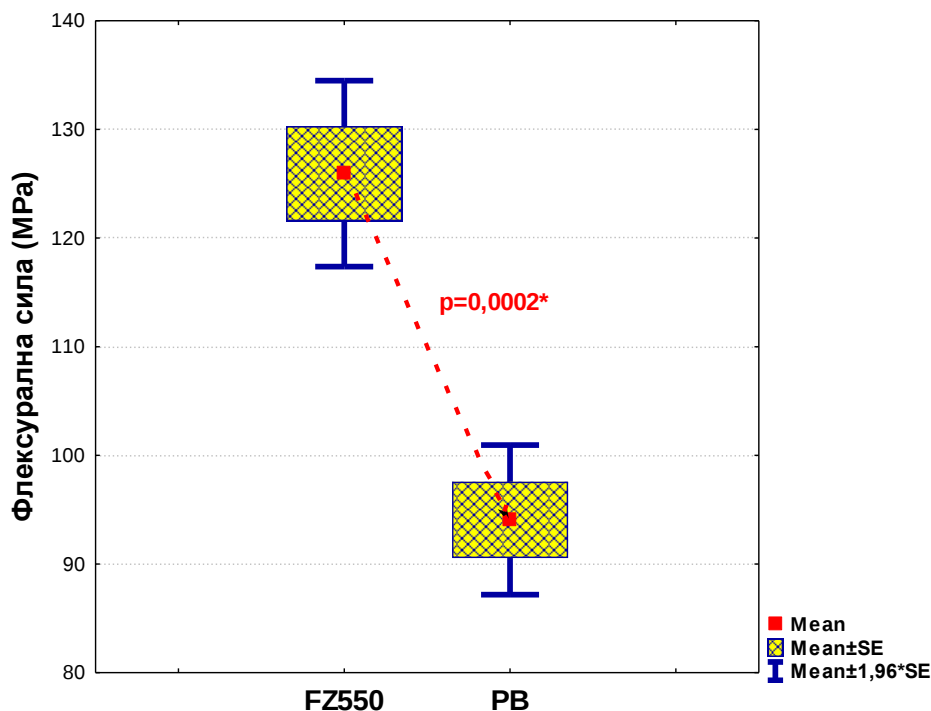
Во рамките на ова истражување беше направена споредба на флексуларната сила (МПа) помеѓу подгрупата на композитот FZ550 од нанохибридните композити и подгрупата на композитот PB од балкфил-композитите (табела 16 и графикон 19).

Табела 16. Споредба меѓу FZ550 и PB – флексурална сила

Подгрупи	Флексурална сила (МПа)				t ¹ p
	Број (N)	Mean± SD	Мин/ Мак (Min/ Max)	Median (IQR)	
Наноохибридни/ Балкфил-композити					
FZ550	6	125,93±10,69	114,9/144,9	123,8 (117,9-129,9)	t(2)=5,688 p=0,0002*
PB	6	94,06±8,59	83,8/109,1	93,9 (88,1-95,7)	→ Glass's delta=2,98
FZ 550=Filtek Z 550; PB=Tetric Powerfill Bulkfill ;					
t ¹ independent t-test Glass's delta=Effect size *сигнификантно за p<0,05					

Просечната флексурална сила кај нанохибридниот композит од подгрупата на композитот FZ550 беше 125,93±10,69 МПа, а кај балкфил-композитот од подгрупата на композитот PB таа изнесуваше 94,06±8,59 МПа (табела 16).

Вредностите за минималната, односно за максималната флексурална сила кај подгрупата на композитот FZ550 изнесуваа 114,9/144,9 МПа, а кај подгрупата на композитот PB тие изнесуваа 83,8/109,1МПа (табела 16 и графикон 19).



Графикон 19. Споредба меѓу FZ550 и PB – флексурална сила (MPa)

За $p < 0,05$ анализата укажа на сигнификантна разлика помеѓу двете подгрупи на композитите FZ550 и PB во однос на флексуралната сила (MPa) (Independent t-test: $t_{(2)}=5,688$; $p=0,0002$). Беше утврдено дека нанохибридниот композит од подгрупата FZ550 има сигнификантно поголема флексурална сила (MPa) споредено со балкфил-композитот од подгрупата PB (табела 16 и графикон 19).

6.2.4.12. Споредба меѓу FZ550 и FB – флексурална сила

Во истражувањето беше направена споредба на флексуларната сила (MPa) помеѓу подгрупата на композитот FZ550 од нанохибридните композити и подгрупата на композитот FB од балкфил-композити (табела 17 и графикон 20).

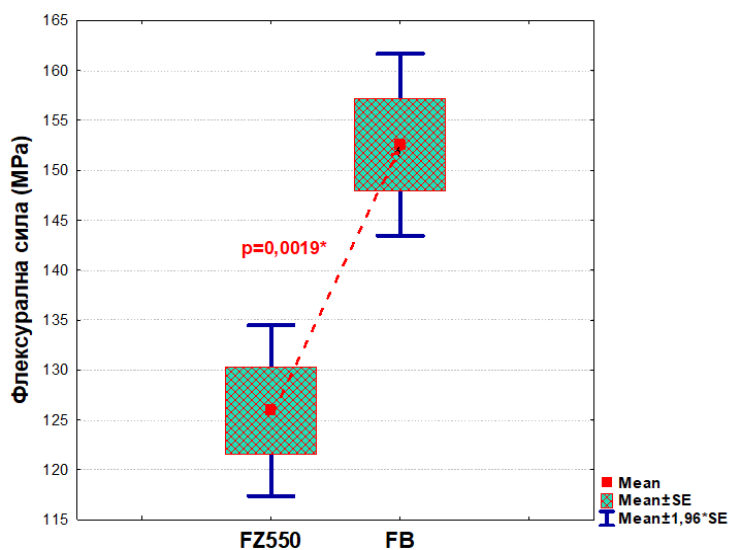
Просечната флексурална сила кај нанохибридниот композит од подгрупата FZ550 изнесуваше $125,93 \pm 10,69$ MPa, а кај балкфил-композитот од подгрупата FB таа изнесуваше $152,57 \pm 11,38$ MPa (табела 17 и графикон 20).

Минималната, односно максималната флексурална сила кај подгрупата FZ550 изнесуваа 114,9/144,9 МПа, а кај подгрупата FB овие вредности изнесуваа 132,9/ 166,6МПа (табела 17 и графикон 20).

Табела 17. Споредба меѓу FZ550 и FB – флексурална сила

Подгрупи	Флексурална сила (МПа)				¹p
	Број (N)	Mean± SD	Мин/ Мак (Min/ Max)	Median (IQR)	
Наноохибридни/ Балкфил-композити					
FZ550	6	125,93±10,69	114,9/144,9	123,8 (117,9-129,9)	t(2)=-4,177; p=0,0019* → Glass's delta=2,34
FB	6	152,57±11,38	132,9/ 166,6	153,0 (149,9-159,9)	
FZ 550=Filtek Z 550; FB=One Filtek Bulkfill Restorative;					
¹independent t-test Glass's delta=Effect size *сигнификантно за p<0,05					

За p<0,05 беше утврдена сигнификантна разлика помеѓу двете подгрупи на композитите FZ550 и FB во однос на флексуралната сила (МПа) (Independent t-test: t₍₂₎=-4,177; p=0,0019). Беше утврдено дека балкфил-композитот од подгрупата FB има сигнификантно поголема флексурална сила (МПа) споредено со нанохибридниот композит од подгрупата FZ550 (табела 17 и графикон 20).



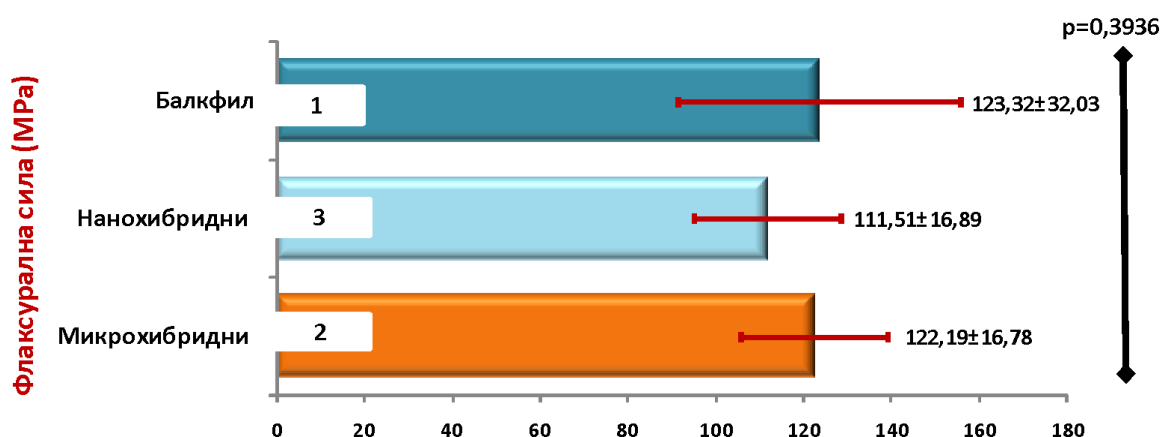
Графикон 20. Споредба меѓу FZ550 и FB – флексурална сила (МПа)

6.2.5. Сумиран приказ на флексуралната сила кај групи/подгрупи

Во рамките на анализата е даден сумиран графички приказ на флексуралната сила според групи и подгрупи на композити (графикони 21-22).

Сумираниот приказ на флексуралната сила (МПа) според трите групи на композитите укажа на нејзина најголема просечна јачина во групата на балкфил-композити ($123,32 \pm 32,03$ МПа), потоа следуваат микрохбридните композити ($122,19 \pm 16,78$ МПа), а најслаба јачина има кај нанохбридните композити ($111,51 \pm 16,89$ МПа). Редоследот на групите согласно со јачината на флексуралната сила е означен во графиконот 21.

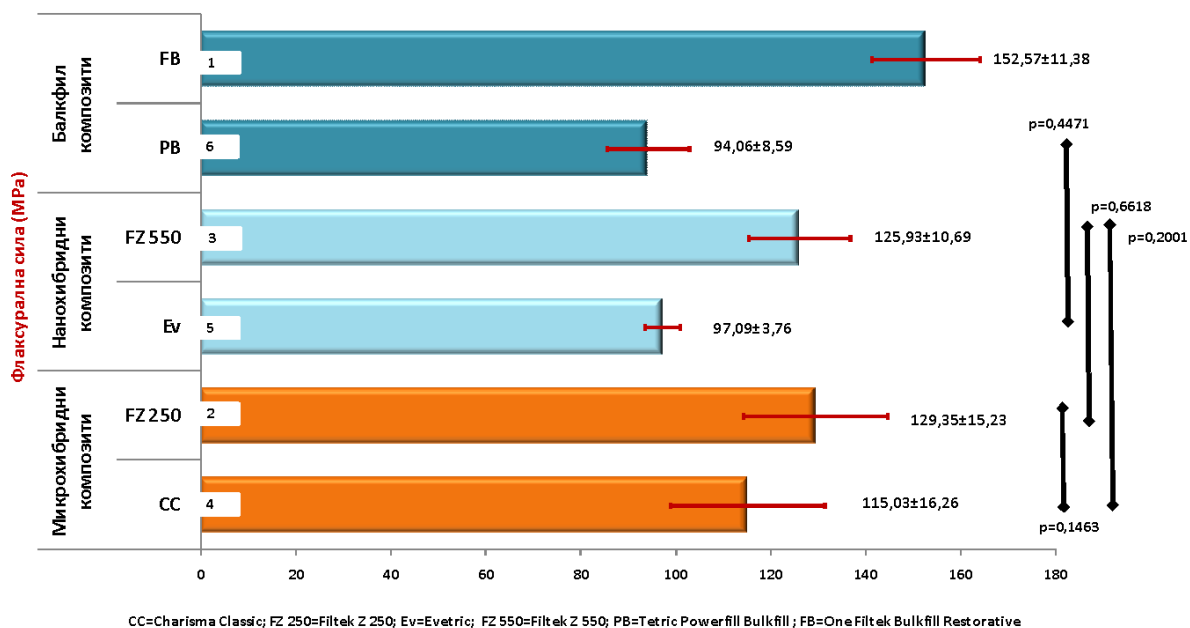
И покрај утврдената разлика во просечната флексурална сила, сепак, статистичката анализа не укажа на сигнификантна разлика помеѓу трите групи. Деталниот преглед на анализата на флексуралната сила според групи е дадена погоре, во поглавјето 6.2.2 од овој магистерски труд.



Графикон 21. Сумиран приказ на флексуралната сила (МПа) според групи
(вертикалниот бар означува несигнификантност)

Графичкиот приказ на флексуралната сила (МПа) според подгрупи укажа на нејзина најголема просечна јачина во подгрупата на композитот FB на балкфил-композити ($152,57 \pm 11,38$ МПа), а потоа следуваат композитот FZ250 од групата на микрохбридните композити ($129,35 \pm 15,23$ МПа), композитот FZ550 од групата на нанохбридните композити ($125,93 \pm 10,69$ МПа), композитот CC од групата на микрохбридни композитите ($115,03 \pm 16,26$ МПа), композитот Ev од групата на нанохбридните композити ($97,09 \pm 3,76$ МПа) и композитот PB од групата на балкфил-композитите ($94,06 \pm 8,59$ МПа). Редоследот на подгрупите согласно со флексуралната сила е означен во графиконот 22.

Деталниот преглед на анализата на флексуралната сила според подгрупите во рамките на една група, односно помеѓу групите е дадена погоре во поглавјата 6.2.3.и 6.2.4. од овој магистерски труд.



Графикон 22. Сумиран приказ на флексуралната сила (MPa) според подгрупи (вертикалните барови означува несигнификантност)

7. ДИСКУСИЈА

Главната цел на ова истражување беше споредба на флексуралната сила на 6 шест различни композити кои беа поделени на 3 групи: микрохбридни композити, нанохбридни и балкфил-композити.

Трите групи беа поделени во по две подгрупи. Композитите кои се подостапни на нашиот пазар беа цел на нашето истражување за да се определиме полесно во иднина кој композит да го употребиме во бочната регија каде што силите на цвакалниот притисок се најистакнати.

За процена на флексуралната сила/ јачина беше употребуван тестот *three point bending* според Стандардот ISO 4049 /2019.³⁴

Минималната посакувана флексурална сила за композитите кои се аплицираат во оклузалната површина на бочните заби е 80 МПа. Во нашево истражување сите композити ја имаат надминато минималната посакувана флексурална сила. Врз резултатите може да влијаат начинот на подготовката на примероците, начинот на полимеризација и други фактори, па затоа, за да ги добиеме порелевантните резултати, се придржувавме на Стандардот ISO, почнувајќи од начинот на подготовката на примероците.

Од трите анализирани групи, како група во целина, нанохбридните композити имаа најниска просечна флексурална сила (МПа), па следуваа микрохбридните композити и балкфил-композитите. Анализата на варијансата за $p > 0,05$ не укажа на сигнификантна разлика помеѓу трите групи на композити (микрохбридни, нанохбридни и балкфил). Анализата укажа на несигнификантно повисока флексурална сила на микрохбридните споредено со нанохбридните, на балкфил -композитите споредено со микрохбридните и несигнификантна повисока флексурална сила на групата балкфил споредено со нанохбридните. Додека сигнификантна разлика добивме во неколку споредби меѓу подгрупите.

Во првата подгрупа на микрохбридни композити, композитот Charisma Classic покажа дека има просечна флексурална сила од $115,03 \pm 16,26$ МПа.

Композитот Charisma Classic во интрагрупната споредба со микрохбридниот Filtek Z250 кој покажа флексурална сила 131,8 МПа за $p > 0,05$ немаше сигнификантна разлика. За разлика од нашиот резултат добиен со споредба на два микрохбридни композити, Манендра Мухтар (Manendra Muhtar) со соработниците во своето истражување добиле сигнификантна разлика за флексурална сила меѓу микрохбридните композити Filtek Z250 и G-aenial Posterior(GC).³⁵

За разлика од првата интрагрупна споредба, во втората интрагрупна компарација на нанохбридни композити за $p < 0,05$ беше утврдена сигнификантна разлика помеѓу двете подгрупи (Evetric и Filtek Z550). Композитот Filtek Z550 имаа сигнификантно поголема јачина на флексуралната сила споредено со композитот од подгрупата Evetric.

Исто така и во интрагрупната споредба на балкфил-композитите за $p < 0,05$ беше утврдена сигнификантна разлика помеѓу двете подгрупи Tetric PowerFill Bulkfill и Filtek One BulkFill Restorative во однос на флексуралната сила. Filtek One Bulkfill Restorative има сигнификантно поголема флексуралната сила (МПа) споредено со подгрупата Tetric PowerFill BulkFill. Нашиот резултат е во корелација со резултатот на Данијела Маровиќ (Danijela Marovic) и соработниците кои исто така добиле повисок резултат на флексурална сила Filtek One Bulk Fill 181 ± 35 МПа во споредба со Tetric PowerFill Bulkfill со 127 ± 12 МПа.¹⁷

Микрохбридниот композит Charisma Classic не покажа сигнификантна разлика во компарација со микрохбридниот Filtek Z250 и нанохбридниот композит Filtek Z550, но за $p < 0,05$ беше утврдена сигнификантно поголема јачината на флексуралната сила (МПа) на микрохбридниот композит Charisma Classic споредено со нанохбридниот композит Evetric и балкфил-композитот Tetric Powerfill Bulkfill. За разлика од овие споредби Charisma classic во споредба со балкфил-композитот Filtek One Bulkfill Restorative покажа сигнификантно помала флексурална сила. Сличен резултат на флексурална сила на овој композит добиле и Моника Домарецка (Monika Domarecka) со соработниците кој за Charisma Classic бил 117МПа.⁸

Микрохбридниот композит Filtek Z250 во нашево истражување покажа просечна флексурална сила од 129,35 МПа кој во споредба со Charisma Classic не покажа сигнификантна разлика, но во споредба со нанохбридниот Evetric за $p < 0,05$ покажа сигнификантна разлика, односно поголема флексурална сила. Во споредба со нанохбридниот Filtek Z550, Filtek Z250 има несигнификантно поголема флексурална сила. Во споредба со балкфил-композитите Filtek Z250 наспроти Tetric PowerFill Bulkfill покажа за $p < 0,05$ сигнификантно поголема флексурална сила, но во однос на Filtek One BulkFill покажа сигнификантно помала флексурална сила/јачина. Нашиот резултат за Filtek Z250 е во корелација со добиениот резултат на авторите Габриела Кеироз де Мело Монтеиро) Gabriela Queiroz de Melo Monteiro), Маркос Антонио Хијасу Ресенде Монте (Marcos Antonio Japiassú Resende Montes)³⁶ кои за Filtek Z250 добиле речиси ист резултат со 129,80МПа, но тие во својот труд прикажуваат сигнификантна разлика помеѓу нанохбридниот композит Grandio и микрохбридниот композит Polofil Supra каде што повиска флексурална сила покажал нанохбридниот композит Grandio (141.07 МПа) и Polofil Supra (117.42 МПа)³⁶. Нашиот резултат не е во корелација со резултатот на Нупај

Атар (Nuray Attar) и соработниците кои во својот труд наведуваат резултат на флексуралната сила од 117,4 МПа.³⁷

Далија А. Абуленаин (Dalia A Abuelenain) со соработниците во своето испитување за флексуралната сила на Filtek Z250 добиле резултат од 138,2 МПа кој покажал поголема флексурална сила во споредба со нанофил Filtek Z350 ХТ, микрохибридниот брз основа на силоран Filtek P90, балкфил-композитот Tetric N-Ceram и нанохибридот Tetric N-Ceram¹⁶. Повисоката флексурална сила наведена во нивниот труд може да биде резултат на тоа што имаат употребено лампа за полимеризација со појак интензитет 1800mW/cm². Во нашето истражување Filtek Z250 исто така покажа повисока флексурална сила во споредба со балкфил-композитот Tetric Powerfill. Синвал Адалберто Родригез (Sinval Adalberto Rodrigues) со соработниците во своето истражување Filtek Z250 прикажале флексурална сила од 168,87МПа, Filtek Z250 во нивното испитување имало поголема флексурална сила од нанофил Supreme, Esthet –Х, хибридниот композит Charisma и микрофин-композитот Helio Fill. Авторите констатирале дека составот на полнителот сигнификантно интерферира на флексуралната сила и модулот на еластичноста на композитите.²² И Сократис Томаидис (Socratis Thomaidis) со соработниците добиле резултат за Filtek Z250 од 146,27 МПа кој покажал поголема флексурална сила од другите испитувани композити нанофил Filtek Ultimate, нанохибрид Majesty Posterior и ормоцер Admira.³⁸

Нанохибридниот композит Evetric покажа просечна флексурална сила/јачина од 97,09МПа, во споредба со Charisma Classic покажа сигнификатна помала флексурална сила. Сигнификантна помала флексурална сила покажа и со Filtek Z250, Filtek Z550, Filtek One Bulkfill, но со балкфил-композитот Tetric Powerfill немаше сигнификантна разлика. Далија А. Абуленаин (Dalia Abuelenain) и соработниците во своето истражување исто така немале сигнификантна разлика на флексуралната сила меѓу балкфил и конвенционалните нанохибридни композити.¹⁶

Во нашево истражување нанохибридниот композит Filtek Z550 покажа просечна флексурална сила од 125,93 МПа. Filtek Z550 во споредба со Charisma Classic и Filtek Z250 не покажа сигнификантна разлика додека кон Evetric и Bulkfill PowerFill за $p < 0,05$ покажа сигнификантно поголема флексурална сила, а кон Filtek One BulkFill сигнификантно помала флексурална сила. Нашиот резултат не е во корелација со резултатот на Ајлин Џилингир (Aylin Cilingir) и соработниците кои за Filtek Z550 добиле просечна флексурална сила од 158,5 МПа¹⁵. Во корелација со нашиот резултат е дека Filtek Z550 во нивното истражување покажал поголема флексурална сила во споредба балкфил-композитите.¹⁵ Исто така, и Али А Разуки (Ali A. Razooki) со соработниците во нивното истражување највисока флексурална сила покажал нанохибридниот Nanoceram –Bright во споредба со балкфил Tetric EvoCeram, нанокерамичниот композит Ceram X one и нанофил-композитот Estelite Sigma Quick. Тие

констатирале дека составот на композитните материјали сигнификантно ја диктира флексуралната сила.⁴

Данијела Маровиќ (Danijela Marovic) со соработниците го евакуирале однесувањето на новата генерација на балкфил-композитите. Тие испитувале 6 балкфил-композити Tetric PowerFill, Filtek One Bulk Fill Restorative, Tetric EvoCeram Bulk Fill, Fill-Up!, Tetric PowerFlow, SDR Plus Bulk Fill Flowable во споредба со два конвенционални композити Tetric Evo Ceram и Tetric EvoFlow. Флексуралната сила се испитувала во три различни временски интервали во вода и после тоа 3 дена со имерзија на етанол. Filtek One Bulk-fill имал највисока флексурална сила во сите временски периоди 181 ± 35 МПа за еден ден, 182 ± 35 МПа за 30 дена, 215 ± 24 МПа за 30 дена во вода и 3 дена во етанол. Filtek One Bulk-fill имал супериорни механички својства, но и Tetric PowerFill покажал видливи подобрувања во споредба со неговиот претходник Tetric EvoCeram Bulk-fill.¹⁷ За разлика од нашето испитување за Tetric PowerFill добивме резултат од 94,06 МПа и за Filtek One Bulk-fill од 152,57 МПа. Освен разлика во однос на јачината на лампата во нивниот труд забележавме и разлика во димензиите на примероците во должина на 16 мм. Tetric PowerFill во нашето истражување во споредба со Charisma Classic за $p < 0.05$ има сигнификантна помала јачина на флексуралната сила. Исто така, во споредба со Filtek Z250 покажал сигнификантна разлика за $p < 0.05$, односно микрохбридниот композит FZ250 има сигнификантно поголема јачина на флексуралната сила. Во споредба со нанохбридниот Ev не покажале сигнификантна разлика за $p < 0.05$. Со нанохбридниот композит FZ550 за $p < 0.05$ има сигнификантна разлика, FZ550 покажа поголема јачина од балкфил PB.

Композитот Filtek One bulkfill Restorative во нашето истражување покажа најсупериорни резултати, а нашиот резултат е во корелација со наодите во други трудови каде што овој композит покажал највисока флексурална сила. Авторот Хуи Вун Јео (Hui Woon Yeo) со соработниците за Filtek One Bulk-fill во своето истражување добиле највисока флексурална сила во споредба со другите реставративни материјали. Filtek One Bulk-fill во нивното истражување покажал резултат од 124,17 МПа.¹¹

Во компарацијата на балкфил-композитите добивме сигнификантна разлика, нашиот резултат е во корелација резултатите на Вин Хириотапа (Win Hiriotappa) и соработниците кои ја испитувале флексуралната сила на пет комерцијални балкфил-композити Sonic –Fill 2, Filtek Bulkfill Posterior Restorative, Tetric N-Ceram Bulk-Fill, Tetric Flow Bulk-Fill и Surefil SDR Flow. Sonic-Fill покажал сигнификантно повисока флексурална сила во споредба со другите композити, но не нашле сигнификантна разлика меѓу Filtek Bulkfill Posterior Restorative и Tetric N-Ceram Bulk-Fill.³⁹

Механичките својства се многу важни при изборот на реставративниот материјал. Има некои студии кои диктираат дека балкфил-композитите немаат инфериорни механички својства во споредба со конвенционалните композити.

Од друга страна, има некои студии што покажуваат дека балкфил-композитите имаат пониски механички својства од конвенционалните композити. Сепак, нивните клинички перформанси сè уште се прифатливи како алтернативен ресторативен материјал во боја на забите.

8.ЗАКЛУЧОЦИ

Од анализата на резултатите кои ги добивме во нашево истражување можеме да ги изведеме следниве заклучоци:

1. Добиените резултати укажуваат на тоа дека сите испитувани композити имаат повисока вредност од минималната посакувана флексурална сила.
2. Од сите испитувани композити најниска флексурална сила покажа балкфил-композитот Tetric PowerFill, а највисока флексурална сила покажа балкфил-композитот Filtek One Bulkfill Restorative.
3. Во споредбата на флексуралната сила меѓу трите групи на композити микрохбридни, нанохбридни и балкфил композити не добивме сигнификантна разлика, бидејќи во трите групи имавме подгрупи со различна флексурана сила. Кај групата на микрохбридни композити добивме несигнификатна повисока флексурална сила во споредба со групата на нанохбридни композити. Кај групата на балкфил- композити добивме несигнификантно повисока флексурална сила споредено со микрохбридните композити истотака и во споредба со нанохбридните композити балкфил –композитите покажа несигнификантна повисока флексурална сила.
4. Во интрагрупната споредба помеѓу микрохбридните композити Charisma Classic и Filtek Z250 не добивме сигнификантна разлика за $p < 0.05$, но сигнификантна разлика добивме во интрагрупна компарација на нанохбридните композити помеѓу Filtek Z550 и Evetric, каде што Filtek Z550 имаше повисока флексурална сила . Истотака и во интрагрупната споредба на балкфил –композитите помеѓу Filtek One Bulkfill Restorative и Tetric PowerFill добивме сигнификантна разлика каде што Filtek One Bulkfill Restorative покажа повисока флексурална сила/јачина.
5. Во споредбата помеѓу композитите Charisma Classic и Filtek Z550, Filtek Z250 и Filtek Z550 , Evetric и Tetric PowerFill Bulkfill не добивме сигнификантна разлика.
6. Во споредбите помеѓу композитите Filtek Z550 и Evetric, Charisma Classic и Evetric, Charisma Classic и Tetric PowerFill, Charisma Classic и Filtek One BulkFill, Filtek Z250 и Evetric, FZ250 и Tetric PowerFill, FZ250 и Filtek One Bulkfill Restorative, Evetric и Filtek One BulkFill, Filtek Z550 и Tetric PowerFill, Filtek Z550 и Filtek One BulkFill добивме сигнификантна разлика.

КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

1. Miletic V. *Dental composite materials for direct restorations*. 1st ed. Cham: Springer; 2018.
2. Cangul S, Adiguzel O. The latest developments related to composite resins. *Int Dent Res*. 2017;7(2):32. doi:10.5577/intdentres.2017.vol7.no2.3.
3. Van Ende A, De Munck J, Lise DP, Van Meerbeek B. Bulk-Fill Composites: A review of the current literature. *J Adhes Dent*. 2017;19(2):95-109. doi:10.3290/j.jad.a38141.
4. Al-Shekhli AA, Ayman AR. Flexural strength evaluation of Tetric Evoceram bulk-fill composite in comparison with traditional composites. *Pak Oral Dent J*. 2017 Jun 30;37(2):347-50.
5. Wang L, D'Alpino PH, Lopes LG, Pereira JC. Mechanical properties of dental restorative materials: Relative contribution of laboratory tests. *J Appl Oral Sci*. 2003;11(3):162-7. doi:10.1590/s1678-77572003000300002.
6. Ghavami-Lahiji M, Firouzmanesh M, Bagheri H, Jafarzadeh Kashi TS, Razazpour F, Behroozibakhsh M. The effect of thermocycling on the degree of conversion and mechanical properties of a microhybrid dental resin composite. *Restor Dent Endod*. 2018;43(2):e26. doi:10.5395/rde.2018.43.e26.
7. Elfakhri F, Alkahtani R, Li C, Khaliq J. Influence of filler characteristics on the performance of dental composites: A comprehensive review. *Ceram Int*. 2022;48(19):27280-94. doi:10.1016/j.ceramint.2022.06.314.
8. Domarecka M, Szczesio-Wlodarczyk A, Krasowski M, Fronczek M, Gozdek T, Sokolowski J, Bociong K. A comparative study of the mechanical properties of selected dental composites with a dual-curing system with light-curing composites. *Coatings*. 2021;11(10):1255. doi:10.3390/coatings11101255.
9. Meenakumari C, Bhat KM, Bansal R, Singh N. Evaluation of mechanical properties of newer nanoposteriorestorative resin composites: An in vitro study. *Contemp Clin Dent*. 2018;9(5):142. doi:10.4103/ccd.ccd_160_18.
10. Leprince JG, Palin WM, Vanacker J, Sabbagh J, Devaux J, Leloup G. Physico-mechanical characteristics of commercially available bulk-fill composites. *J Dent*. 2014 Aug 1;42(8):993-1000.
11. Yeo HW, Loo MY, Alkhabaz M, Li KC, Choi JJE, Barazanchi A. Bulk-fill direct restorative materials: An in vitro assessment of their physio-mechanical properties. *Oral*. 2021;1(2):75-87. doi:10.3390/oral1020008.

12. Patil A, Acharya SR, Ginjupalli K. Comparative evaluation of flexural strength of two newer composite resin materials: An in vitro study. *Pesq Bras Odontopediatr Clín Integr.* 2021;21. doi:10.1590/pboci.2021.071.
13. Chung SM, Yap AU, Chandra SP, Lim CT. Flexural strength of dental composite restoratives: Comparison of biaxial and three-point bending test. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2004;71(2):278-83. doi:10.1002/jbm.b.30103.
14. Tsujimoto A, Nagura Y, Barkmeier WW, et al. Simulated cuspal deflection and flexural properties of high viscosity bulk-fill and conventional resin composites. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2018;87:111-118. doi:10.1016/j.jmbbm.2018.07.013.
15. Cilingir A, Ozsoy A, Mert Eren M, Behram O, Dikmen B, Ozcan M. Mechanical properties of bulk-fill versus nanohybrid composites: Effect of layer thickness and application protocols. *Braz Dent Sci.* 2019;22(2):234-42. doi:10.14295/bds.2019.v22i2.1719.
16. Abuelenain DA, Neel EAA, Al-Dharrab A. Surface and mechanical properties of different dental composites. *Austin J Dent.* 2015;2(2):1019.
17. Marovic D, Par M, Macan M, Klarić N, Plazonić I, Tarle Z. Aging-dependent changes in mechanical properties of the new generation of bulk-fill composites. *Materials.* 2022;15(3):902. doi:10.3390/ma15030902.
18. Didem A, Gözde Y, Nurhan Ö. Comparative mechanical properties of bulk-fill resins. *Open J Compos Mater.* 2014;4(2):117-21. doi:10.4236/ojcm.2014.42013.
19. Sousa-Lima R, Silva L, Chaves L, Geraldeli S, Alonso R, Borges B. Extensive assessment of the physical, mechanical, and adhesion behavior of a low-viscosity bulk fill composite and a traditional resin composite in tooth cavities. *Oper Dent.* 2017;42(5). doi:10.2341/16-299-l.
20. Ilie N, Rencz A, Hickel R. Investigations towards nano-hybrid resin-based composites. *Clin Oral Investig.* 2012;17(1):185-93. doi:10.1007/s00784-012-0689-1.
21. Nanjamma KK, P Puthiyottil S, Ponnappa KC. In-vitro comparative evaluation of flexural strength and depth of cure of bulkfill composite. *RGUHS J Dent Sci.* 2021;13:16-21. doi:10.26715/rjds.13_1_4.
22. Rodrigues Junior SA, Zanchi CH, Carvalho RV, Demarco FF. Flexural strength and modulus of elasticity of different types of resin-based composites. *Braz Oral Res.* 2007;21(1):16-21. doi:10.1590/s1806-83242007000100003.
23. Boaro LC, Gonçalves F, Guimarães TC, Ferracane JL, Pfeifer CS, Braga RR. Sorption, solubility, shrinkage and mechanical properties of "low-shrinkage" commercial resin composites. *Dent Mater.* 2013;29(4):398-404. doi:10.1016/j.dental.2013.01.006.

24. Lien W, Vandewalle KS. Physical properties of a new silorane-based restorative system. *Dent Mater.* 2010;26(4):337-44. doi:10.1016/j.dental.2009.12.004.
25. Borba M, Della Bona A, Cecchetti D. Flexural strength and hardness of direct and indirect composites. *Braz Oral Res.* 2009;23(1):5-10. doi:10.1590/s1806-83242009000100002.
26. Hamouda IM. Evaluation of the mechanical properties of nanofilled composite resin restorative material. *J Biomater Nanobiotechnol.* 2012;3(2):238-42. doi:10.4236/jbnt.2012.32029.
27. Saygili G, Şahmal S, Demirel F. Changes in the mechanical properties of tooth-colored direct restorative materials in relation to time. *Polymers Adv Technol.* 2003;14(9):616-22. doi:10.1002/pat.413.
28. Abouelleil H, Pradelle N, Villat C, et al. Comparison of mechanical properties of a new fiber-reinforced composite and bulk filling composites. *Restor Dent Endod.* 2015;40(4):262-70.
29. Ersoy M, Civelek A, L'Hôtelier E, Say EC, Soyman M. Physical properties of different composites. *Dent Mater J.* 2004;23(3):278-83. doi:10.4012/dmj.23.278.
30. Jafarnia S, Valanezhad A, Odatsu T, et al. Comparative evaluation of three nanofilled resin-based dental composites: Cytotoxicity, surface roughness, and flexural properties. *Polymers Polymer Compos.* 2022;30. doi:10.1177/09673911221087586.
31. Sadananda V, Bhat SG, Hegde M. Comparative evaluation of flexural and compressive strengths of bulk-fill composites. *Int J Adv Sci Technol Res.* 2017;7.
32. Shibasaki S, Takamizawa T, Nojiri K, Imai A, Tsujimoto A, Endo H, Suzuki S, Suda S, Barkmeier W, Latta M, Miyazaki M. Polymerization behavior and mechanical properties of high-viscosity bulk-fill and low shrinkage resin composites. *Oper Dent.* 2017;42. doi:10.2341/16-385-L.
33. Goracci C, Cadenaro M, Fontanive L, Giangrosso G, Juloski J, Vichi A, Ferrari M. Polymerization efficiency and flexural strength of low-stress restorative composites. *Dent Mater.* 2014;30(6).
34. International Organization for Standardization. ISO 4049/2019 – Dentistry – Polymer-based filling, restorative and luting materials. MKC EN ISO 4049:2019, Усвоен од ISRSM
35. Muhtar, Manendra & Herda, Ellyza & Irawan, Bambang. (2023). FLEXURAL STRENGTH OF MICROHYBRIDE COMPOSITES AFTER IMMERSION IN DISTILLED WATER AND CITRIC ACID SOLUTIONS. *Cakradonya Dental Journal.* 2023 Jun19; 15. 46-52. 10.24815/cdj.v15i1.30467.

36. Monteiro GQ, Montes MA. Evaluation of linear polymerization shrinkage, flexural strength, and modulus of elasticity of dental composites. *Mater Res.* 2010;13(1):51-5. doi
37. Attar N, Tam LE, McComb D. Flow, strength, stiffness and radiopacity of flowable resin composites. *J Can Dent Assoc.* 2003;69(8):516-521.
38. Thomaidis S, Kakaboura A, Mueller WD, Zinelis S. Mechanical properties of contemporary composite resins and their interrelations. *Dent Mater.* 2013;29(8):e132-e141. doi:10.1016/j.dental.2013.04.025 i:10.1590/s1516-14392010000100012.
39. Hiriotappa W, Kraisintu P, Somyhokwilas S, Klaisiri A, Peampring C, Thamrongananskul N, Sriamporn T. Comparison of flexural strength between five commercial bulk-fill resin composites. *Thammasat Med J.* 2020;20(2):157–163.

За реализирање на ова испитување е добиена дозвола од ИСПСМ за користење на делот за флексуралната сила.

Стандардот ISO ги поседува авторските права за содржината на овој стандард, треба да се бара дозвола доколку некој сака да користи дел од содржината.

Стандардот ISO може да се купи преку следниов линк:
<https://isrsm.gov.mk/en/project/show/isrsm:proj:60669>