
REZUMAT TEZĂ DE DOCTORAT

Influența solicitărilor mecanice asupra longevității rășinilor compozite

Doctorand **Adriana Caracostea**

Conducător de doctorat **Prof. Dr. Mîndra Eugenia Badea**



UMF
UNIVERSITATEA DE
MEDICINĂ ȘI FARMACIE
IULIU HAȚIEGANU
CLUJ-NAPOCA

CUPRINS

INTRODUCERE	14
STADIUL ACTUAL AL CUNOAȘTERII	
Capitolul 1. Utilizarea rășinilor diacrilice compozite în stomatologia restaurativ-conservativă	19
1.1. Considerații generale	19
1.2. Caracteristici de structură primară	20
1.2.1. Faza organică	21
1.2.2. Faza anorganică	22
1.2.3. Agenți de cuplare (Silani)	25
1.2.4. Sisteme de inițiere a polimerizării	26
1.3. Clasificare	27
1.4. Tendințe structurale noi	28
Capitolul 2. Tribologia biomaterialelor	29
2.1. Elemente caracteristice de biotribologie în cavitatea orală	29
2.2. Biotribologia materialelor de restaurare dentară	30
2.2.1. Particularități ale proprietăților rășinilor diacrilice compozite în funcție de indicația clinică și structura compozițională	31
2.3. Metode de analiză și simulare tribologică	32
2.3.1. Metode de evaluare in vivo	33
2.3.2. Metode de evaluare in vitro	34
Capitolul 3. Factori ce pot afecta în mod direct longevitatea restaurărilor din rășini compozite indicate refacerii dinților din zona laterală	37
3.1. Forțele de ocluzie funcționale și parafuncționale	37
3.2. Oboseala ciclică și uzura	38
3.3. Capacitatea de sigilare marginală	42
3.4. Degradarea hidrolitică	43
3.5. Tenacitatea la fractură	44
CONTRIBUȚIA PERSONALĂ	
Capitolul 4. Ipoteza de lucru/Obiective generale	47
Capitolul 5. Studiul 1 – Atitudinea terapeutică a unui grup de medici dentiști din România în cazul retratamentului restaurativ a dinților din zona laterală	49
5.1. Introducere	49
5.2. Material și metodă	50
5.3. Rezultate	51

5.4. Discuții	61
5.5. Concluzii	64
Capitolul 6. Studiul 2 – Comportamentul de degradare mecanică și hidrolitică a unor rășini diacrilice compozite de restaurare directă	65
6.1. Introducere	65
6.2. Material și metodă	67
6.3. Rezultate	70
6.4. Discuții	76
6.5. Concluzii	80
Capitolul 7. Studiul 3 – Evaluarea fenomenului de uzură a unor materiale din rășini compozite	81
7.1. Evaluarea in vitro a rezistenței la uzură prin abraziție în urma procesului de finisare și lustruire a rășinilor compozite de restaurare directă	81
7.1.1. Introducere	81
7.1.2. Material și metodă	82
7.1.3. Rezultate	84
7.1.4. Discuții	88
7.1.5. Concluzii	90
7.2. Analiza calitativă in vitro a influenței abraziției simulate prin uzură de tip “two-body” asupra unor rășini compozite de restaurare directă și indirectă	91
7.2.1. Introducere	91
7.2.2. Material și metodă	93
7.2.3. Rezultate	96
7.2.4. Discuții	101
7.2.5. Concluzii	104
Capitolul 8. Studiul 4 – Evaluarea in vitro a influenței unui model tridimensional de simulare a masticației asupra capacității de sigilare marginală a unor agenți adezivi dentinari	105
8.1. Introducere	105
8.2. Material și metodă	106
8.3. Rezultate	109
8.4. Discuții	110
8.5. Concluzii	112
Capitolul 9. Studiul 5 – Evaluarea in vitro a rezistenței la oboseală ciclică a unor rășini diacrilice compozite de restaurare directă în cazul simulării unor forțe de ocluzie parafuncționale	113
9.1. Introducere	113
9.2. Material și metodă	114
9.3. Rezultate	117
9.4. Discuții	121

9.5. Concluzii	124
Capitolul 10. Concluzii generale	125
Capitolul 11. Originalitatea și contribuțiile inovative ale tezei	127
REFERINȚE	129
ANEXĂ	139

Cuvinte cheie: longevitate, biomateriale dentare, simulare masticație, bruxism, biotribologie, uzură dentară, stres mecanic, sistem CAD, microscopie electronică de baleiaj, microscopie de forță atomică.

INTRODUCERE

Cercetarea doctorală de față tratează un subiect important și actual al Stomatologiei restaurative conservative, și anume evaluarea efectelor produse de stresul mecanico-chimic asupra longevității restaurărilor din materiale compozite. Mecanismele biotribologice care guvernează aceste materiale de restaurare dentară sunt foarte complexe, mai ales că mediul cavității orale nu oferă întotdeauna condițiile ideale de supraviețuire pentru restaurările dentare realizate din aceste materiale.

Teza de față este compusă din două părți principale: stadiul actual al cunoașterii care prezintă contextul actual al cercetărilor din tema de dezbatere al acestei lucrări și partea de contribuții personale în care sunt prezentate studiile experimentale efectuate pe parcursul studiilor de doctorat.

Prima parte a tezei, stadiul actual al cunoașterii, cuprinde 3 capitole în care s-au concentrat cele mai importante teme care au dus la susținerea cercetării științifice, și anume: structura compozițională a materialelor din rășini compozite și respectiv noi tendințe structurale pentru viitoarele materiale dentare utilizate pentru stomatologia restaurativ-conservativă, mecanismele tribologice și factorii ce pot afecta longevitatea și performanța materialelor de restaurare dentară. De asemenea, sunt prezentate particularități ale materialelor compozite în funcție de indicația lor clinică și de structură compozițională care pot afecta tocmai capacitatea de supraviețuire a unei restaurări la nivelul cavității dentare, dar și metode de analiză in vivo și in vitro ale acestor materiale restaurative, cu accent pe analiza de laborator, prezentându-se aparatura special indicată pentru testarea și simularea unor mecanisme tribologice. Capitolul trei al acestei părți analizează unii cei mai importanți factori care pot influența direct performanța clinică și longevitatea restaurărilor realizate din materiale compozite.

Partea a doua a lucrării este reprezentată de cinci studii care au avut drept obiective generale factorii prezentați în capitolul 3 din prima parte a tezei. Astfel, pe parcursul acestei lucrări de cercetare doctorală, lucrarea a evaluat teme precum tendința actuală de retratament al restaurărilor vicioase din zona laterală, evaluarea în detaliu a comportamentului mecanic de suprafață și mecanico-hidrolitic și a efectelor stresului mecanico-chimic utilizând aparatura de laborator pentru imitarea unor condiții existente la nivelul cavității orale (simularea masticației, a forțelor parafuncționale, și chiar a ligamentului periodontal) asupra materialelor din rășini diacrilice compozite indicate pentru restaurarea dinților din zona laterală.

CONTRIBUȚIA PERSONALĂ

Ipotezele de lucru. În cadrul acestei teze de doctorat a avut următoarele obiective: (1) Tendințe actuale de retratament coronar restaurativ a dinților din zona laterală. (2) Influența poziției morfologice și structurale asupra comportamentului de degradare mecanică și hidrolitică. (3) Testarea fenomenului de uzură. (4) Influența unui model de simulare tridimensional a masticăției asupra interfeței dinte-adeziv. (5) Comportamentul de degradare mecanică în cadrul simulării unor forțe masticatorii parafuncționale. Aceste obiective s-au materializat printr-o cercetare științifică compusă în cadrul acestei teze din cinci capitole.

Studiul 1. Atitudinea terapeutică a unui grup de medici dentiști din România în cazul retratamentului restaurativ a dinților din zona laterală

Obiective. Scopul studiului de față a fost de a evalua opțiunile terapeutice a medicilor dentiști de diverse specialități din România, în ceea ce privește retratamentul restaurărilor coronare defectuoase de la nivelul dinților posteriori. Un alt obiectiv al studiului a fost de a identifica materialele de restaurare dentară folosite de medicii dentiști români și metodele folosite de aceștia pentru repararea unei restaurări dentare. Am dorit să observ, de asemenea, care sunt opțiunile clinice de restaurare dentară a medicilor în cazul existenței parafunțiilor ocluzale la pacienții tratați și a perioadei de supraviețuire in situ a materialelor folosite pentru repararea obturațiilor dentare.

Material și metodă. Am realizat un chestionar electronic cu întrebări (Google Forms, Google USA) distribuit la medici dentiști de diverse specialități din România. Chestionarul a fost compus din 21 de itemi care au evaluat 2 arii mari de interes, precum: atitudinea terapeutică de a) înlocuire și b) de reparare față de o restaurare coronară defectuoasă din zona posterioară. Pentru fiecare din cele două arii de interes s-au evaluat și influența prezenței forțelor masticatorii parafuncționale asupra performanței restaurării, tipurile de materiale de restaurare folosite, utilizarea diferitelor tehnici adezive pentru pregătirea reparării unei obturații coronare, perioada de supraviețuire a unui material restaurativ de reparație și respectiv perioada de evaluare a unei restaurări coronare.

Rezultate. Pentru testarea ipotezelor formulate anterior s-au utilizat testele Pearson Chi-pătrat și Fischer, iar pentru evaluarea corelațiilor dintre frecvențele factorilor implicați s-a utilizat testul Kendall's tau b și modele de analiza univariată în blocuri de variabile (Model Liniar General Univariat, GLMU), la o valoare statistic semnificativă a lui $p < 0.05$. Deoarece nu toți medicii au răspuns la toți itemii sau doar au inițiat completarea chestionarului, am hotărât ca doar respondenții care au răspuns complet la chestionar (N=385) să fie luați în calcul pentru analiza datelor obținute.

Atitudinea terapeutică general observată pentru toți medicii de diverse specialități a fost de a înlocui obturația defectuoasă (75.8%), iar dintre aceștia medicii specialiști de stomatologie generală indică înlocuirea restaurării coronare în procent de 44.2%. Tipul de defect existent la nivel de restaurare a influențat în mod direct atitudinea medicilor respondenți de a înlocui sau repara o restaurare. De asemenea, medicii optează pentru înlocuirea unei restaurări coronare laterale în 64% din cazuri atunci când mai puțin de o treime din pacienții tratați prezintă parafunții masticatorii, iar în 55% din cazuri repară obturația defectuoasă când aproximativ două treimi din

pacienți prezintă aceste parafuncții. Cele mai frecvent materiale de restaurare înlocuite și respectiv reparate, raportate de medici au fost rășinile compozite și cele cu viscozitate scăzută. Pentru reparare unei obturații coronare defectuoase 50% dintre medicii specialiști au declarat că au utilizat freza diamantată împreună cu un sistem adeziv.

Concluzii. 1) Atitudinea generală observată la majoritatea medicilor respondenți este pentru înlocuirea unei restaurări coronare defectuoase din zona laterală versus reparare. 2) Prezența unui anumit tip de defect la nivel de obturație coronară influențează decizia clinică de a o repara sau îndepărta. 3) Rășinile diacrilice compozite directe sunt materialele de obturație cele mai des înlocuite, în timp ce, acestea alături de utilizarea frezei diamantate împreună cu un sistem adeziv, sunt cele mai frecvente materiale folosite pentru a repara o obturație coronară. 4) Tendința generală a medicilor specialiști a fost de a înlocui materialul de obturație atunci când există un număr mic de pacienți cu parafuncții ocluzale, și respectiv de a repara obturația atunci când există un procent mai mare de pacienți cu tulburări masticatorii.

Studiul 2. Comportamentul de degradare mecanică și hidrolitică a unor rășini diacrilice compozite de restaurare directă

Obiective. Scopul investigației de față a fost de a evalua comparativ comportamentul de degradare prin absorbție de apă și performanța mecanică a unui material compozit experimental bazat pe o combinație de rășină polimerică-particule nanohibride cu două rășini compozite nanohibride recent apărute și cu un compozit tradițional nanohibrid (Herculite XRV Ultra-XRVU, Evetric-EV, Filtek Z550-Z550, Compozit experimental-EC).

Material și metodă. Pentru acest studiu s-au folosit probe din trei materiale comerciale de restaurare dentară și unul experimental. Rășinile compozite au fost testate pentru proprietăți mecanice (rezistența la flexie, compresie și la tracțiune prin compresie diametrală) și capacitatea de absorbție a apei (imersie în apă distilată și salivă artificială). Un număr de o sută douăzeci de specimene ($n=10$ specimene/material/test) au fost utilizate pentru testarea mecanică realizată conform standardelor ISO 4049. Materialele compozite s-au aplicat și compactat strat după strat în matrice de Teflon, apoi polimerizate cu lampa de halogen. Performanța mecanică a materialelor studiate a fost evaluată cu ajutorul aparatului de testare universal. Specimenele au fost împărțite aleatoriu în două grupe pentru a fi imersate în apă distilată, respectiv salivă artificială, la 37°C pentru următoarele zile de referință: 1, 7, 14, 30.

Rezultate. Analiza ANOVA a arătat diferențe statistic semnificative ale degradării mecanice pentru toate materialele studiate ($p<0.0001$). Testul Tukey HSD pentru comparații multiple a arătat că nu există diferențe statistic semnificative între valori pentru EV și XRVU la testarea rezistenței la flexie ($p=0.839$). Cele mai mari valori ale rezistenței la compresie semnificative statistic au fost observate pentru Z550 ($p<0.05$), urmate de cele ale EV, XRVU și EC; în ce privește valorile medii obținute pentru rezistența la tracțiune diametrală, nu s-au observat diferențe statistic semnificative între materialele EC, EV și XRVU ($p>0.05$), în timp ce rășina compozită nanohibridă Z550 a fost capabilă să reziste la forța de tracțiune diametrală, având cele mai mari valori medii semnificative statistic comparativ cu restul materialelor compozite ($p<0.05$).

Rezultatele testului ANOVA raportate la Ziua de referință au arătat diferențe statistic semnificative pentru toate cele patru rășini diacrilice compozite în ce privește imersia în apă distilată și respectiv salivă artificială pentru perioada de timp testată ($p < 0.05$). Când zilele de referință testate pentru absorbția în apă distilată au fost analizate în funcție de Material prin analiza ANOVA, testul statistic a arătat diferențe statistic semnificative între grupul de materiale pentru ziua 1 ($p < 0.0001$), ziua 7 ($p < 0.0001$) și respectiv ziua 30 ($p < 0.0001$). În ceea ce privește absorbția de apă în salivă artificială, testul ANOVA în funcție de Material a arătat diferențe semnificative între toate materialele testate pentru ziua 1 ($p < 0.0001$), ziua 7 ($p = 0.014$), ziua 14 ($p = 0.035$) și respectiv ziua 30 ($p < 0.0001$). Testul de corelație Pearson a indicat o relație pozitivă semnificativă între rezistența la flexie și tracțiune diametrală ($R=0.97$, $p=0.03$) și respectiv cu rezistența la compresiune ($R=0.83$, $p=0.17$), în timp ce între compresie și tracțiunea diametrală a indicat o relație moderată pozitivă ne semnificativă statistic ($R=0.7$, $p= 0.3$). O corelație negativă semnificativă statistic s-a observat între valorile medii ale compresiei și absorbția de apă pentru ambele medii de imersie după o zi de testare ($p < 0.05$). De asemenea, s-au observat o corelație negativă între absorbția de apă și FS și respectiv DTS pentru $p > 0.05$. S-a observat corelații pozitive între procentul volumetric al particulelor și FS, DTS ($p > 0.05$) și o relație slabă cu CS ($p > 0.05$). Testul de corelație Pearson a stabilit o legătură slabă negativă între dimensiunea medie a particulelor și CS ($p > 0.05$) și respectiv o relație slabă pozitivă cu FS și DTS ($p > 0.05$).

Concluzii. 1) Tipul, morfologia și distribuția de particule de umplură și respectiv combinația de monomeri ai matricii rășinice au influențat pozitiv performanța mecanică rășinilor Filtek Z550 și Evetric. 2) O șarjare mare în cadrul nano-agregatelor pre-polimerizate a materialului Filtek Z550, a dus la o absorbție de apă mai crescută și o degradare a matricii polimerice cu scăderea rezistenței legăturii adezive a agentului de cuplare. 3) Combinația de monomeri rășinici hidrofobi din compoziția materialului EV a reușit să asigure o creștere a rezistenței la absorbția de apă și a performanței mecanice. 4) Supuse la degradare hidrolitică, compozitul tradițional și cel experimental (XRVU și EC) au avut un comportament similar al absorbției de apă.

Studiul 3. Evaluarea fenomenului de uzură a unor materiale din rășini compozite.

Studiul 3.1. Evaluarea in vitro a rezistenței la uzură prin abraziție în urma procesului de finisare și lustruire a rășinilor compozite de restaurare directă

Obiective. Scopul studiului de față a fost de a evalua comparativ efectele a două sisteme de finisare și lustruire (freză multilamelară combinată cu un sistem de lustruire în trei timpi, și respectiv cu un sistem de lustruire într-un timp) pentru aceleași rășini compozite nanohibride utilizate la studiul 2. La această evaluare s-a determinat și rugozitatea suprafețelor de material compozit.

Material și metodă. Pentru studiul de față s-au testat un număr de 60 probe din materiale compozite: XRVU, EV, Z550 și EC. Pentru realizarea probelor de compozit s-au folosit matrițe cilindrice din Teflon, în care au fost polimerizate multidirecțional cu ajutorul unei lămpi de fotopolimerizare cu halogen, prin intermediul unui gel de glicerină, aplicat pe suprafața materialului. După priza materialelor compozite speci-menele au fost măsurate și cântărite înainte și după preparare. Dintre acestea un număr de 20 probe, alese aleatoriu, au fost considerate probele din Grupul de control,

corespunzător fiecărui material testat, în timp ce restul de probe au fost împărțite în 2 grupe după cum urmează: -Grupul de finisare și lustruire în 3-etape(FL3)- finisare freză multilamelară cu răcire, apoi lustruire în trei etape cu discuri abrazive diferite (mediu, fin și extrafin) (Soft-Lex Pop-on, 3MESPE, USA); -Grupul de finisare și lustruire într-o etapă(FL1)- finisare freză multilamelară cu răcire, apoi lustruire și apoi lustruire sub răcire cu apă cu un singur polipant din cauciuc siliconic impregnat cu cristale micro-fine de diamant și oxizi metalici (Optrapol, Ivoclar, Vivadent, Lichtenstein). Pentru fiecare probă de material din cele 3 grupuri s-a măsurat înălțimea (GCh_0 , $FL1h_1$, $FL3h_2$) și s-a cântărit greutatea (GCm_0 , $FL1m_1$, $FL3m_2$). Pentru măsurarea și evaluarea rugozității de suprafață a probelor de material compozit testate s-a utilizat un microscop de forță atomică (AFM) cu care s-au înregistrat profilul de suprafață și s-au calculat valorile medii ale rugozității pentru fiecare grup de probe.

Rezultate. Testele ANOVA și respectiv Dunnett au arătat valori medii semnificative ($p < 0.05$) pentru compozitele XRVU, Z550 și EC atunci când s-au comparat modificările de masă produse de cele două metode de finisare-lustruire (FL1 și FL3) față de grupul de control. Materialul EC a pierdut o cantitate semnificativ mai mică după utilizarea celor 3 metode testate față de restul materialelor ($p < 0.05$), iar Z550 a pierdut o cantitate semnificativ mai mare față de XRVU, după utilizarea metodei de finisare-lustruire în 3 timpi(FL3). Pierderea procentuală de masă a indicat următoarea ordine descrescătoare după utilizarea metodei FL1, $Z550 = EV > XRVU > EC$, și respectiv pentru metoda FL3, $EV > XRVU > Z550 > EC$ ($p > 0.05$). Pentru pierderea procentuală în înălțime s-a observat următoarea ordine descrescătoare după utilizarea metodei FL1 ($p < 0.05$), și respectiv FL3($p > 0.05$), $EV > Z550 > XRVU > EC$. Testul ANOVA în funcție de material, a relevat diferențe statistic semnificative ale rugozității de suprafață ($p < 0.05$) pentru cele trei grupuri luate în considerare (GC, FL1, FL3).

Coeфициentul de corelație Pearson a indicat relații pozitive, între valorile medii ale masei și înălțimii probelor pentru grupurilor de metode analizate corespunzătoare compozitelor testate. Analiza corelațiilor dintre valorile medii ale masei și înălțimii probelor și valorile medii ale rugozității de suprafață (R_a) pentru grupul GC și FL3 au relevat relații negative ne semnificative ($p > 0.05$), în timp ce pentru grupul FL1, s-au evidențiat o corelație puternic negativă semnificativă între valorile medii ale rugozității și pierderea de masă procentuală ($R_{Mp} = -0.99$, $p = 0.002$).

Concluzii. 1)Rugozitatea dobândită în urma utilizării celor două metode de finisare-lustruire a fost asemănătoare pentru ambele sisteme, dar mai scăzută față de cea moștenită după polimerizare. 2)Tipul, morfologia, distribuția particulelor de umplutură anorganică, dar și prezența conglomeratelor de particule pre-polimerizate, au influențat rezistența și calitatea rugozității dobândite după fenomenul abraziie prin fricțiune indus de sistemele de finisare-lustruire testate.

Studiul 3.2. Analiza calitativă in vitro a influenței abraziiei simulate prin uzură de tip "two-body" asupra unor rășini compozite de restaurare directă și indirectă

Obiective. Acest studiu a dorit ca prin intermediul unei analize in vitro să sublinieze importanța diferitelor metode de evaluare calitative (camera foto digitală-DC, microscopia optică-OM, SEM și sistemul CAD) a morfologiei de suprafață și caracteristicile la uzură a patru rășini compozite nano-hibride directe și patru inlay-uri compozite (două din rășini nanohibride și două din rășini compozite microhibride),

supuse la două metode de îmbătrânire in vitro: termociclare (TC) și simularea uzurii la nivel de contact ocluzal(OCA) pe baza încărcărilor mecanice (ML).

Material și metodă. Pentru această investigație s-au utilizat molari de minte extrași, fără fisuri sau leziuni carioase. S-au preparat cavități de tip mezio-ocluzo-distale(MOD) care au fost restaurate rășini compozite directe(Premise-P, Venus Pearl-VP, Kalore-K, Beautifil II-BF) și indirecte(Premise indirect-PI, Signum Ceramis-SC, Gradia-G, Ceramage-C). Probele au fost supuse termociclării(TC), iar pentru încărcarea mecanică s-a folosit un simulator de masticație cu axe duale (ML). După fiecare metodă de îmbătrânire in vitro s-au luat amprente ale probelor de dinți testați pentru a obține modele din rășină epoxi transparentă. Astfel, în cadrul acestui studiu s-au evaluat calitativ suprafețele ocluzale a două seturi de modele din rășină epoxi corespunzătoare dinților restaurați cu rășinile compozite directe și indirecte. Modele obținute din rășină epoxi au fost acoperite cu un strat fin de aur și apoi evaluate prin micro- (SEM și OM) și macro-analiză calitativă (DC, scanner cu laser 3D cu softul CAD).

Rezultate. Dintre rășinile compozite directe, P și VP au prezentat pentru ambele tipuri de analiză caracteristici morfologice mai bune atât după termociclare, dar mai ales după simularea abraziiei de tip „two-body”, în timp ce rășinile K și BF au prezentat un comportament similar din punct de vedere al apariției fisurilor și defectelor de suprafață, și chiar dezlipiri ale fazei anorganice de la nivelul suprafeței ocluzale pentru ambele tehnici in vitro observate la toate cele patru aparate de folosite pentru analiza calitativă. Dintre inlay-urile din rășini compozite, cele realizate din materialul PI, pe de o parte, au prezentat caracteristici de suprafață și o adaptare marginală mai bună față de restul compozitelor directe și indirecte, iar pe de altă parte rășina compozită nanohibridă indirectă, SC a prezentat un comportament mecanic de suprafață asemănător inlay-urilor realizate din rășinile compozite cu umplutură microhibridă, G și C.

Concluzii. 1) Analiza macro- și micro-morfologică a indicat modele diferite ale abraziiei ciclice pentru materialele compozite testate în funcție de procentul de umplutură anorganică și distribuția particulelor în matricea organică. Scannerul cu laser 3D al sistemului CAD împreună cu camera foto digitală au ilustrat caracteristici macro-morfologice care au oferit informații utile pentru evaluarea clinică. 2) În general, după cele două metode de îmbătrânire in vitro, inlay-urile compozite au avut o adaptare mai bună și suprafețe ocluzale mai bine finisate și mai lustruite decât rășinile compozite directe.

Studiul 4. Evaluarea in vitro a influenței unui model tridimensional de simulare a masticației asupra capacității de sigilare marginală a unor agenți adezivi dentinari

Obiective. Pentru acest studiu scopul a fost de a analiza efectele pe care le poate produce un model in vitro care combină simularea masticației și a ligamentului periodontal(PDL), asupra performanței marginale de sigilare a două tehnici adezive (rășină autoadezivă și un sistem adeziv autogravant într-un timp) comparativ cu două metode de laborator deja consacrate, termociclarea și stocarea în apă.

Material și metodă. Un număr de patruzeci și cinci de molari de minte umani, fără carii, fisuri sau alte defecte, au fost utilizați pentru prepararea unor cavități proximale extinse (MO/DO), câte două pe fiecare dinte, având marginea cervicală la 1mm de joncțiunea amelo-cementară. Dinții au fost împărțiți aleatoriu în 3

grupuri: Grup 1-simulare masticăție și PDL (ML+PDL), Grup 2- termociclare (TC) și Grup 3-stocare în apă distilată (WS). Pentru fiecare din metode, cavitațiile MO (n=15cavitații/material) au fost condiționate cu rășina auto-adezivă, Vertise Flow (VF), iar cavitațiile DO (n=15cavitații/material) cu sistemul adeziv autogravant într-un timp, Optibond All-In-One (OBA). Toate cavitațiile au fost apoi restaurate cu o rășină compozită nanohibridă (Herculite XRV Ultra).

Pentru testarea mecanică, simularea complexului rădăcină dentară-ligament periodontal-os a fost realizat prin înglobarea rădăcinilor dentare în cavitații-alveolă din rășină acrilică în care s-a injectat inițial un elastomer siliconic fluid. Întregul complex a fost montat în camerele de testare a unui simulator de masticăție (CS-4.2, SD Mechatronik, Germania). Un alt grup de dinți a fost supus termociclării, în timp ce grupul 3 de specimene a fost imersat în apă distilată pe parcursul întregii perioade de testare. Pentru evaluarea microinfiltrației dinții restaurați au fost imersați în soluție de azotat de argint 50%wt, și apoi secționati pentru a fi evaluați cu microscopul optic la mărimi de 4x și 40x. Cu ajutorul software-ului Quick Photo 2.3 s-a măsurat lungimea infiltrației colorantului la nivelul interfeței dinte-restaurare.

Rezultate. Datele obținute pentru infiltrarea colorantului au fost analizate cu testul ANOVA, urmat de testul post-hoc Tukey HSD pentru comparațiile între grupuri, testul t Student Independent împreună cu corecția Bonferroni, la un nivel de semnificație statistică de 95%. Coeficientul de corelație Pearson a fost utilizat pentru a determina dacă există corelații posibile între măsurătorile metodelor de îmbătrânire in vitro.

Testul ANOVA a arătat diferențe statistic semnificative mai mari între grupul MC+PDL comparativ cu grupul TC și respectiv grupul WS ($p < 0.05$) pentru probele tratate adeziv cu VF, în timp ce metodele TC și WS au avut performanțe similare ($p > 0.05$). Pentru cavitațiile tratate adeziv cu OBA același test statistic a indicat valori medii semnificativ mai mari pentru metodele față de metoda WS ($p < 0.05$). În cadrul aceluiași grup de metode (MC+PDL și respectiv, TC) s-au observat valori similare pentru ambele tehnici adezive, iar pentru metoda WS, probele restaurate cu VF au avut valori semnificativ mai mari față de cele tratate adeziv cu OBA ($p < 0.05$). Coeficientul Pearson nu a decelat corelații semnificative statistic între cele trei metode de îmbătrânire in vitro.

Concluzii. Complexul de simulare oboesală ciclică-ligament periodontal a indus a scădere a performanței de sigilare marginală a celor două tehnici adezive, față de celelalte metode de testare in vitro.

Studiul 5. Evaluarea in vitro a rezistenței la oboesală ciclică a unor rășini diacrilice compozite de restaurare directă în cazul simulării unor forțe ocluzale parafuncționale

Obiective. Având în vedere că bazele de date nu au oferit suficiente informații cu privire la efectele forțelor masticatorii parafuncționale, precum bruxismul, care alături de fenomenul de oboesală ciclică poate induce la o scădere a performanței și longevității unei restaurări dentare din zona laterală, scopul studiului de față a fost de a testa cu ajutorul unui model in vitro de simulare a forțelor parafuncționale, efectele acestora asupra a două rășini compozite nanohibride (una contemporană și una pe bază de giomer) în timpul imersării lor în băutură energizantă pentru sportivi pe o perioadă echivalentă cu 24 luni in situ.

Material și metodă. Pentru această investigație s-au utilizat molari de minte extrași cu scop ortodontic sau chirurgical. pentru a simula uzura la nivel ocluzal, vârfulurile cuspizilor au fost secționare cu ajutorul unui microtom. La nivelul suprafețelor ocluzale s-au preparat cavități standardizate de tip Clasa I, care au fost restaurate cu o rășină compozite nanohibridă (Filtek Z550-Z550) și respectiv una de tip Giomer (Beautiful II-BF). Toate cavitățile restaurate cu cele două rășini compozite au fost imersate în băutură energizantă pentru sportivi câte 10min de 3 ori pe zi, timp de 60zile (Powerade Citrus).

Pentru testarea mecanică și evaluarea materialelor, speciemenelor au fost împărțite în 5 subgrupuri (N=10cavități/material/subgrup) corespunzător perioadelor ciclurilor mecanice și a echivalențelor de serviciu clinic al restaurărilor: Sub-Grupul 1-60000cicli(3 luni-3L), Sub-Grupul 2-120000cicli(6 luni-6L), Sub-Grupul 3-240000cicli(12 luni-12L), Sub-Grupul 4-360000cicli(18 luni-18L) și respectiv Sub-Grupul 5-480000cicli(24luni-24L). Testarea mecanică s-a realizat prin simularea unor forțe masticatorii parafuncționale (bruxism) cu ajutorul aparatului de simulare a masticăției cu axe duale. Pe perioada testării probele au fost imersate alternativ în aceeași băutură energizantă și respectiv apă distilată. La finalul testărilor speciemenele au fost imersate în soluție de fucsină bazică 2% 24 h, apoi au fost secționare pentru a analiza zona de uzură și eventualele fisuri interne apărute. Pentru fiecare probă s-a calculat numărul de fisuri interne(NrFs) apărute în material, lungimea medie a acestora(LmFs) și respectiv raportul procentual dintre volumul de uzură și volumul total al obturației (Vuz).

Rezultate. Datele rezultate au fost analizate statistic cu ajutorul testelor ANOVA, Wicoxon, Mann-Whitney și respectiv t-Student, la care s-au folosit testele de analiză a perechilor Tukey HSD, și Bonferroni. Cu ajutorul coeficientului Pearson s-au evaluat existența corelațiilor între lungimea medie a fisurilor, numărul mediu al acestora, și aria uzată față de perioadele testate. Analiza multi-variata de regresie Cox și respectiv testul Kaplan-Meier pentru generarea curbelor de supraviețuire au fost utilizate pentru a observa influența variabilelor asupra celor două materiale.

Testele Wilcoxon și Mann-Whitney U au evidențiat valori semnificativ mai mici din punct de vedere al lungimii medii a fisurilor interne pentru materialul Z550 comparativ cu materialul BF, pentru perioadele 3L (60000cicli) și 6L(120000cicli) ($p<0.05$); iar pentru grupul 12L, testele ANOVA și Tukey HSD, au indicat lungimi medii ale fisurilor interne similare pentru ambele materiale ($p>0.05$). Grupul 18L și respectiv 24L restaurate cu materialul BF au prezentat valori medii ale lungimii fisurilor interne semnificativ mai mari comparativ cu cele prezente în materialul Z550 ($p<0.05$). După 240000cicli(12L) cele două materiale au avut un număr similar de fisuri interne ($p>0.05$).

Din punct de vedere al procentului volumetric de material uzat, pentru materialul Z550, după simularea bruxismului, testele statistice Wicoxon și respectiv Mann-Whitney au indicat valori semnificative statistic după cum urmează: $3L<6L<12L=18L<24L$ ($p<0.001$). De asemenea testele statistice au indicat pentru materialul BF următoarea ordine în ceea ce privește procentul volumetric de material uzat: $3L<6L<12L<18L<24L$ ($p<0.001$). S-au evidențiat corelații statistic semnificative între numărul de cicli, LmFs și respectiv Vuz ($p<0.05$), și de asemenea tot o relație semnificativă a fost indicată între LmFs și Vuz ($p<0.05$). Analiza regresiei Cox a indicat că variabila NrFs la sfârșitul perioadei de testare a avut o influență semnificativă pentru materialul BF ($p<0.05$), în timp ce pentru probele restaurate cu materialul

Z550, influența fisurilor interne a fost mai mare, dar fără semnificație statistică ($p > 0.05$). Testul log-rank a indicat o rată de supraviețuire mai bună pentru materialul Z550 la finalul celor 480000 cicluri mecanici în funcție de variabilele LmFs ($p < 0.05$) și respectiv NrFs ($p < 0.05$), în timp ce influența variabilei Vuz nu a fost statistic semnificativă ($p > 0.05$).

Concluzii. Având în vedere condițiile de testare ale studiului, dar și limitele acestuia, se poate concluziona faptul că fenomenele de uzură și oboseală ciclică asociate și cu imersarea în mediu acid au indus un comportament mecanic și implicit o rată de supraviețuire mai scăzută a rășinii compozite de tip Giomer față de cea nanohibridă.

CONCLUZII GENERALE

Atitudinea generală observată la majoritatea medicilor respondenți a fost pentru înlocuirea unei restaurări coronare defectuoase din zona laterală versus reparare. Aceeași opțiune s-a păstrat și la pacienții fără parafuncții masticatorii. Prezența unui anumit tip de defect la nivel de obturație coronară a influențat decizia clinică de a o repara sau îndepărta o obturație.

Rășinile diacrilice compozite directe sunt materialele de obturație cele mai des înlocuite, în timp ce, cele mai frecvente tehnici de condiționare pentru repararea unei restaurări au fost freza diamantată și sistemul adeziv.

Tipul, morfologia și distribuția de particule de umplutură și respectiv combinația de monomeri ai matricii rășinice au influențat pozitiv performanța mecanică rășinilor Filtek Z550 și Evetric.

O șarjare mare în cadrul nano-agregatelor pre-polimerizate a materialului Filtek Z550, a dus la o absorbție de apă mai crescută și o degradare a matricii polimerice cu scăderea rezistenței legăturii adezive a agentului de cuplare.

Combinația de monomeri rășinici hidrofobi din compoziția materialului EV a reușit să asigure o creștere a rezistenței la absorbția de apă și a performanței mecanice. Compozitul tradițional și cel experimental (XRUV și EC) au avut un comportament similar al absorbției de apă.

Rugozitatea dobândită în urma utilizării celor două metode de finisare-lustruire a fost asemănătoare pentru ambele sisteme, dar mai scăzută față de cea moștenită după polimerizare.

Caracteristicile morfologice ale fazei anorganice, au influențat rezistența și calitatea rugozității dobândite după fenomenul abraziie prin fricțiune indus de sistemele de finisare-lustruire testate.

Analiza macro- și micro-morfologică a indicat modele diferite ale abraziie ciclice pentru materialele compozite testate în funcție de procentul de umplutură anorganică și distribuția particulelor în matricea organică. În general, după cele două metode de îmbătrânire in vitro, inlay-urile compozite au avut o adaptare mai bună și suprafețe ocluzale mai bine finisate și mai lustruite decât rășinile compozite directe.

Complexul de simulare oboseală ciclică-ligament periodontal a indus a scădere a performanței de sigilare marginală a celor două tehnici adezive, față de celelalte metode de testare in vitro.

Asocierea simulării bruxism-suport periodontal-mediu acid a dezvoltat fenomene de uzură și oboseală ciclică care au indus un comportament mecanic și implicit o rată de supraviețuire mai scăzută a rășinii compozite de tip Giomer față de cea nanohibridă.

PhD THESIS ABSTRACT

The influence of the mechanical stress on the longevity of resin composites

Ph.D. Student **Adriana Caracostea**

Ph.D. Scientific Coordinator **Prof. Dr. Mindra Eugenia Badea**



UMF
UNIVERSITATEA DE
MEDICINĂ ȘI FARMACIE
IULIU HAȚIEGANU
CLUJ-NAPOCA

TABLE OF CONTENTS

INTRODUCTION	14
CURRENT STATE OF KNOWLEDGE	
Chapter 1. The use of resin-based composites in conservative-restorative dentistry	19
1.1. General aspects	19
1.2. Features of primary structure	20
1.2.1. Organic phase	21
1.2.2. Inorganic phase	22
1.2.3. Coupling agents (Silanes)	25
1.2.4. Initiation systems of polymerisation	26
1.3. Classification	27
1.4. New structural trends	28
Chapter 2. Biomaterials tribology	29
2.1. Characteristic elements of biotribology of the oral cavity	29
2.2. The biotribology of restorative dental materials	30
2.2.1. Specific features of resin-based composites' properties according to their clinical indication and structure	31
2.3. Methods of analysis and tribological simulation	32
2.3.1. In vivo evaluation methods	33
2.3.2. In vitro evaluation methods	34
Chapter 3. Factors which may directly affect the longevity of resin composites restorations indicated for lateral teeth	37
3.1. Functional and parafunctional occlusal forces	37
3.2. Cyclic fatigue and wear	38
3.3. The ability of marginal sealing	42
3.4. Hydrolytic degradation	43
3.5. Fracture toughness	44
PERSONAL CONTRIBUTION	
Chapter 4. Hypothesis/General objectives	47
Chapter 5. Study 1 – Therapeutical attitude of a group of dentists from Romania regarding the restorative retreatment of lateral teeth	49
5.1. Introduction	49
5.2. Material and method	50
5.3. Results	51
5.4. Discussions	61
5.5. Conclusions	64

Chapter 6. Study 2 – The mechanical and hydrolitic behavior os some direct resin based composites	65
6.1. Introduction	65
6.2. Material and method	67
6.3. Results	70
6.4. Disscusions	76
6.5. Conclusions	80
Chapter 7. Study 3 – Evaluation of wear phenomenon of some resin composite materials	81
7.1. In vitro evaluation of abrasive wear strength after finishing and polishing process of direct restaorative resin composites	81
7.1.1. Introduction	81
7.1.2. Material and method	82
7.1.3. Results	84
7.1.4. Disscusions	88
7.1.5. Conclusions	90
7.2. In vitro qualitative analysis of „two-body” abrasive wear on some direct and indirect restaorative resin composites	91
7.2.1. Introduction	91
7.2.2. Material and method	93
7.2.3. Results	96
7.2.4. Disscusions	101
7.2.5. Conclusions	104
Chapter 8. Study 4 – In vitro evaluation of the influence of a three dimensional model of chewing simulation on marginal sealing ability of some dentinal adhesive agents	105
8.1. Introduction	105
8.2. Material and method	106
8.3. Results	109
8.4. Disscusions	110
8.5. Conclusions	112
Chapter 9. Study 5 – In vitro analysis of cyclic fatigue of some direct resin based composites subjected to simulation of parafunctional occlusal forces	113
9.1. Introduction	113
9.2. Material and method	114
9.3. Results	117
9.4. Disscusions	121
9.5. Conclusions	124
Chapter 10. General conclusions	125
Chapter 11. Originality and inovative contributions of the thesis	127

REFERENCES	129
APPENDIX	139

Keywords: longevity, dental biomaterials, chewing simulation, bruxism, biotribology, dental wear, mechanical stress, CAD system, scanning electronic microscopy, atomic force microscopy.

INTRODUCTION

The present doctoral research thesis deals an important and current subject of restorative dentistry, and this is about the assessment of the effects produced by the mechanic-chemical stress on the longevity of dental restorative materials. The biotribological mechanisms which govern these dental materials have a high complexity, especially when the oral cavity doesn't always offer the ideal conditions of the dental restorations made of these materials to survive.

The thesis is composed of two main parts: the current state of knowledge which presents the context of current researches from the debate theme of this thesis and the part with personal contributions which presents the experimental investigations done along the doctoral studies.

The first part of the thesis, the current state of knowledge, comprises 3 chapters concentrated on the most important themes which support the themes of the thesis: compositional structure of resin composites materials, and new structural trends of new resin composite materials used in restorative dentistry, tribological mechanisms and factors which may influence the longevity and performance of the dental restorative materials. Likewise, are presented specific features of composite materials according to their clinical indications and structure which may affect the capacity of a dental restoration to survive, and also in vivo and in vitro analysis methods of these materials, emphasizing the lab assessment and presentation of specific devices indicated to test and simulate of some tribological mechanisms. The third chapter analyses some of the most important factors which directly influence the clinical performance and longevity of the dental restorative composite materials.

The second part of the thesis is represented by five studies which have as general objectives the assessment of the factors presented in the third chapter of the thesis. Thus, the thesis has assessed the current tendency to retreat defective dental restorations of the lateral teeth, detailed evaluation of the mechanical surface and mecnica-hydrolitic behaviour and the effects of mecanic-chemical stress, using lab devices to mimic the oral cavity conditions (simulation of chewing, parafunctional forces and even periodontal ligament) on resin based composites indicated for lateral teeth restaration.

PERSONAL CONTRIBUTIONS

Hypothesis. In this doctoral scientific project were established the following objectives: (1) Current trends of lateral teeth restorative coronal retreatment. (2) The nfluence of the morphological and structural composition of mechanical and hydrolitic degradation. (3) The test of wear phenomenon. (4) The influence of a three-dimensional chewing simulation model on the tooth-adhesive interface. (5) The mechanical degradation induced by the simulation of some parafunctional occlusal

masticatory forces. These objectives have materialized in a scientific research thesis composed of five chapters.

Studiul 1. Therapeutical attitude of a group of dentists from Romania regarding the restorative retreatment of lateral teeth

Objectives. The aim of the present study was to evaluate the therapeutical attitude of dentists of different specialities from Romania, regarding the lateral teeth coronal restorative retreatment by repair or replacement of the dental restorations. Another objective was to identify the dental restorative materials used by the romanian dental specialists and also the methods used by them to repair a defective coronal restoration. Likewise, I wanted to observe the ability of the practitioners to assess the existent occlusal parafunctions at the treated teeth and the in situ survival period of the materials used to repair the dental restorations.

Material and method. I have chosen to relize an electronic survey (Google Forms, Google USA) distributed to dentists of different specialities from Romania. The survey was composed of 21 items with 2 main areas of interest: therapeutical options to a) replace or b) repair of a defective posterior dental restoration. For each of the two main areas of interest it was also evaluated the presence of parafunctional masticatory forces influence on restoration performance, the types of used dental materials and adhesive techniques to repair a restoration, survival period of a repairing restorative material and the evaluation period of time of a coronal restoration.

Results. To test the proposed hypothesis a Pearson X^2 and Fischer tests were used, and to evaluate the correlations between the frequencies of implicated factors the Kendall's tau b test and univariate analysis by blocks of variables (General Linear Univariate Model, GLMU) was used at the statistic significance of $p < 0.05$. Because not all the doctors have answered to all the items or they only initiated the completion of the survey, I decided to take into consideration for statistical analysis, only those who have answered to all the items ($N=385$).

The general attitude observed for the dentists of different specialties was to replace a defective coronal restoration (75.8%), and from these, a percent of 44.2% of the general dentistry specialists indicate the replacement of the coronal restoration. The type of the existent defect at the restoration has directly influenced the attitude of respondents to replace or repair. Likewise, the doctors choose to replace a lateral defective restoration in 64% of cases when less than one third of their treated patients present masticatory parafunctions, and in 55% of the cases the practitioners repair a defective restoration when two-thirds of their patients present these types of occlusal disorders. The most frequent replaced and repaired restorative materials reported by the dentists were the resin composites and those with flowable consistency. To repair a defective coronal restoration 50% of the specialists have declared that they have used a diamond bur together with an adhesive system.

Conclusions. 1) The general observed attitude of the majority of the respondent dental specialists was to replace a defective lateral coronal restoration. 2) The presence of a certain type of defect at the coronal level of the restoration have influenced the clinical decision to replace or repair. 3) The direct resin based composites were the most often replaced by the dentists, while the same materials together with the use of the diamond bur and adhesive techniques, are the most often used materials to repair a defective restoration. 4) The general tendency of the dental

specialists was to replace the filling material when a small number of patients with occlusal parafunctions are treated and to repair when a higher percentage of patients with masticatory disorders are treated, respectively.

Studiul 2. The mechanical and hydrolitic behavior of some direct resin based composites

Objectives. The scope of this investigation was to comparatively evaluate the behaviour of water sorption degradation and the mechanical performance of an experimental composite material based on a polymeric resin-nanohybrid particles combination with two recently appeared nanohybrid resin composites and with a traditional nanohybrid composite material (Herculite XRV Ultra-XRVU, Evetric-EV, Filtek Z550-Z550, Experimental composite-EC).

Material and method. For this study I have used standardized specimens of three commercial dental materials and an experimental one. The resin composites have been tested for mechanical properties (flexural, compression and diametral tensile strength) and for their water sorption capacity (immersion into distilled water and artificial saliva). A number of one hundred and twenty specimens (n=10 specimens/material/test) have been used for the mechanical tests done according to ISO standards. The composite materials were applied and condensed into a Teflon matrix, and then polymerised with a halogen lamp. The mechanical performance of the tested materials was assessed with an universal testing device. For water sorption property, all the probes have initially been dehydrated into a dessicator then measured until a constant values was obtained. The specimens were randomly divided in two groups for immersion in distilled water and artificial saliva, at 37°C for the following reference days: 1, 7, 14, 30.

Results. One-way ANOVA test showed significant statistic differences of the mechanical degradation for all the tested composite materials ($p < 0.0001$). The Tukey HSD test for multiple comparisons showed that there are no statistical differences of the mean values of EV and XRVU for the flexural strength ($p = 0.839$). The highest significant values for compression strength were observed for Z550 ($p < 0.05$), followed by those of EV, XRVU and EC; regarding the mean values of the diametral tensile strength there weren't observed any statistic significance for EC, EV and XRVU materials ($p > 0.05$), while the nanohybrid resin composite, Z550, was able to withstand to diametral tensile forces with significant higher values compared with the other tested materials ($p < 0.05$).

The results of the ANOVA test by Day showed statistic significant differences for the four resin-based composites regarding the distilled water and artificial saliva sorption for the tested period of time ($p < 0.05$). When the tested reference days were analysed by Material the ANOVA test showed significant statistic values between the group of materials for day 1 ($p < 0.0001$), day 7 ($p < 0.0001$) and day 30 ($p < 0.0001$). Regarding water sorption in artificial saliva, the ANOVA test by Material also showed statistic significant differences between the mean values for day 1 ($p < 0.0001$), day 7 ($p = 0.014$), day 14 ($p = 0.035$) and day 30 ($p < 0.0001$).

The Pearson correlation test indicated a positive significant relation between the flexural and diametral tensile strength ($R = 0.97, p = 0.03$) and with compression strength, respectively ($R = 0.83, p = 0.17$), while between the compression and diametral tensile strength have indicated a moderate non-statistic significant relation ($R = 0.7, p =$

0.3). A negative statistically significant correlation was established between the mean values of the compression and water sorption for both immersion media after one day of testing ($p < 0.05$). Likewise, a negative relation between water sorption and FS and DTS, respectively, ($p > 0.05$) and positive correlation between the volumetric percentage of filler particles and FS, DTS and CS for $p > 0.05$. The same correlation test established a weak negative relation between the mean size of the particles and CS ($p > 0.05$) and a weak positive relation with FS and DTS, respectively ($p > 0.05$).

Conclusions. 1) The type, morphology and distribution of the filler particles and the combination of monomers of organic matrix have positively influenced the mechanical performance of the composite resins Filtek Z550 and Evetric. 2) A high filler percentage of the pre-polymerised nano-conglomerates from Filtek Z550, led to an increased water sorption and a degradation of the polymeric matrix with the decrease of the silane adhesive bond. 3) The combination of hydrophobic resin monomers from the EV composition was able to assure an increase of water sorption strength and of the mechanical performance. 4) Subjected to hydrolytic degradation the traditional composite and the experimental one (XRVU and EC) had a similar behaviour to water sorption.

Studiul 3. Evaluation of wear phenomenon of some resin composite materials.

Studiul 3.1. In vitro evaluation of abrasive wear strength after finishing and polishing process of direct restorative resin composites

Objectives. The aim of the present investigation was to comparatively evaluate the effects of two finishing and polishing systems (multiple blades bur combined with a three steps polishing system and a single step system, respectively) for the same nanohybrid resin composites used in the second study. For this assessment roughness was another parameter used to analyse the materials.

Material and method. A number of 60 probes from the same resin composite materials used for the study 2 were tested: XRVU, EV, Z550 and EC.

For the preparation of the specimens, were used Teflon matrices and polymerised in multiple directions with a halogen curing lamp through glycerin gel applied on the upper surface of the probe. After setting, the specimens were measured and weighed before and after the finishing and polishing process. Twenty of the specimens, randomly chosen were considered the probes from the Control Group, while the rest of them were divided in 2 groups as following: -The group of finishing and polishing in 3-steps (FL3)-finishing with a multiple blade bur under cooling and then polished with 3 different abrasive discs (medium, fine and extrafine) (Soft-Lex Pop-on, 3MESPE, USA); -The group of finishing and polishing in one-step (FL1)-finishing with a multiple blade bur under cooling and then polished under cooling with a rubber silicic polisher impregnated with micro-fine diamond crystals and metallic oxides (Optrapol, Ivoclar, Vivadent, Lichtenstein). For each specimens from the 3 groups was measured the height (GCh₀, FL1h₁, FL3h₂) and the weight (GCm₀, FL1m₁, FL3m₂). For the roughness measurements of the probes was used an atomic force microscope (AFM) with which was registered the profile surface and calculated the mean roughness values (Ra) of each group.

Results. The ANOVA and Dunnett statistical tests showed significant mean values for XRVU, Z550 and EC when weight measurements were compared for both groups FL1 and FL3 compared with the Control group ($p < 0.05$).

The EC material lost the lowest significant weight after the three tested methods compared with the other materials ($p < 0.05$), and Z550 lost the higher statistically significant weight compared with XRVU after the use of the 3-steps finishing-polishing system (FL3). The weight percentage lost indicated the following decreasing order after the use of FL1 method, $Z550 = EV > XRVU > EC$, and for FL3 method, $EV > XRVU > Z550 > EC$ ($p > 0.05$). For the height percentage lost was observed the following decreasing order after FL1 method ($p < 0.05$), FL3 method, respectively ($p > 0.05$), $EV > Z550 > XRVU > EC$. The ANOVA test by material showed significant statistical differences of the surface roughness ($p < 0.05$) for all the assessed groups (GC, FL1, FL3).

The Pearson correlation coefficient indicated positive relations between the mean values of weight and height of the specimens of the tested group methods. The analysis of the correlations between mean values of weight, height and roughness of the probes of GC and FL3 group weren't statistically significant ($p > 0.05$), while for the FL1 group, a significantly strong negative correlation was found between the values of roughness and those of lost of weight percentage ($R_{Mp} = -0.99$, $p = 0.002$).

Conclusions. 1) The acquired roughness after the use of the two finishing-polishing methods was similar for both systems, but decreased compared with the inherited roughness after the polymerization. 2) The type, morphology distribution of the filler particles and also the presence of pre-polymerized clusters, have influenced the strength and the quality of the acquired roughness after the abrasion phenomenon induced by friction during the use of the tested finishing-polishing systems.

Studiul 3.2. In vitro qualitative analysis of „two-body” abrasive wear on some direct and indirect restorative resin composites

Objectives. This study through the in vitro analysis was design to emphasize the importance of different qualitative assessment methods (digital camera-DC, optical microscopy-OM, SEM and CAD system) for the surface morphology and wear characteristics of four nanohybrid resin composites and four composite inlays (two of nanohybrid materials and two of microhybrid ones), subjected to two in vitro ageing methods: thermal-cycling (TC) and OCA abrasive wear simulation based on mechanical loads (ML).

Material and method. For this investigation were used third human molars free of fissures, cracks or any type of carious lesions. The mesial-occlusal-distal cavities were prepared and then restored with direct resin composites (Premise-P, Venus Pearl-VP, Kalore-K, Beautifil II-BF) and with indirect ones (Premise indirect-PI, Signum Ceramis-SC, Gradia-G, Ceramage-C).

The specimens were subjected to thermal-cycling (TC), and then to mechanical stress using a dual axis simulator (ML). After each of the in vitro aging methods was accomplished, impression of the restored teeth were taken to obtain transparent epoxy resin models. Thus, for this study, two sets of transparent epoxy resin models correspondent to the tested restored teeth, were qualitatively evaluated. The models were firstly, sputtered with a fine layer of gold particles and then evaluated using micro-(SEM, OM) and macro-analysis (DC, 3D laser scanner for CAD system).

Results. Among the tested direct resin composites, P and VP have shown for both types of analytical methods better morphological characteristics after TC, and even after the abrasive wear simulation, while the materials K and BF presented a similar behaviour from the point of fissures and surface defects appearance and even detachments of the inorganic phase at the occlusal level for both in vitro methods observed with all four devices used for qualitative evaluation. Among the composite inlays, those made of PI material, on one hand, presented better surface features and marginal adaptation compared with the rest of tested composite materials, and on the other hand the indirect nanohybrid resin composite, SC, shown a mechanical surface behaviour similar with the microhybrid composite inlays (G and C).

Conclusions. 1) The macro-, and micro-morphological analysis indicated different abrasive wear models for the tested composite materials according to the percentage and distribution of filler particles. The 3D laser scanner of the CAD system together with the digital camera have indicated macromorphological features which have offered useful information for the clinical evaluation. 2) Generally, after the two in vitro aging methods, the composite inlays had a better adaptation and better finished and polished occlusal surfaces compared with the direct resin composite materials.

Studiul 4. In vitro evaluation of the influence of a three dimensional model of chewing simulation on marginal sealing ability of some dentinal adhesive agents

Objectives. For this study the aim was to analyse the effects produced by a lab model combination between chewing simulation and periodontal ligament materia-like simulation (PDL) on the marginal sealing performance of two adhesive techniques (a self-adhesive resin and an on step self-etch adhesive system) compared with other two known lab methods (thermal-cycling and water storage).

Material and method. A number of forty five third molars, free of cracks and carious lesions, were used for the preparation of extended proximal cavities (MO/DO), two for each tooth, with the cervical margin at 1mm from amelo-cement junction. The teeth were divided randomly in three groups: Group 1-mechanical cycling stress and PDL (ML+PDL), Group 2- thermal cycling (TC) and Group 3-distilled water storage (WS). For each of the methods the MO cavities (n=15cavities/material) were restored with a self-adhesive resin composite, Vertise Flow (VF), and the DO cavities (n=15cavities/material) with the one step self-etch adhesive system, Optibond All-In-One (OBA). All the cavities were filled with a nanohybrid resin composite (Herculite XRV Ultra).

For mechanical test, the simulation of the dental root-periodontal ligament-bone complex was done by embedding the roots into resin-composite sockets in which elastomeric impression material was injected. The entire complex was placed in the testing chambers of the chewing simulator (CS-4.2, SD Mechatronik, Germania). Another group of teeth was subjected to thermocycling, while the third group was immersed in distilled water for the whole testing period. For the microleakage evaluation the restored teeth were immersed in 50%wt silver azotate solution, and then sectioned to be assessed with an optical microscope at 4x and 40x. With the help of the software Quick Photo 2.3 the length of the infiltration was measured at the tooth-restoration level.

Results. The data obtained for the dye infiltration was analysed with ANOVA, post-hoc Tukey HSD test t Student Independent test and Bonferroni correction test, at a level of significance of 95%. The Pearson coefficient was used to determine the possible correlations between the lab methods.

The One-way ANOVA test showed higher statistic differences between group MC+PDL compared with TC group and WS group ($p < 0.05$) for VF probes, while the methods TC and WS had similar results ($p > 0.05$). For the cavities adhesively treated with OBA, the same statistical test indicated significantly higher values for the two methods compared with WS one ($p < 0.05$). For the same group of methods (MC+PDL and TC) were observed similar values for both adhesive techniques, and for the WS method, the VF probes had statistical significant higher values than the OBA probes ($p < 0.05$). The Pearson correlation coefficient didn't revealed any significant relations between the three aging methods.

Conclusions. The simulation of cycling fatigue-periodontal ligament complex induced a decrease in marginal sealing performance of both adhesive techniques compared with the other in vitro aging methods.

Studiul 5. In vitro analysis of cyclic fatigue of some direct resin based composites subjected to simulation of parafunctional occlusal forces

Objectives. Taking in consideration the insufficient data given by the literature and the international databases regarding the effects of parafunctional masticatory forces, such as bruxism, which together with the cycling fatigue phenomenon may induce a decrease in performance and longevity of a lateral restoration, the aim of this study was to test with the help of an in vitro parafunctional forces simulation model, the effects on two nanohybrid resin composite materials (a contemporary one and a Giomer) during immersion into sports energizing drink for a period equivalent with 24 months in situ.

Material and method. For this investigation were used third molars free of caries or crack. To simulate the occlusal tooth wear, the tips of the cusps were sectioned with a microtome. At the occlusal surface level standardized Class I were prepared and restored with a nanohybrid resin composite (Filtek Z550-Z550) and a Giomer (Beautifil II-BF). All the restored cavities were immersed in sports energizing drink 10 minutes 3 times per day for 60 days (Powerade Citrus).

For mechanical test and evaluation of the materials, the specimens were divided in 5 subgroups ($N = 10$ cavities/material/subgroup) corresponding to the mechanical cycles and their clinical equivalents: Sub-Group 1-60000 cycles (3 months-3L), Sub-Group 2-120000 cycles (6 months-6L), Sub-Group 3-240000 cycles (12 months-12L), Sub-Group 4-360000 cycles (18 months-18L) and Sub-Group 5-480000 cycles (24 months-24L). For the mechanical cycling was used the simulation of parafunctional masticatory forces (bruxism) together with a periodontal ligament-like material using a dual axis chewing simulator. During the test period the probes were alternatively immersed in the same energizing drink and distilled water. At the end of testing, the specimens were immersed in solution of basic fuchsin 2%, and then were sectioned to analyse the wear zone and the internal fissures. For each probe was calculated the number of internal fissures (NrFs) appeared within the restoration, and their mean length (LmFs) and the lost percentage of volumetric wear (Vuz).

Results. The data were statistically analysed with the One-way ANOVA, Wilcoxon, Mann-Whitney t-Student tests, for which were used multiple pairs comparison tests (Tukey HSD and Bonferroni). The Pearson coefficient was used to indicate any correlations between the three variables for the tested periods. The multiple-variate regression analysis, Cox, and Kaplan-Meier diagrams used to generate the survival curves, were used to observe the influence of the variables on the two tested materials.

The Wilcoxon and Mann-Whitney U tests shown significant lower values of the mean length of the internal fissures for Z550 material compared with BF, for the subgroups 3L (60000cycles) and 6L(120000cycles) ($p < 0.05$); and for the subgroup 12L, ANOVA and Tukey HSD tests, indicated similar mean values of the internal fissures mean length for both materials ($p > 0.05$). The Group 18L and 24L restored with BF giomer composite presented higher means of the internal fissures mean lengths compared with Z550 ($p < 0.05$). After 240000cycles(12L) both materials had a similar number of internal fissures ($p > 0.05$). From the point of the volumetric percentage of the worn material, for Z550, after simulation of bruxism, Wilcoxon and Mann-Whitney statistical tests indicated significant values, as follows: $3L < 6L < 12L = 18L < 24L$ ($p < 0.001$). Likewise, ANOVA and Tukey HSD tests, indicated for BF the following order regarding the volumetric percentage of the worn material: $3L < 6L < 12L < 18L < 24L$ ($p < 0.001$). Statistical significant correlation were revealed between the number of cycles, LmFs and Vuz, respectively ($p < 0.05$), and also a statistical significant relation was established between LmFs and Vuz ($p < 0.05$).

The Cox regression analysis indicated that the variable NrFs at the end of the testing period had a significant influence for BF material ($p < 0.05$), while for the probes restored with Z550, the influence of the internal fissures was higher ($p > 0.05$). The log-rank test showed a better survival rate for Z550 at the end of 480000mechanical cycles depending on the variables LmFs ($p < 0.05$) NrFs ($p < 0.05$), respectively, while the influence of the Vuz variable wasn't statistically significant ($p > 0.05$).

Conclusions. Taking in consideration the testing conditions and the limits of this study, it can be concluded that, the wear and cycling fatigue phenomena associated with immersion in an acidic medium, induced a mechanical behaviour and thus a lower survival rate of the Giomer-based resin composite compared with the nanohybrid resin based composite.

GENERAL CONCLUSIONS

The general clinical option observed for the majority of dental specialists was to replace a defective lateral coronal restoration, even when the treated patients didn't suffer of occlusal parafunctions. The presence of a certain type of defect influenced the clinician's decision to repair or replace a dental filling.

The direct resin based composites are the most often replaced materials, and these together with the use of diamond bur and an adhesive system are the most frequent used materials to repair a dental restoration.

The type, morphology and distribution of the filler particles and the mixture of monomers within the resin matrix have positively influenced the mechanical performance of the resin composites, Filtek Z550 and Evetric.

A high filler percentage of the pre-polymerised nano-conglomerates from Filtek Z550, led to an increased water sorption and a degradation of the polymeric matrix with the decrease of the silane adhesive bond.

The combination of hydrophobic resin monomers from the EV composition was able to assure an increase of water sorption strength and of the mechanical performance. Subjected to hydrolytic degradation the traditional composite and the experimental one (XRVU and EC) have a similar behaviour to water sorption.

The acquired roughness after the use of the two finishing-polishing methods was similar for both systems, but decreased compared with the inherited roughness after the polymerization.

The morphological characteristics of the inorganic phase has influenced the strength and the quality of the acquired roughness after the abrasion phenomenon induced by friction during the use of the tested finishing-polishing systems.

The macro-, and micro-morphological analysis indicated different abrasive wear models for the tested composite materials according to the percentage and distribution of filler particles. Generally, after the two in vitro aging methods, the composite inlays had a better adaptation and better finished and polished occlusal surfaces compared with the direct resin composite materials.

The simulation of cycling fatigue-periodontal ligament complex induced a decrease in marginal sealing performance of both adhesive techniques compared with the other in vitro aging methods.

Association between simulation of bruxism-periodontal ligament, together with immersion in an acidic medium developed wear and cycling fatigue phenomena which induced a mechanical behaviour and thus a lower survival rate of the Giomer-based resin composite compared with the nanohybrid resin based composite.