

***REZUMAT* - TEZĂ DE DOCTORAT**

FACTORI CARE INFLUENȚEAZĂ PREDICTIBILITATEA RESTAURĂRILOR DENTARE TOTAL CERAMICE

Coordonator științific:

Prof. Univ. dr. CORNELIA BÎCLEȘANU

Doctorand:

CHIRCA OTILIA-DANIELA

CUPRINS

INTRODUCERE	5
CAPITOLUL 1	8
Ceramica dentară	8
1.1. Introducere.....	8
1.2 Clasificarea ceramicii dentare.....	8
1.2.1. Clasificare pe bază de compoziție:	8
1.2.1.1. Ceramică cu matrice de sticlă.....	8
1.2.1.2 Ceramica policristalină.....	9
1.2.1.3 Ceramica cu matrice de rășină.....	9
1.2.2 Clasificare pe baza tehnicii de fabricație	9
1.3 Proprietățile materialelor ceramice	9
1.3.1 Proprietățile fizice:	9
1.3.2. Proprietățile chimice	10
1.3.3. Proprietățile mecanice	10
1.3.4. Estetica ceramicii dentare	11
1.3.5. Proprietățile tehnologice	11
CAPITOLUL 2	12
ADEZIVI ȘI ADEZIUNEA DENTARĂ	12
2.1. Introducere	12
2.2. Adeziunea dentară	12
2.2.1. Clasificarea adezivilor dentari	12
2.3. Adeziunea la structurile dentare	12
2.3.1. Adeziunea la smalț.....	12
2.3.2. Adeziunea la dentină.....	13
2.4. Adeziunea la ceramică	13
CAPITOLUL 3.	14
ROLUL DESIGN-ULUI PREPARAȚIEI ÎN PERFORMANȚA RESTAURĂRILOR CERAMICE.....	14

3.1. Prepararea dinților	14
CAPITOLUL 4	17
IPOTEZA DE LUCRU ȘI OBIECTIVELE GENERALE	17
CAPITOLUL 5	19
STUDIU COMPARATIV LEGAT DE PROPRIETĂȚILE FIZICO-CHIMICE ALE MATERIALELOR CERAMICE ȘI IMPLICAȚIILE CLINICE.....	19
5.1 Introducere	19
5.2 Material și metodă	20
5.2.1 Dilatometrul.....	20
5.2.2 Microscop electronic cu baleiaj.....	20
5.2.3. Difractometrul	20
5.3. Rezultate	20
5.3.1. Dilatometrul.....	20
5.3.2. Microscop electronic cu baleiaj	21
5.3.3. Analiza edx a materialelor analizate	21
5.3.4. Difractometrul –difractograme	22
5.4. Discuții	22
5.5. Concluzii	25
CAPITOLUL 6.....	26
STUDIU COMPARATIV LEGAT DE ADEZIUNEA LA STRUCTURA DENTARĂ A RESTAURĂRILOR REALIZATE DIN 3 TIPURI DE CERAMICĂ CU DESIGN-URI DE PREPARARE ȘI SISTEME ADEZIVE DE CIMENTARE DIFERITE	26
6.1. Introducere	26
6.2. Material și metodă	27
6.2.1. Protocol pentru realizarea clinică a diferitelor design-uri de preparații.....	28
6.2.1.1. Coroana total ceramică	28
6.2.1.2. Protocol pentru realizarea inlay/onlay ceramice	28
6.2.2. Protocol pentru cimentare.....	29
6.2.2.1. Protocol de cimentare adezivă cu maxcem elite, kerr:	29
6.2.2.2. Protocol de cimentare adezivă cu relyx ultimate clicker, 3m espe:.....	29

6.2.2.3. Protocol de cimentare cu adeziv cu variolink esthetic lc, ivoclarvivadent.....	30
6.2.3. Analiza sem	30
6.2.4. Microscopia ftir	30
6.2.5. Analiza atașamentului microbial	30
6.3. Rezultate.....	31
6.3.1. Analiza SEM	31
6.3.2. Rezultate FTIR	33
6.3.3. Analiza atașamentului microbial	33
6.4. Discuții și concluzii.....	34
CAPITOLUL 7	35
REZISTENȚA LA FORȚA DE FORFECARE ȘI COMPRESIUNE A RESTAURĂRILOR REALIZATE DIN 3 TIPURI DE CERAMICĂ CU DESIGN-URI DE PREPARARE ȘI SISTEME ADEZIVE DE CIMENTARE DIFERITE – STUDIU CU ELEMENT FINIT (FEA).....	35
7.1 Introducere.....	35
7.2 Material și metodă.....	35
7.2.1 Construcția modelului geometric	35
7.2.2 Analiza cu element finit.....	36
7.3 Rezultate și discuții.....	36
7.3.1 Rezultatele simulării modelului inlay.....	36
7.3.2 Rezultatele simulării modelului onlay.....	37
7.3.3 Rezultatele simulării modelului de coroană totală	37
7.4 Discuții.....	37
7.5 Concluzii.....	38
CONCLUZII FINALE.....	40
Bibliografie.....	43

INTRODUCERE

În ultimul deceniu, au fost introduse o serie de noi sisteme integral ceramice pentru fațete, coroane și proteze parțiale fixe (FPD) cu utilizare atât în regiunea anterioară, cât și în cea posterioară a arcadei dentare. A existat o cerere crescută pentru aceste restaurări a pacienților, din cauza așteptărilor crescute în ceea ce privește estetica dar și a problemelor legate de îmbunătățirea proprietăților mecanice, lipsa de biocompatibilitate a metalelor și alergiile la metal. Pregătirii minim invaziva a dinților și diversitatea metodelor de fabricație au reprezentat alte motive pentru creșterea utilizării ceramicii integrale [1].

În general, ceramica poate fi caracterizată prin rezistență, fragilitate, transparență și duritate [2].

În ultimii ani a crescut utilizarea restaurărilor total ceramice [3] și s-au obținut îmbunătățiri atât ale ceramicilor dentare prin creșterea, rezistenței acestora, cât și a metodelor de prelucrare, cum ar fi tehnologia CAD/CAM (proiectare asistată de computer / fabricație asistată de computer).

Restaurările ceramice realizate cu sistemul CAD/CAM au ca principale avantaje biocompatibilitatea, sensibilitatea scăzută a aderenței la placă și stabilitatea culorii [4].

Obiectivele pe care teza le urmărește sunt legate de influența pe care o are materialul ceramic utilizat, design-ul preparației și tehnica de cimentare în predictibilitatea restaurărilor total ceramice.

Teza de doctorat este structurată în două părți componente, prima reprezentând stadiul actual al cunoașterii, iar cea de-a doua contribuțiile personale la tema de cercetare aleasă. Stadiul cunoașterii, alcătuit din trei capitole, a fost realizat după consultarea literaturii de specialitate recentă la nivel național și internațional. Această parte conține date legate de clasificarea și proprietățile materialelor ceramice precum și prezentarea unor factori răspunzători de performanțele clinice ale restaurărilor total ceramice. Prepararea dinților, adeziunea și tehnica de adeziune sunt câțiva dintre aceștia.

Cea de-a doua parte componentă a prezentei teze este structurată în patru capitole, fiecare reprezentând câte un studiu al cercetării personale.

Partea de cercetare personală începe cu expunerea ipotezei de lucru și a obiectivelor generale ale tezei. Următorul capitol reprezintă un studiu comparativ legat de proprietățile fizico-chimice ale materialelor ceramice și implicațiile lor clinice. Este determinat coeficientul de dilatare al fiecărei ceramici, analiza cantitativă și calitativă a probelor prin difractograme

precum și compoziția chimică prin microscopie electronică de baleiaj (imagini SEM sau micrografie) și spectroscopie de raze X (analiza EDX).

Al treilea capitol analizează comparativ, prin microscopie de baleiaj, adeziunea la structura dentară a restaurărilor tip inlay, onlay și coroană cimentate cu diferite cimenturi adezive. A fost analizat comportamentul interfețele structura dentară/ciment adeziv /restaurare ceramică.

Ultimul studiu reprezintă o validare a rezultatelor obținute în capitolul anterior, realizată prin analiza cu element finit (FEA) și studierea rezistenței la forța de forfecare și compresiune a adeziunii aplicată pe grupe identice capitolului 3.

Capitole în care au fost expuse studiile originale au fost urmate de un capitol alocat concluziilor finale. În încheiere este expusă bibliografia, cuprinzând un număr de 209 referințe de actualitate.

Ținând cont de toate cele prezentate, prezenta teză de doctorat se supune ghidurilor în vigoare, având o structură conformă cerințelor actuale.

STADIUL ACTUAL AL CUNOAȘTERII

CAPITOLUL 1

CERAMICA DENTARĂ

1.1. Introducere

Din punct de vedere istoric, ceramica în stomatologie este sinonimă cu estetica și în ultimele decenii, s-au dezvoltat puternic tehnicile care înlocuiesc aliajele metalice, o garanție a rezistenței dar nu a esteticii reconstituirilor cu tehnici și materiale estetice. În anii 70' se introduc metode CAD/CAM, iar în anii 80' alături de introducerea gravării acide a smalțului și apariția rășinilor compozite, se răspândește combinația de tratament acid al porțelanului și restaurările adezive [5].

1.2 Clasificarea ceramicii dentare

Clasificarea ceramicii în stomatologie este aparent o sarcină imposibilă datorită îmbunătățirilor vaste aduse compozițiilor. Cu toate acestea, clasificarea următoare oferă o idee generală, să zicem o vedere per ansamblu asupra ceramicii în stomatologie.

1.2.1. Clasificare pe bază de compoziție:

1.2.1.1. Ceramică cu matrice de sticlă

a) Ceramica feldspatică

b) Ceramica sintetică:

- *Ceramica armată cu leucit* (ex. IPS Empress CAD, Ivoclar Vivadent) constă din cristale de leucit (35–45 vol%) care sunt distribuite omogen în matricea sticloasă.

- *Ceramica disilicat de litiu* (ex. IPS e.max CAD, Ivoclar Vivadent) este compusă din aproximativ 70% vol de fază cristalină încorporată în matricea sticloasă.

- *Silicatul de litiu armat cu zirconiu* este un material vitroceramic îmbogățit cu zirconiu foarte dispersat

- *Ceramica pe baza de fluorapatită* (ex. IPS e.max Ceram și IPS e.max ZirPress, Ivoclar Vivadent) conține cristale de fluorapatită $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ în diferite dimensiuni încorporate în matricea sticloasă;

- c) Ceramica infiltrată cu sticlă conține o fază de matrice de sticlă și cel puțin o fază vitroasă [6].

1.2.1.2 Ceramica policristalină

- a) Oxid de aluminiu
- b) Zirconia pură

1.2.1.3 Ceramica cu matrice de rășină

1.2.2 Clasificare pe baza tehnicii de fabricație

Pentru realizarea restaurărilor ceramice sunt folosite mai multe metode. Aceste metode variază de la o tehnică convențională simplă în care o suspensie ceramică este aplicată pe o folie de platină sau o matriță refractară, la o metodă relativ nouă în care un software este utilizat pentru a proiecta și a realiza restaurarea (CAD/CAM).

1.3 Proprietățile materialelor ceramice

1.3.1 Proprietățile fizice:

- densitatea este mai mică cu aproximativ 50% față de cea a metalelor. Aceasta variază între 2,42 - 2,95 g/cm³
- porozitatea depinde de tipul de ardere efectuat și răcirea (arderea în vacuum determină eliminarea porilor, răcirea sub presiune determină reducerea dimensiunii porilor)
- temperatura de topire este ridicată, de multe ori depășind-o pe cea a materialelor metalice refractare; unele materiale ceramice se topesc la peste 3000°C (grafit – 3650 °C; fibre de carbon – 3650 °C; diamant 3500 °C; carbură de zirconiu–3540°C; carbură de titan – 3100 °C), masele ceramice cu fuziune înaltă la 1200- 1400°C, masele ceramice cu fuziune medie la 1050- 1200°C, mase ceramice cu fuziune joasă (800- 1050°C) [7].
- coeficientul de dilatare liniară al materialelor ceramice este mai mic decât cel al metalelor;
- conductibilitatea termică a materialelor ceramice este mai scăzută decât cea a metalelor;
- conductibilitatea electrică este scăzută întrucât legăturile ionice și covalente implică toți electronii de valență, nemairămânând electroni liberi care să transporte sarcinile electrice.

1.3.2. Proprietățile chimice

- rezistența la coroziune a materialelor ceramice este foarte mare datorită faptului că legăturile ionice și covalente sunt puternice și stabile. Ceramicele rezistă foarte bine atât la acțiunea mediului înconjurător, cât și la acțiunea agenților chimici;

- proprietatea de refracție este, în general, foarte bună, iar pentru materialele ceramice refractare cu care se căptușesc furnalele și cuptoarele metalurgice, excepțională[7,8].

1.3.3. Proprietățile mecanice

Proprietățile mecanice diferă foarte mult față de cele ale metalelor, astfel:

- rezistența de rupere la tracțiune este scăzută, ceramicele rupându-se fără deformare plastică, spre deosebire de metale. Acest lucru se datorează porilor microscopici și altor imperfecțiuni structurale.

- modulul elastic este relevant din punct de vedere clinic, deoarece poate ajuta la selectarea unui material de restaurare cu proprietăți deformabile similare cu cele ale materialului pe care îl înlocuiește; elasticitatea, plasticitatea și tenacitatea ceramicii integrale sunt foarte scăzute;

- rigiditatea este mare datorită legăturilor atomice puternice;

- fragilitatea este ridicată, ceramicele distrugându-se fără deformare plastică. Când se apropie de temperatura de topire, fragilitatea scade; Structurile cristaline ale materialelor ceramice nu pot fi modelate pentru a contracara elastic forțele fizice care încearcă să le rupă. Ceramicile sunt casante, însemnând că ele tind să se fractureze fără o deformare semnificativă (adică are rezistență crescută, dar duritate relativ scăzută) [8].

- duritatea și rezistența la uzură sunt foarte mari atât la temperatură ambiantă, cât și la temperaturi ridicate, ceea ce permite utilizarea lor la prelucrări prin așchiere sau protecții tribologice. Legăturile din materialele ceramice sunt foarte puternice, astfel încât atomii lor sunt ferm limitați în pozițiile lor respective. Acest lucru le conferă o duritate mare, chiar și atunci când sunt solide fragile [9].

1.3.4. Estetica ceramicii dentare

Se caracterizează prin două proprietăți si anume: culoarea și transluciditatea.

1.3.5. Proprietățile tehnologice

Materialelor ceramice se deosebesc total de cele ale materialelor metalice și plastice, având în vedere procedeele lor de prelucrare în piese. Ele se obțin din materii prime naturale anorganice (ceramica utilitară și de artă) sau din materii prime sintetice (ceramica industrială) [10].

CAPITOLUL 2

ADEZIVI ȘI ADEZIUNEA DENTARĂ

2.1. Introducere

Performanța de succes a unei restaurări dentare, legată de adaptarea marginală adecvată sau estetică și retenție, necesită o adeziune durabilă între țesuturile dure dentare și materialul adeziv de cimentare precum și materialul de restaurare.

2.2. Adeziunea dentară

Adeziunea dentară a reprezentat o etapă importantă în dezvoltarea managementului modern al restaurărilor directe și indirecte precum și a prevenției cariei dentare. Adezivii dentari au devenit unul dintre cele mai interesante biomateriale din stomatologie [11].

2.2.1. Clasificarea adezivilor dentari

Stomatologia adezivă a început în 1955 cu Buonocore și tehnologia a evoluat de la strategii adezive fără gravare la gravare totală (generația a 4-a și a 5-a) sau la sistemele de autogravare (generația a 6-a, a 7-a și a 8-a) [12].

2.3. Adeziunea la structurile dentare

2.3.1. Adeziunea la smalț

Adeziunea la nivelul smalțului presupune creșterea reactivității structurii sale prin demineralizare cu un acid (acid fosforic 37%) în urma căreia se formează microretenții (microdigitații) care sunt responsabile de legătura micromecanică dintre smalț și restaurarea rășinică. Prin transformarea smalțului într-o suprafață neregulată și creșterea tensiunii superficiale rășina adezivă este înglobată în microdigitațiile create.

Gravarea cu acid fosforic (35%, sub formă de gel, timp de 15 sec până la 1 min, par a fi reperele recomandate pentru a obține rezultate optime). Cardenas, A. F. M. et al. [11] și

SatoT et al. [12] realizează pregătirea smalțului pentru procesul adeziv prin îmbunătățirea energiei de suprafață și a gradului de umiditate.

2.3.2. Adeziunea la dentină

Adeziunea la dentină este mai dificil de realizat deoarece prezintă o serie de particularități care o diferențiază de smalț, precum prezența odontoblaștilor în canaliculele dentinare ce îi conferă un grad de senzitivitate, o varietate a formei și dimensiunii canaliculelor dentinare la suprafață și în profunzimea dentinei, dar și prezența limfei dentinare și smear layer-ului.

În plus, odată cu înaintarea în vârstă apare dentina sclerotică, ce se caracterizează printr-o mineralizare crescută ceea ce afectează procesul adeziv [12].

2.4. Adeziunea la ceramică

Adeziunea acestor restaurări la structura dentară se poate realiza fie prin tehnici tradiționale (la care s-a renunțat în mare parte datorită neajunsurilor produse de încălcarea principiilor stomatologiei minim invazive) sau prin tehnici adezive.

Aceste tehnici adezive presupun prepararea pe de o parte a structurilor dentare, iar pe de altă parte a suprafeței ceramice pentru ca apoi ele să fie unite prin intermediul unui ciment rășinic adeziv.

Un studiu a demonstrat că primerul ceramic a determinat creșterea performanței la oboseală a ceramicii disilicat de litiu [13].

Acidul fluorhidric și un agent pe bază de silan cu rol de cuplare reprezintă soluțiile frecvent utilizate pentru prepararea ceramicii pe bază de silicat [14].

O revizuire recentă a studiilor legate de acest subiect a relevat o diferență semnificativă statistic în rezistența adeziunii între probe tratate cu diferite metode de condiționare a suprafeței sau între probe condiționate și probe necondiționate [15].

CAPITOLUL 3.

ROLUL DESIGN-ULUI PREPARAȚIEI ÎN PERFORMANȚA RESTAURĂRILOR CERAMICE

3.1. Prepararea dinților

Prepararea dinților în vederea restaurării are ca principiu prepararea minim invazivă a structurii dentare care a fost susținut pe scară largă. Literatura de specialitate, împreună cu rezultatele cercetărilor au arătat avantaje mari datorită îndepărtării minime a țesuturilor, păstrând intact complexul pulpo-dentinar și parodonțiul [16].

Prepararea dinților pentru acoperire, indiferent de tipul de restaurare, trebuie să aibă în vedere o bună adaptare la nivel gingival atât pentru protecția parodontală, cât și pentru a evita formarea golurilor la acest nivel și apariția astfel a infiltrațiilor marginale răspunzătoare de formarea cariilor.

Prepararea dinților prezintă unele particularități legate de considerente precum axul de inserție/desinserție, realizarea adaptării marginale, asigurarea retenției și rezistenței confortabile.

Prepararea cavităților pentru inlay și onlay constă în realizarea divergenței pereților axiali pentru a se putea manevra piesa și amprenta, a unui istm cu lățime de minim 1,5 mm, o grosime ocluzală a restaurărilor de cel puțin 1,5–2,0 mm. Grosimile minime de pregătire a dinților pentru coroane în diverse zone sunt de 2 mm pe suprafețele ocluzale sau incizale, 1,5 mm pe suprafețele labiale sau bucale, 1 mm pe suprafețele proximale și linguale și bizou sub forma de chamfer cu lățime de 1,0 [17].

Dimensiunea reducerii dintelui este dependentă și de tipul de ceramică utilizat. Astfel, atunci când se utilizează coroane monolitice de disilicat de litiu, reducerea variază de la 1,5 mm la 2 mm [18]. Deoarece, zirconia monolitică are o rezistență la încovoiere mai mare decât disilicatul de litiu, producătorii recomandă reducerea dinților cu 0,6 mm sau mai mult pentru coroanele posterioare din zirconiu monolit [19,20]. Un alt studiu a arătat că coroanele din zirconiu monolit cu grosimea de 0,6 mm au avut capacitate de fractură comparabilă cu restaurările monolitice din disilicat de litiu cu grosimea de 1,5 mm și 2 mm [21]. Un studiu

suplimentar a confirmat că coroanele de zirconiu monolit cu o grosime de 0,5 mm rezistă forțelor ocluzale [18-22].

Un alt studiu (Ahmed și colab., 2019) a constatat o interacțiune semnificativă între grosimea coroanei, lățimea pragului și protocolul de sinterizare asupra adaptării marginale a coroanei de zirconiu [23].

Designul și adâncimea liniei marginale pot afecta adaptarea marginală și rezistența la fractură a zirconiei monolitice. Rezultatele prezintă, însă, o adaptare marginală acceptabilă clinic, indiferent de designul liniei marginale [24]. Un studiu comparativ a arătat că nu există nicio diferență semnificativă în sarcina de fractură a coroanelor din zirconiu fabricate pe o adâncime a șanfrenului de 0,5, 0,7 sau 1,0 mm [25]. Mitov și colab. a sugerat că modelele cu preparare chamfer de 0,4 mm au o sarcină de rupere semnificativ mai mare în comparație cu modelele de linie de finisare a șanfrenului de 0,8 mm [25,26,27].

CERCETARE PERSONALĂ

CAPITOLUL 4

IPOTEZA DE LUCRU ȘI OBIECTIVELE GENERALE

Ipoteza de lucru pentru această cercetare a plecat de la constatarea clinică conform căreia predictibilitatea restaurărilor total ceramice este dependentă de o serie de factori anatomici locali sau generali, precum selectarea materialului, gradul de distrucție a structurii dentare, modul de preparare a dinților, opțiunea pentru tipul de ceramică și tehnica de prelucrare alese sau strategia de cimentare și modul de prelucrare a ceramicii pentru cimentare [24].

Pornind de la această constatare, am stabilit un obiectiv general al tezei de doctorat, și anume stabilirea modului în care proprietățile fizice, tipul de ceramică, design-ul preparației și tehnica adezivă de cimentare influențează performanțele restaurărilor total ceramice.

Pentru aceasta, am stabilit următoarele direcții de cercetare:

Prima direcție de cercetare a constat în analiza comparativă a proprietăților fizico-chimice ale materialelor ceramice și implicațiile clinice. Morfologia a trei materiale ceramice (oxidul de zirconiu, ceramică presată și oxid de zirconiu) a fost analizată prin imagini de microscopie electronică cu baleiaj-SEM iar componența elementară spectre EDX. Compoziția fazelor mineralogice a fost analizată prin difracție de raze X-XRD) iar comportarea la diferite temperaturi ale materialelor analizate prin dilatometrie.

Acest studiu a relevat faptul că materialele fără fază vitroasă prezintă rezistență mecanică mai mare și rezistență mai crescută la șoc termic comparativ cu cele cu fază sticloasă care sunt mai estetice și interacționează mai bine cu alte materiale.

A doua direcție de cercetare a avut drept scop analiza cu ajutorul microscopiei electronice și a microscopiei FTIR, a modului în care se realizează aderența la structura dentară și la diferite tipuri de ceramică și design-uri de preparare a unor materiale adezive. Pentru acest studiu, s-au folosit 45 de dinți extrași, care au fost împărțiți în 3 grupe egale: grupul I restaurat cu ceramica IPS E.max CAD-ON, Ivoclar Vivadent cimentat cu Maxcem Elite, Kerr; grupul II restaurat cu ceramica IPS E.max Press, Ivoclar Vivadent cimentat cu RelyX Ultimate Clicker, 3M Espe și grupul III restaurat cu Novodent GS zirconia cimentate cu Variolink Esthetic. Dinții au fost încorporați în rășină, secționați și supuși analizelor. Atât interfața dinte-ciment, cât și interfața coroană ciment-ceramică au fost evaluate cu ajutorul SEM și FTIR. Materialele utilizate au arătat o bună aderență la structura dentară, iar prezența microfisurilor a fost

observată la interfața coroanei ceramice. Mai mult, materialele evaluate au arătat o capacitate de atașare microbiană diferită, cea mai semnificativă inhibare a aderenței a *Lactobacillus acidophilus* fiind observată în cazul coroanelor de zirconiu cimentate.

A treia direcție de cercetare a constat în studiul prin metoda element finit (MEF) privind rezistența la forța de forfecare și compresiune a aceluiași 3 design-uri de preparare executate din 3 tipuri de ceramică cimentate cu 3 tipuri de ciment adeziv.

CAPITOLUL 5

STUDIU COMPARATIV LEGAT DE PROPRIETĂȚILE FIZICO-CHIMICE ALE MATERIALELOR CERAMICE ȘI IMPLICAȚIILE CLINICE

5.1 Introducere

În comparație cu materialele metalice dure și extradure, materialele ceramice tehnice prezintă proprietăți fizico-mecanice superioare: duritate mare (între 1500-2100HV), rezistență la uzura (de 2-3 ori mai mare decât aceea a materialelor metalice), densitate redusă (de circa 1/3 față de materialele metalice), stabilitate dimensională până la temperaturi de 2000 °C [28].

IPS E.maxCeram este utilizată mai des pentru estetică, precizia și fiabilitatea sa, fiind o vitroceramică de disilicat de litiu (LS2) utilizată frecvent [29]. Transluciditatea este printre cei mai importanți factori în redarea aspectului natural al dinților și este dată de disilicatul de litiu, utilizat datorită esteticii sale ridicate [30].

Un alt material des utilizat este Ceramill zolid FX, o ceramică super-translucidă cu nuanță și gradientă de transluciditate [31].

Cel mai apreciat material utilizat în restaurările monolitice este oxidul de zirconiu. Avantajele utilizării acestuia sunt determinate de caracteristici mecanice excelente, considerate superioare altor materiale ceramice. Performanțele oxidului de zirconiu sunt date de proprietăți precum: stabilitate volumetrică, potențial scăzut de coroziune, proprietăți chimice bune, radioopacitate, acestea fiind aproximativ egale cu ale oțelului [32].

BruxZir reprezintă o alternativă pentru restaurările care impun o durabilitate suplimentară. Se indică utilizarea acestui material pacienților cu bruxism , având în vedere rezistența crescută [33].

5.2 Material și metodă

Studiul a fost efectuat pe 3 tipuri de ceramică: ceramică presată - Ceramica Ivoclar IPS E.max și două tipuri de oxid de zirconiu –Ceramill zolid FX și BruxZir.

Tipurile de ceramică au fost împărțite în 3 grupuri pentru fiecare aparat de analiză.

5.2.1 Dilatometrul

Dilatometrul, numit și analizor de dilatare, măsoară cu înaltă precizie modificările dimensionale ale celor trei tipuri de ceramici la variații programate de temperatură.

5.2.2 Microscop electronic cu baleiaj

Ulterior, a fost utilizat microscopul electronic cu baleiaj, pentru a putea obține diversitatea informațiilor legate de topologia și compoziția fazică a suprafețelor celor trei tipuri de ceramici examinate, alături de o rezoluție bună asociată cu un domeniu întins și continuu al măririi.

5.2.3. Difractometrul

Cu ajutorul difractometrului, materialele au fost analizate prin difracție de raze X.

5.3. Rezultate

5.3.1. Dilatometrul

Dilatarea materialelor studiate pe intervalul larg de temperatură între 20 și 700 °C prezintă valori între 104 și $113 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$, valori specifice materialelor ceramice. Acestea sugerează că materialele prezintă rezistență la șoc termic (alternanța alimente fierbinti / reci). Valorile mai scăzute ale ceramicii presate și oxidului de zirconiu-Ceramill zolid FX pot fi datorate și prezenței fazei vitroase, care are o temperatură de topire mai mică decât cea a oxidului de zirconiu-BruxZir.

5.3.2. Microscop electronic cu baleiaj

Imagini SEM +analiza EDX

Micrografiile materialului oxid de zirconiu-BruxZir indică aglomerări de grăunți cristalini uniform crescuți, cu dimensiuni în jurul a 100-200 nm, fără fază vitroasă și cu limite granulare bine delimitate. De asemenea, atât la mărire mică cât și la mărire mare, se poate observa că material este compact, lipsit de porozitate. Acest aspect indică că materialul va prezenta și o bună rezistență mecanică.

În cazul ceramicii presate, predominantă este o fază vitroasă ce înconjoară cristale izolate de disilicat de litiu de 300-400 nm și aglomerări de grăunți cristalini de zirconat de ceriu. Materialul este compact, lipsit de porozitate. Totuși, faza vitroasă este mult mai fragilă decât faza ceramică care este minoritară. Astfel, materialul va avea o rezistență mecanică mai mică decât proba discutată anterior. În același timp, faza vitroasă conduce la un aspect exterior mult mai natural, translucid.

Proba de ceramică Ceramill zolid FX este constituită dintr-o fază vitroasă majoritară, ce înconjoară aglomerări de grăunți cristalini uniform crescuți, cu dimensiuni de aproximativ 100 nm. Dimensiunile și forma grăunților cristalini, foarte similare ceramicii BruxZir, sugerează același compus chimic, un oxid de zirconiu dopat cu ytriu, așa cum a fost determinat prin difracția de raze X. Prezența fazei vitroase va afecta materialul din punct de vedere al rezistenței mecanice în sens negativ. Comparând cu proba de ceramică BruxZir prezentată mai sus, aceasta poate avea o rezistență mecanică mai mică, dar prin prezența fazei vitroase, în aplicațiile dentare, aspectul exterior este mai plăcut și asemănător cu cel al dintelui natural.

5.3.3. Analiza edx a materialelor analizate

În cazul probei BruxZir s-au regăsit elementele Zr și Y, iar în cazul probei Ceramill zolid FX Si, Zr, Al, K, Ce și urme de Zr, în timp ce în proba de ceramică presată IPS E.maxCeram au fost identificate Si, Al, Na, Zr, K și urme de Ce. Astfel, prezența fazei vitroase din proba Ceramill zolid FX și ceramica presată- IPS E.maxCeram, identificată în imaginile SEM se explică datorită prezenței Si, care formează SiO_2 și este formator de rețea vitroasă. De asemenea, prezența de Na_2O sau K_2O , care sunt modificatori de rețea vitroasă, favorizează formarea acesteia.

5.3.4. Difractometrul –difractograme

Difractograma ceramicii presate IPS EmaxCeram indică prezența unui disilicat de litiu (litiul nu poate fi identificat de analiza EDX) împreună cu un zirconat de ceriu, restul elementelor chimice neputând fi detectate sub formă de compuși cristalini, explicația rezidând în zgomotul de fond crescut în zona $2\theta=25^\circ$, zgomot specific prezenței fazei vitroase ce conține Si, Al, Na și K, așadar o sticlă silico-aluminoasă cu sodiu și potasiu.

În difractograma pentru proba Ceramill zolid FX. Peak-urile au fost atribuite unor aluminosilicați de potasiu (ortoclaz, dar și o variantă nonstoechiometrică, apărută cel mai probabil ca produs secundar al reacției de sinterizare) și zirconatului de ceriu. Zgomotul de fond crescut sugerează prezența unei faze vitroase secundare.

În difractograma ceramicii oxid de zirconiu- BruxZir este prezentată difracția de raze X a ceramicii zirconice, toate peak-urile fiind atribuite unui oxid de zirconiu dopat cu oxid de ytriu.

5.4. Discuții

Studiul a supus analizei trei materiale: oxidul de zirconiu-BruxZir, ceramică presată-IPS E.maxCeram și oxid de zirconiu- Ceramillzolid FX.

Microstructura materialelor este cea care influențează o mare parte din proprietățile ulterioare ale acestora prin porozitate, dimensiunea particulelor, forma și așezarea granulelor sau a particulelor. Microstructura poate fi analizată prin imagini SEM. Conform acestora, cele trei materiale analizateau o morfologie diferită, cu faze diferite. BruxZir este un material format doar din faza cristalină și bine densificat, format din grăunți cristalini, cu uniformitate dimensională de aproximativ 100-200 nm și limite intragranulare bine definite. Studiile au aratat o rezistență la rupere de aproximativ 900-1200 Mpa [34]. Imaginile SEM obținute în cadrul acestui studiu pentru BruxZir sunt comparabile cu o publicație realizată de Glidewell cu privire la același material, care accentuează proprietățile mecanice ale materialului, dar și rezistența la propagarea unei fisuri mult mai bună, datorită dopării cu Y^{3+} [33]. În restaurările dentare, în cazul în care forțele masticatorii sunt mari, se recomandă utilizarea BruxZir [35]. Un studiu recent a scos în evidență faptul că, deși rezistența la fractură este ridicată în cazul ceramicii BruxZir, gradul de uzură al antagoniștilor a fost de patru ori mai mare la ceramica dentară decât la acest oxid de zirconiu lustruit, fără glazură, ceea ce demonstrează că restaurările sunt, în același timp, și mai blânde în interacțiunea lor funcțională cu dinții naturali [36].

În schimb, materialul Ceramillzolid FX, este format din două faze: o fază vitroasă și o fază cristalină. Faza cristalină este formată din aglomerări de graunți cristalini și este înconjurată de faza vitroasă. Acest lucru a fost observat și de Ludovichetti F și colab. care au analizat rezistența la uzură a ceramicii IPS E. MaxCeram, iar din imagini SEM s-a putut observa că ceramica Vita Enamic, cu o proporție a fazei cristaline mai mare decât ceramica IPS E. MaxCeram, a avut o rezistență mai bună la uzura a smalțului (130) [36]. Graunții cristalini sunt uniformi și au dimensiuni de aproximativ 100 nm. Prezența fazei vitroase va conduce la o rezistență mecanică a materialului mai mică decât cea a ceramicii BruxZir. Acest lucru a fost studiat și dovedit și de către Le Fu, HåkanEngqvist și colaboratorii, care au comparat rezistența mecanică oxidului de zirconiu (BruxZir) cu cea a unei ceramici cu fază vitroasă și au constatat că prezența fazei vitroase duce la scăderea rezistenței mecanice [37].

Analizând din punct de vedere al esteticii, materialul cu faza vitroasă va avea transluciditate și un aspect estetic mai mare, fiind mult mai asemanator cu dintele natural decât materialul ceramic presat, care are un aspect mat, după cum afirmă și Shahmiri R și colaboratorii [38].

În literatură se regăsesc studii care atestă faptul că Ceramill zolid FX prezintă transluciditate graduală, fără delimitare a nuanțelor, fiind apropiată de culoarea dinților naturali, iar acest lucru este confirmat prin evidențierea prezenței fazei vitroase. Astfel, cercetările realizate de Zarone F. și colaboratorii asupra proprietăților optice și mecanice a trei tipuri de ceramică: Zenostar (oxid de zirconiu), Ceramill Zolid FX (oxid de zirconiu) și Prettau Anterior (oxid de zirconiu), au demonstrat că Ceramill Zolid FX are ca avantaj transluciditatea și densitatea mai mare, dar rezistanța la flexie și fractură este mai mică decât la Zenostar [39].

În ceea ce privește microstructura ceramicii presate, aceasta prezintă o fază vitroasă majoritară, cu cristale și graunți cristalini izolați. Se mai poate observa că materialul este mai compact decât oxidul de zirconiu-Ceramillzolid FX, datorită fazei vitroase care a unificat materialul. Aceeași morfologie a grăunților cristalini a fost identificată și de S. Attachoo și colaboratorul lui pentru Ceramill Zolid FX [40]. Faza vitroasă a acestui material este mai reactivă decât un material ceramic bine cristalizat, astfel, interacțiunea dintre ceramica presată și mediul în care a fost implantată va fi mult mai mare decât cea a materialului BruxZir. Din punct de vedere al rezistenței la fractură, fațetele dentare din oxid de zirconiu-BruxZir sunt superioare celor din ceramica presată- IPS E.maxCeram. Cea din urmă este indicată în cazul unor preparații mici singulare sau simetrice, iar pentru că riscul de desprindere sau de fractură este crescut, se indică realizarea unei coroane dentare în loc de fațetă [34].

Prin dilatometrie, studiul nostru a demonstrat că oxidul de zirconiu-Ceramillzolid FX și ceramica presată au avut o temperatură de înmuiere dilatometrică mai scăzută, la care acestea își pierd forma. Acest lucru demonstrează că prezența fazei vitroase conduce la un comportament mai sensibil la temperatură al materialelor. Preis și colaboratorii au realizat teste pe oxid de zirconiu și o vitroceramică din disilicat de litiu pentru a urmări comportamentul acestora la temperaturi de până la 55°C. Testele au demonstrat că oxidul de zirconiu a avut cel mai puțin de suferit în urma expunerii la aceste temperaturi, față de proba vitroceramică, ale cărei suprafețe au suferit modificări. Însă, ambele ceramici analizate au înregistrat coeficienți de dilatare, care au aratat că fiecare material poate interacționa cu diferite temperaturi în cavitatea orală [41].

În ceea ce privește compoziția materialelor și aceasta demonstrează prezența fazelor identificate prin analizele discutate anterior. Pentru ceramica BruxZir, spectrul EDX a identificat ca element principal zirconiumul (Zr), cu urme de yttriu (Y), iar din difractogramă reiese că picurile identificate sunt atribuite oxidului de zirconiu dopat cu oxid de yttriu, iar forma lor alungită, cu baza îngustă arată un material bine cristalizat. Pe baza articolelor revizuite, s-a constatat că trioxid de yttriu (Y_2O_3) conduce la stabilitate și proprietăți mecanice remarcabile ale materialului [42].

Celelalte două ceramici au o compoziție mai complexă, care a favorizat formarea fazei vitroase. Dioxidul de siliciu (SiO_2) este formator de rețea vitroasă, iar oxizii de sodiu (Na) și potasiu (K) sunt modificatori de rețea vitroasă.

Bajraktarova-Valjakova E și colaboratorii au constatat, în urma studiului lor, că faza vitroasă are un aspect translucid, oferind lucrării dentare un aspect plăcut, iar zonele cristaline au rolul de a opri propagarea eventualelor microfisuri în material, de a oferi stabilitate materialului și rezistență mult mai bună ale șocurilor termice și mecanice [43].

Tot din spectrul EDX al studiului nostru reiese că, în cazul ceramicii presate- IPS E.maxCeram, a fost identificată prezența disilicatlui de litiu ($Li_2O_5Si_2O$), iar acesta este bine aspectat în ceea ce privește raportul dintre acesta și reacția țesuturilor moi. În literatura de specialitate, s-a remarcat faptul că, în privința acestui material, atât retenția plăcii bacteriene este scăzută, cât și aderarea fibroblastelor gingivale umane și a celulelor epiteliale umane este diminuată, mai ales atunci când suprafața este bine lustruită [39].

Potrivit literaturii de specialitate, oxidul de zirconiu-BruxZir este asemănător ceramicii din disilicat de litiu, sub aspectul translucidității și esteticii. S-a constatat că este necesară o evaluare mai intensă in vivo și in vitro a acestei ceramici, privind potențialul de a-și păstra proprietățile pe un termen lung. Pe baza articolelor revizuite, oxidul de zirconiu-BruxZir, în

condițiile în care este bine lustruit, generează o uzură minimă a antagoniștilor. Referitor la durabilitatea în timp a restaurațiilor din acest material, ele pot fi garantate pe o perioadă relativ scurtă de 5-7 ani, nefiind stabilită durabilitatea în parametri suplimentari [44].

5.5. Concluzii

Corelând informațiile disponibile în urma analizei acestor materiale, putem afirma că din punct de vedere al indicațiilor dentare, materialele cu fază vitroasă prezintă mai multe avantaje în ceea ce privește estetica și interacțiunea cu alte materiale. Însă, pot avea o rezistență mecanică mai mică și rezistență mai scăzută la șoc termic, spre deosebire de materialele ceramice fara faza vitroasă, deși toate se încadrează în cerințele aplicațiilor dentare și respectă încadrarea în materiale rezistente la șoc termic.

CAPITOLUL 6.

STUDIU COMPARATIV LEGAT DE ADEZIUNEA LA STRUCTURA DENTARĂ A RESTAURĂRILOR REALIZATE DIN 3 TIPURI DE CERAMICĂ CU DESIGN-URI DE PREPARARE ȘI SISTEME ADEZIVE DE CIMENTARE DIFERITE

6.1. INTRODUCERE

În studiu am folosit trei tipuri de ceramică (IPS E.max CAD-On , Ivoclar Vivadent, Ceramica IPS E.max Press , Ivoclar Vivadent, zirconia).

Ceramica IPS E.max CAD-On (Ivoclar Vivadent) este o sticlă-ceramică de litiu disilicat pentru aplicațiile CAD / CAM.

IPS e.max Press, Ivoclar Vivadent este sticlă ceramică litiu disilicat destinată tehnicii de prelucrare prin presare. Materialul prezintă o înaltă rezistență mecanică, estetică naturală independent de nuanța dintelui preparat. Coroanele și punțile confecționate din IPS e.max Press permit utilizarea protocoalelor de cimentare auto-adezive sau convenționale. Microstructura

IPS e.max cuprinde cristale de litiu disilicat (aprox. 70%) $\text{Li}_2\text{Si}_2\text{O}_5$, incorporat într-o matrice de sticlă. Faza cristalină principală este litiu disilicatul care se prezintă sub formă de cristale având formă de ace. Lungimea cristalelor variază între 3 - 6 μm [45]

Zirconia Novodent GS este un material ceramic cu o rezistență mecanică foarte bună. Din punct de vedere chimic, el este compus din elementul rar Zirconium și oxigen. Este foarte rezistent la forțele masticatorii și uzură. Un avantaj foarte important al zirconiei este lipsa coroziunii în timp. Este termoizolant, așa că variațiile de temperatură nu sunt transmise pulpei dentare, scăzând astfel riscul de apariție al unei eventuale inflamații pulpare pe viitor. Fiind un material biocompatibil și bioinert, el este foarte bine acceptat de către organism și riscul de apariției reacțiilor alergice la el nu există [42].

În studiu au fost utilizate următoarele cimenturi adezive: Maxcem Elite, Kerr; RelyX Ultimate Clicker, 3M Espe și Variolink Esthetic LC / DC, Ivoclar Vivadent.

Bacteriile acidogene din cavitatea orală au potențial de atașare la structurile dentare astfel că se poate stabili gradul de iritabilitate al cimentării, pentru a permite formarea aderenței și a biofilmului și apariția microorganismelor cu potențial cariogen.

Bacteriile orale se atașează rapid și dezvoltă biofilme pe suprafețele dentare și pe materiale străine (cum ar fi dispozitivele ortodontice sau ceramica dentară) și sunt un factor important în degradarea smalțului apariția cariilor boala parodontală și degradarea materialelor străine utilizate în protetica dentară [46,47].

6.2. Material și metodă

Studiul a fost efectuat pe 45 de dinți, care după extracție au fost supuși unui ciclu scurt de sterilizare în autoclav la 134 ° timp de 35 de minute și apoi rehidratat timp de 48 de ore în apă distilată.

Dinții au fost fixați în machete din acrilat și pregătiți pentru restaurare cu inlay, onlay și coroane din ceramică apoi s-a luat amprenta în 2 pași (materialul de amprentă se găsește în tabelul 1); în laborator au fost realizate microprotezele, care au fost cimentate cu cimenturi adezive după testare. În funcție de materialul ceramic și cimentul adeziv utilizat, lotul a fost împărțit în 3 grupe egale (tabelul I).

Grupa I – (15 dinți) dinții au fost preparați pentru inlay, onlay și coroane totale ceramice din IPS E.max CAD-On Ceramics, Ivoclar Vivadent); cimentarea a folosit cimentul autoadeziv Maxcem Elite, Kerr.

Dinții grupului II (15 dinți) au fost preparați pentru inlay, onlay și coroane ceramice complete din IPS E.max Press Ceramics, Ivoclar Vivadent); cimentarea s-a făcut cu RelyX Ultimate Clicker, 3M Espe

Grupa III (15 dinți) dinții au fost preparați pentru inlay, onlay și coroane de zirconiu, Novodent GS, iar cimentarea s-a realizat cu Variolink Esthetic LC Ivoclar Vivadent.

6.2.1. Protocol pentru realizarea clinică a diferitelor design-uri de preparații

6.2.1.1. Coroana total ceramică

a. Pregătirea dinților

Fiecare dinte a fost preparat sub forma unui bont cilindrico-conic non-retentiv. Șlefuirea incizală asigură o grosime adecvată și s-a realizat prin crearea unor șanțuri de orientare de 0.8 mm grosime. Șlefuirea feței vestibulare s-a făcut prin deretentivizare și asigurarea unei grosimi uniforme de 1 mm pentru coroana de înveliș ceramic. Se șlefuește în două planuri: unul incizal (1/2 incizală), paralel cu conturul original al dintelui și altul cervical paralel cu axul de inserție propus (1/2 gingivală) și include conformarea pragului. Șlefuirea orală constă în reducerea tot un mm. Se recrează configurația concavă.

b. Amprenta cu siliconi de condensare în 2 timpi (Speedex, Coltene în lingura standard)

c. În laborator au fost realizate restaurările ceramice

d. Cimentarea adezivă a restaurărilor.

6.2.1.2. Protocol pentru realizarea inlay/onlay ceramice

a. Pregătirea dinte pentru inlay/onlay

La preparare se folosește freza din carbură sau diamantată conică pentru realizarea de pereți axiali divergenți spre ocluzal pentru a se putea manevra piesa și amprenta; în final preparația are forma unei cutii cu pereți ușor divergenți spre ocluzal, unghiuri de 5-10 grade dacă unghiul va fi mai mare de 10 grade, retenția va fi compromisă; realizarea de unghiuri interne rotunjite iar istmul trebuie să aibă o lățime de cel puțin 2 mm pentru a reduce posibilitatea de fractură a restaurării. Pereții vestibulari, linguali și gingivali ale cavitaților de cls a-2-a trebuie estinși pentru a desființa punctul de contact cu dintele adiacent cu cel puțin 0,5 mm [48].

b. Amprenta cu siliconi de condensare în 2 timpi (Speedex, Coltene în lingura standard)

c. În laborator au fost realizate restaurările ceramice

d. Cimentarea adezivă a restaurărilor în preparația dentară

6.2.2. Protocol pentru cimentare

- Pregătirea suprafeței interne a restaurării, care în cazul restaurărilor ceramice constă în sablarea acesteia cu particule de aluminiu de 50μm diametru la o presiune de 30 psi (0.2 MPa) sau demineralizare cu acid fluorhidric. Aplicarea unui silan este opțională.
- În cazul Inlay/Onlay, cimentul este aplicat direct la nivelul preparației acoperind toate suprafețele după care restaurarea este aplicată cu presiune ușoară, urmată de fotopolimerizare; în cazul coroanelor, acestea sunt umplute cu ciment, apoi aplicate și menținute cu presiune moderată și fotopolimerizare.
- Îndepărtarea excesului de ciment este bine să fie făcută în faza de gel a acestuia, faza care se obține după o fotopolimerizare scurtă de 2-3 secunde;
- Fotopolimerizarea finală cu lampă Elipar™ Deep Cure LED

6.2.2.1. Protocol de cimentare adezivă cu maxcem elite, kerr:

Suprafața interioară a restaurării a fost pregătită pentru aderență în laborator prin sablare cu particule de aluminiu cu diametrul de 50 μm la o presiune de 30 psi (0,2 MPa). Cimentul a fost introdus în coroană, aceasta a fost aplicată și menținută pe bont cu o presiune moderată până la priza acestuia. Cimentul în exces a fost îndepărtat în faza sa de gel, fază care a fost obținută după o scurtă fotopolimerizare ușoară de 2-3 secunde; fotopolimerizarea finală a fost efectuată cu lampa LED Elipar™ Deep Cure, 20 sec / fiecare suprafață.

6.2.2.2. Protocol de cimentare adezivă cu relyx ultimate clicker, 3mespe:

Suprafața interioară a restaurării a fost pregătită pentru aderență prin aplicarea 10% acid fluorhidric timp de 60 sec., Urmată de spălare și aplicare de silan. A fost uscat ușor. Suprafața dintelui a fost pregătită pentru aderență prin aplicarea acidului fosforic timp de 15 sec, urmată de spălare și uscarea ușoară; apoi adezivul a fost aplicat și fotopolimerizat timp de 10 sec cu lampa LED Elipar™ Deep Cure.

Cimentul a fost introdus în coroana ceramică, iar apoi coroana a fost aplicată și menținută pe bont, cu o presiune moderată până la fixarea cimentului; fotopolimerizarea s-a făcut cu lampa LED Elipar™ Deep Cure, 20 sec / fiecare suprafață.

6.2.2.3. Protocol de cimentare cu adeziv cu variolink esthetic lc, ivoclarvivadent

Suprafața interioară a restaurării din zirconiu nu a beneficiat de pregătiri prealabile. Ceramica pe bază de zirconiu, cu microstructură policristalină fără sticlă, nu beneficiază de aderență îmbunătățită prin tratare cu acid fluorhidric și silanizare [49,50,51].

La nivelul bontului dentar, după izolare, s-a efectuat gravarea cu acid fosforic timp de 15 sec, urmată de spălare și uscare, după care adezivul a fost aplicat și fotopolimerizat timp de 10 sec cu lampa LED Elipar™ Deep Cure; cimentul a fost aplicat pe suprafața interioară a restaurării; restaurarea a fost poziționată și fixată corect pe bont prin presiune. Excesul de ciment a fost îndepărtat după întărire (ciment cu întărire duală) cu o lamă de bisturiu.

6.2.3. Analiza sem

Pentru analiza SEM, probele au fost sectionate orizontal și fixate pe un suport de aluminiu de tip STAB. Noul sistem format a fost introdus în acoperitorul de tip Quorum, și acoperit cu un strat de aur de 9nm pentru efectuarea conductivității probei investigate la SEM timp de 60 sec.

6.2.4. Microscopia ftir

Microscopia IR a fost efectuată utilizând un microscop Thermo FTIR Nicolet iN10 MX; spectrele au fost înregistrate în modul de reflexie în intervalul de număr de undă de 675–4000 cm^{-1} , cu o rezoluție de 4 cm^{-1} .

6.2.5. Analiza atașamentului microbial

Aderența și dezvoltarea biofilmului monospecific au fost evaluate la expunere de 8 ore în Lactobacili MRS (DE MAN, ROGOSA și SHARPE) folosind plăci sterile cu 6 godeuri (Nunc). Un material dentar steril a fost adăugat într-un godeu steril și s-au adăugat 50 uL de MRSbroth inoculat cu 105 CFU (unități formatoare de colonii) /mLL.acidophilus ATCC11975 pe secțiunea fiecărui material de smalț cimentat. Probele au fost lăsate să încubeze la 37 °C în 5% CO₂ atmosferă timp de 8 ore pentru a evalua capacitatea de a atașa și începe formarea biofilmului pe materialele testate. După incubare, materialele au fost spălate cu atenție cu

tampon salin steril pentru a îndepărta orice celule microbiene neatașate și apoi scufundate în tampon salin steril de 1 ml în tuburi sterile pentru a realiza detașarea biofilmului prin agitare și sonicare viguroasă (10 secunde). Suspensiile de celule detașate de biofilm rezultate au fost diluate în continuare și 10 μ L din fiecare diluție în serie au fost placcate în triplicat pe agar MRS.

După 24 de ore de incubare la 37 °C, a fost efectuată număratoarea viabilă și au fost obținute valorile CFU/mL pentru fiecare grup.

6.3. Rezultate

6.3.1. Analiza sem

COROANA TOTAL CERAMICĂ

Grup 1- ceramica IPS E.max CAD-on Ivoclar Vivadent + Maxcem Elite, Kerr

La interfața coroana- ciment adeziv se remarcă zone în care cimentul aderă foarte bine la ceramică și zone limitate cu microfragmente detașate din ceramică, dar nu există o separație netă a celor 2 materiale. Apariția acestor microfragmente este determinată de procedeul de secționare a probelor.

Stratul de ciment adeziv este omogen și bine reprezentat și aderă foarte bine la ceramică în zona de interfață coroană dentară-adeziv.

În zona de interfata dinte- ciment adeziv se remarcă faptul că adeziunea dintre cimentul adeziv și dinte este foarte bună.

Grup 2- ceramica IPS E.max Press, Ivoclar Vivadent + RelyX Ultimate Click, 3M Espe

La limita dintre cele două materiale se observă microfragmente detașate din ceramică, adeziunea pierzându-se probabil în timpul etapei de secționare a pieselor. Nu se remarcă o limită clară de demarcație a materialelor, ca în cazul altor probe, ceea ce sugerează faptul că cimentul adera foarte bine la ceramică.

Se remarcă adeziunea foarte bună între cele 3 substraturi, dinte, adeziv și ciment; interfețele nu prezintă fisuri, goluri sau fragmente detașate.

Grup 3- zirconia Novodent GS + Variolink Esthetic

Interfața coroană dentară- ciment adeziv prezintă o adeziune bună. Se observă o adeziune foarte bună a cimentului adeziv la dentină, fără fisuri sau goluri. Se constată cu ușurință adeziunea bună între cele 3 substraturi: dinte, adeziv și ciment. Nu există fisuri sau goluri la nivelul interfeței.

INLAY

Grup 1- ceramica IPS Emax Cad-on Ivoclar Vivadent + Maxcem Elite, Kerr

Din imaginea SEM, s-a putut remarca o linie care separă cimentul și structura dentară, care în această zonă, este dată de secționarea pieselor, dar există o foarte bună adeziune a cimentului la inlay. Între dinte și cimentul adeziv, în această zonă analizată, se observă o adeziune foarte bună, fără crăpături sau fisuri. Interfața dintre dinte și cimentul adeziv se prezintă ca o zonă compactă, fără fisuri sau goluri și cu o adeziune foarte bună.

Grup 2 – ceramica IPS Emax Press Ivoclar Vivadent + Relyx ultimate clicker 3M ESPE

La limita dintre cele două materiale se observă microfragmente detașate din ceramică, adeziunea pierzându-se probabil în timpul etapei de secționare a pieselor. Nu se remarcă o limită clară de demarcație a materialelor, ca în cazul altor probe, ceea ce sugerează faptul că cimentul aderă foarte bine la ceramică. Zona evidențiată în imaginea SEM arată o adeziune foarte bună între cele trei materiale implicate în acest sistem.

Grup 3 – ceramica Zirconia Novodent GS + Variolink Esthetic

Zona evidențiată în imaginea SEM arată o adeziune foarte bună între cele trei materiale implicate în acest sistem. Se remarca o adeziune bună la nivelul tuturor structurilor implicate.

ONLAY

Grup 1- ceramica IPS Emax Cad-on Ivoclar Vivadent + Maxcem Elite, Kerr

Legatura dintre cimentul adeziv și sistemul adeziv este una foarte bună, iar între smalț și sistemul adeziv se poate observa o bună adeziune, cu prezența unor microretenții la nivelul smalțului.

Se identifică și prezența microretențiilor la nivelul smalțului.

Între toate cele patru sisteme implicate și evidențiate în imaginea SEM se poate observa o adeziune uniformă, doar între materialul ceramic și cimentul adeziv observându-se o zonă aparent cu gol. Detaliile din imaginea SEM evidențiază de fapt o bună aderență între materiale.

Grup 2 - IPS Emax Press Ivoclar Vivadent + Relyx ultimate clicker 3M ESPE

Sistemul prezentat în imaginea SEM indică o foarte bună compatibilitate între cimentul adeziv și sistemul adeziv utilizate pentru această reconstrucție. În ceea ce privește adeziunea dintre dinte și sistemul adeziv, se observă o fisură, care indică desprinderea adezivului de la nivelul dentinei și formarea unui strat hibrid atașat de dentină.

În ceea ce privește legătura dintre ceramică și cimentul adeziv, imaginea SEM alăturată arată formarea unei legături foarte stabile, fără goluri și/sau fracturi. Deoarece a fost utilizat silan, acesta a pătruns prin microretențiile obținute prin sablare și aplicarea acidului fluorhidric.

Imaginea SEM utilizată pentru a reda sistemul restaurat indică o foarte bună adeziune între ceramica utilizată și cimentul adeziv, pentru toată lucrarea. De asemenea, există o bună compatibilitate între cimentul adeziv și sistemul adeziv. După cum a mai fost observat, între dinte și sistemul adeziv există zone cu fisuri, însă și zone în care această desprindere nu s-a realizat (în partea stângă a lucrării). Se mai observă și pătrunderea silanului în microretențiile ceramicii, care a dus la formarea unei foarte bune adeziuni.

Această zonă a lucrării arată o foarte bună adeziune între toate componentele sistemului. Se observă o lucrare compactă și uniformă.

Grup 3 - ceramica Zirconia Novodent GS + Variolink Esthetic

Atât în ceea ce privește adeziunea dintre ceramică și ciment adeziv, cât și adeziunea dintre ciment și dinte, se identifică zone cu o adeziune bună, dar și zone în care se deosebesc desprinderi.

Se remarcă o detașare a zonei onlay de cimentul adeziv, și o adeziune bună între ciment și dinte. De asemenea, se observă un strat hibrid îngust și uniform.

Se identifică o bună adeziune între cimentul adeziv și dentină, formarea unui strat hibrid îngust și uniform.

6.3.2. Rezultate ftir

În grupa I, interfața este mai mică de 10μm, dar grosimea imaginilor FTIR este considerabil mai mare, ceea ce înseamnă că apar interacțiuni puternice între cele două faze. De asemenea, este atașat un spectru FTIR caracteristic.

În grupul II, este important de menționat că, chiar dacă apar unele fisuri (indicate în cerc) la nivelul coroanei, cimentul umple bine aceste fisuri. De asemenea, la interfața dentină-ciment, datorită pretratămării, o zonă anume poate fi evidențiată în toate hărțile FTIR.

În cazul grupului III, nu s-a solicitat nici un tratament al suprafeței dentinei și astfel nu sunt vizibile zone specifice între dentină și ciment. În general, se observă o aderență foarte bună între cimentul folosit și ambele suprafețe.

6.3.3. Analiza atașamentului microbial

În ceea ce privește capacitatea *L. acidophilus* de a se atașa pe materialele dentare testate, rezultatele noastre au arătat că acestea prezintă diferite abilități de atașare microbială, în funcție de ceramica și cimentul utilizat. Diferențele dintre materialele din grupul I și II nu au fost semnificative, în ceea ce privește atașarea *Lactobacillus* (valori CFU/mL variind 3000-3500),

dar grupul III (secțiune cimentată cu ceramică de zirconiu) a arătat o inhibare semnificativă a atașării de $1 \log$ a *L. acidophilus* în comparație cu celelalte 2 materiale. Acest rezultat poate fi explicat prin studiile recente din literatură care raportează o inhibare crescută a dezvoltării antimicrobiene și a biofilmului a ceramicii cu zirconiu împotriva agenților patogeni dentari [52,53].

6.4. Discuții și concluzii

Analizând imaginile obținute cu SEM, am observat buna aderență la structura dentară a tuturor cimenturilor utilizate, interfața dinte-ciment adeziv sau interfață dinte-ciment sistem-ciment adeziv fără goluri sau fisuri, pe unele imagini SEM hibridizarea fiind evidentă.

În ceea ce privește interfața adeziv ciment-coroană, apariția microfragmentelor desprinse din cele trei tipuri de materiale utilizate, poate fi legată de mai mulți factori: contracția polimerizării cimenturilor adezive utilizate, metoda de prelucrare a suprafețelor interioare ale coroanelor și fractura rezistența materialelor, fiind necesare mai multe studii pentru a determina dacă există o corelație între acești factori.

Diferențele de atașare microbiană pot fi explicate prin diferite porozități ale suprafeței și fisuri care au fost observate prin analiza SEM pe secțiunile dentare evaluate. Este bine cunoscut faptul că atașarea microbiană este influențată de rugozitatea suprafeței și, de asemenea, de hidrofobicitate [54].

CAPITOLUL 7

REZISTENȚA LA FORȚA DE FORFECARE ȘI COMPRESIUNE A RESTAURĂRILOR REALIZATE DIN 3 TIPURI DE CERAMICĂ CU DESIGN-URI DE PREPARARE ȘI SISTEME ADEZIVE DE CIMENTARE DIFERITE – STUDIU CU ELEMENT FINIT (FEA)

7.1 Introducere

Cimenturile polymerizabile sunt o grupă de materiale utilizate în stomatologie care includ rășinile compozite, cimenturile ionomere de sticlă și cimenturile autoadezive. Acestea realizează legături puternice atât cu materialul de restaurare cât și cu țesutul biologic pe care se aplică. Proprietățile lor sunt însă direct dependente de câțiva factori care contribuie în mod decisiv la performanța lor clinică: modul în care se realizează polimerizarea; natura și gradul de prelucrare (condiționare) a suprafeței care va fi supusă cimentării; gradul de mineralizare a țesutului biologic (179) (180) (181) (182) [55-58].

Adeziunea la țesuturile biologice a cimenturilor autoadezive a fost pusă în evidență prin numeroase studii cu privire la comportamentul mecanic al acestora, în diferite condiții de solicitare. S-a pus în evidență astfel că rezistența mecanică indiferent de tip (întindere, compresiune, încovoiere, forfecare) depinde în mod direct de ciclurile termice prin care trece adezivul. Acest lucru este de înțeles, deoarece cu fiecare ciclu termic micro-fisurile din suprafața cimentului adeziv se propagă spre interior modificând astfel în mod negativ rezistența mecanică (183) (184) (185) (186) [59-62].

7.2 Material și metodă

7.2.1 Construcția modelului geometric

Modelul geometric utilizat în analiza cu element finit se bazează pe un model reconstruit din imagini scanate CT. Acest set de operații care conduc de la un model fizic real la un model virtual 3D se subscriu ingineriei inverse. Modelele realizate în acest mod se bucură de precizia

dimensională și de formă a structurii inițiale, cu respectarea celor mai mici particularități geometrice [63-65].

Utilizând modelul de bază s-au realizat 3 modele funcționale denumite în continuare inlay, onlay și coroana totală. În vederea realizării celor 3 ansambluri s-au modelat geometric și suprafețele care joacă rol de cimenturi adezive, pentru a putea mai apoi atribui acestora proprietățile mecanice corespunzătoare.

7.2.2 Analiza cu element finit

Analiza cu element finit (FEA) s-a realizat în *Ansys 2019*, pentru fiecare dintre cele 3 modele funcționale în parte. Acestea au fost importate în program după care s-au stabilit parametrii de analiză: materialele corespunzătoare fiecărei structuri; contactele dintre componente; solicitările și zonele fixe; discretizarea, rezultatele de interes [66-70].

Discretizarea structurii s-a realizat în mod automat folosind elemente tetraedrice de tip 10. În urma acestei operații modelele au fost împărțite în structuri discrete cu următoarele caracteristici: modelul inlay-(Noduri = 39897 și Elemente = 20945); modelul onlay (Noduri = 45960 și Elemente = 23211); modelul de coroană totală (Noduri = 14515 și Elemente = 7674).

7.3 Rezultate și discuții

7.3.1 Rezultatele simulării modelului inlay

Modelul inlay simulează o incrustație ceramică de formă tronconică, situată în zona centrală a molarului și care se inseră în structura osoasă pe o adâncime de 4.2 mm. Solicitățile aplicate asupra structurii au condus la 6 rezultate corespunzătoare celor 6 direcții de aplicare a forței. La nivelul structurii discrete s-au prelevat următoarele rezultate: tensiunile echivalente la suprafața și în interiorul materialului de reconstrucție și cimentului; tensiunile de forfecare în planul XY la suprafața și în interiorul materialului de reconstrucție și cimentului; deformațiile echivalente elastice la suprafața și în interiorul materialului de reconstrucție și cimentului și deformațiile de forfecare în planul XY pentru aceleași zone.

În toate situațiile de încărcare simulate punctul de aplicație al forței a fost plasat pe suprafața exterioară a incrustației, în același mod, astfel încât rezultatele să fie comparabile unele cu celelalte.

Tensiunile echivalente, datorită modului în care se calculează nu indică modificări graduale asemănătoare cu cele de forfecare, la nivelul suprafeței.

7.3.2 Rezultatele simulării modelului onlay

Modelul onlay este astfel realizat încât să cuprindă o situație cât mai defavorabilă din punct de vedere mecanic a reconstrucție dentare. Acest lucru a fost realizat printr-un salt dimensional la nivelul elementului ceramic, în vecinătatea căruia s-au prelevat și tensiunile de forfecare respectiv cele echivalente.

Nici de această dată valorile de rezistență mecanică ale ceramicelor utilizate nu sunt depășite de către tensiunile de forfecare sau echivalente, chiar dacă aceste curbe indică o creștere semnificativă (100-200 % pentru tensiunile echivalente) a tensiunilor în zona saltului dimensional.

7.3.3 Rezultatele simulării modelului de coroană totală

Datorită simetriei acestui tip de construcție comparativ cu celelalte două, modul în care tensiunile sunt distribuite capătă un aspect și mai simetric, în strânsă legătură cu geometria. Astfel, exista zone mult mai extinse ale tensiunilor din suprafața coroanei pentru aceeași suprafață de aplicare a forței. Acest aspect este benefic din punct de vedere mecanic, deoarece realizează o dispersare a solicitării reducând astfel șansele unei concentrări care să producă fisurare.

Tensiunile echivalente înregistrate la nivelul ceramicii sunt mai reduse ca în cazurile precedente, acest lucru datorându-se suprafeței portante mult mai mari a coroanei față de celelalte incrustații studiate. În privința cimenturilor, tensiunile echivalente indică posibilă atingerea unor valori care pot conduce spre generarea de fisuri la interfață, însă nu la fel de susceptibil ca în primele două cazuri.

7.4 Discuții

Acest studiu, prin intermediul elementului finit, se ocupă de analiza valorilor de tensiune echivalentă și de forfecare precum și a deformațiilor structurii restaurarilor dentare realizate cu trei design-uri diferite (inlay, onlay, coroana) în conformitate cu materialele definite (ceramica disilicat de litiu presată și monolitică, zirconia și cimenturi autoadezive și cu priză dublă) precum și cu direcția solicitării aplicate. În simularea de față s-a ales o singură valoare de solicitare de 170 N dar aplicată pe rând după 6 direcții 0°, 30°, 45°, 60°, 75°, 90°. În acest fel sunt simulate în mod discret efectele de forfecare și până la compresiune pură a structurii.

Modelul inlay a simulat o incrustație ceramică de formă tronconică, situată în zona centrală a molarului și care se inseră în structura dentară pe o adâncime de 4.2 mm. La nivelul structurii simulate au fost prelevate tensiunile echivalente și tensiunile de forfecare la suprafața și în interiorul materialului de reconstrucție și cimentului, precum și deformațiile echivalente elastice și de forfecare pentru aceleași zone. S-a constatat ca modul de distribuție al tensiunilor de forfecare și echivalente este diferit. Astfel, la nivelul exterior al modelului inlay se constată o creștere graduală a tensiunilor de forfecare în suprafață odată cu trecerea de la orientarea de 0° la cea de 90° în timp ce tensiunile echivalente prezintă acest aspect în interiorul modelului, înspre sensul aplicării forței.

Modelul onlay analizat a arătat o distribuție superioară a tensiunilor atât la materialele ceramice cât și la interfața cu dintele, datorită în special suprafeței mai mari de contact a reconstrucției onlay față de cea inlay. Nici pentru modelul onlay nu sunt depășite în nici o situație rezistențele maxime admisibile ale materialelor din care sunt confecționate. Acest lucru se datorează în principal suprafeței de contact mai extinse a cimentului în acest caz, față de incrustația inlay. Totuși, și de această dată cimentul autoadeziv Maxcem ar putea avea proprietățile depășite de o creștere accidentală a solicitării peste cei 170 N simulați.

Un studiu foarte recent care a analizat modul de transmitere a tensiunilor echivalente la nivelul incrustațiilor ceramice a arătat că cele mai mari valori și nivelurile nefavorabile ale stresului au apărut la dinții restaurați cu inlay, tensiunile înregistrate la onlay-uri fiind mai mici decât cele găsite la inlay. Autorii au găsit cele mai mari tensiuni la inlay-ul din zirconiu. Solicitățile cele mai mici au fost observate în structurile dentare, ciment și la interfața dintre restaurare și țesutul dentar, în acord cu studiul nostru [71].

La modelul coroana totală tensiunile echivalente înregistrate la nivelul ceramicii sunt cele mai reduse, acest lucru datorându-se suprafeței portante mult mai mari a coroanei. De asemenea, secțiunile longitudinale ale ansamblului prezintă distribuția de tensiune pe suprafețe extinse și în interiorul structurii. Nu apar zone preferențiale spre un singur perete al molarului, ci în aceeași măsură, simetric, tensiunea se transmite spre ambii pereți (în planul studiat), și desigur și pe ceilalți corespunzători unui plan medial.

7.5 Concluzii

- valorile de rezistență mecanică ale celor 3 ceramice (crm1, crm2 și crm3) depășesc cu cel puțin un ordin de mărime valorile de tensiune echivalente sau de forfecare în toate modelele: inlay, onlay și coroană totală. Acest lucru confirmă că o solicitare de valoare similară cu cea

aplicată în simulare orientată după indiferent ce direcție, nu poate produce efecte mecanice de fracturare a niciuneia dintre ceramice.

- valorile de rezistență mecanică la adeziune ale cimenturilor fiind mult mai reduse decât valorile de rezistență ale ceramicelor, efectul produs de solicitare va fi unul diferit. Se observă în preponderent că cimentul *cim3* are limita de rezistență mecanică foarte apropiată de valorile de tensiune obținute în punctele critice ale structurilor. Acest lucru ar putea determina în practică o fracturare a cimentului *cim3*, în special la aplicarea oblică sau tangentă a solicitării pe molar.

- tensiunile de forfecare și cele echivalente elastice prezintă salturi cu 100-200 % datorită saltului dimensional al reconstrucției onlay. Acest tip de structură este cel puțin din punct de vedere geometric inferioară celorlalte două, făcând posibilă generarea unei fisuri la apariția valorilor accidentale de forță.

- cu privire la cimenturile utilizate în reconstrucția onlay, se constată că pentru acest tip de model nu sunt depășite în nici o situație rezistențele maxime admisibile ale materialelor implicate, acest lucru datorându-se în principal suprafeței de contact mai mari a cimentului.

- în cazul coroanei totale tensiunile echivalente înregistrate la nivelul ceramicii sunt mai reduse decât în cazurile precedente, acest lucru datorându-se suprafeței portante mult mai mari a coroanei față de celelalte două modele studiate. Acest lucru face ca o coroană să fie mult mai puțin susceptibilă la fracturare decât celelalte două tipuri de reconstrucție.

- tensiunile echivalente din cimentul adeziv indică posibilă atingerea unor valori care pot conduce spre generarea de fisuri la interfață, însă nu la fel de susceptibil ca în primele două cazuri.

CONCLUZII FINALE

Ceramica dentară reprezintă cea mai solicitată opțiune a pacienților, dar și cea mai recomandată de clinicieni pentru restaurarea dentară. Și asta, pentru că ceramica dentară prezintă o serie de avantaje mecanice și estetice recunoscute. Totuși, este adevărat, că ceramica dentară nu este un material perfect și, în plus, există pe piață o multitudine de tipuri de ceramică, astfel că alegerea ei este deseori o adevărată provocare.

În afară de tipul de ceramică, la predictibilitatea restaurărilor ceramice concură și alți factori reprezentați de ex. de mărimea suportului dentar, de tipul adezivilor folosiți pentru cimentare sau tehnici pe preparare a dinților. În literatură există o diversitate de studii legate de toate aceste considerații cu rezultate de multe ori, contradictorii. Din acest motiv această teză își propune să analizeze comportamentul unor tipuri reprezentative de ceramică (disilicat de litiu pentru aplicațiile CAD/CAM și ceramica presată, oxid de zirconiu) cimentate cu trei sisteme adezive (autogrant, universal și cu priză dublă) pe diferite design-uri de preparare a dinților (inlay, onlay și coroană total ceramică).

Rezultatele acestui studiu au arătat următoarele:

Proprietățile materialelor de restaurare au fost analizate pentru determinarea particularităților morfologice prin microscopie electronică cu baleiaj-SEM, comportarea la diferite temperaturi prin dilatometrie, compoziția fazelor prin difracție de raze X-XRD și compoziția prin spectre EDX.

Prin dilatometrie, studiul nostru a demonstrat că oxidul de zirconiu și ceramica presată au avut o temperatură de înmuiere dilatometrică mai scăzută, deci prezența fazei vitroase conduce la un comportament mai sensibil la temperatura al materialelor.

Analiza SEM și EDX a arătat că BruxZir este un material format doar din faza cristalină și bine densificat. În schimb, materialul Ceramillzolid FX și ceramica presată prezintă, alături de faza cristalină și o fază vitroasă identificată în imaginile SEM prin prezența Si, care formează SiO_2 și este formator de rețea vitroasă. Această fază determină și o rezistență mecanică a materialului mai mică.

Semnificație clinică: legat de proprietățile fizice se poate afirma că materialele cu fază vitroasă au o rezistență la șoc termic și mecanic mai redusă, dar sunt mai estetice și interacționează mai bine cu alte materiale.

Alt obiectiv al tezei a analizat modul în care cimentarea influențează predictibilitatea restaurărilor total ceramice. S-au luat în considerare același criteriu de design (inlay, onlay, coroană) și tipuri de ceramică (ceramica presată și CAD/CAM) cimentate cu sisteme adezive

self etch și universale și s-au analizat interfețele sistem adeziv/restaurare și sistem adeziv /structură dentară.

Pentru inlay s-a constatat o adeziune bună la nivelul interfeței sistem adeziv/ciment adeziv/structură dentară/dentină și smalț la ceramica presată și CAD/CAM cimentate cu sisteme autoadezive și universale, dar interfața ciment adeziv/inlay prezintă goluri la ambele combinații de materiale. Pentru onlay s-a observat că cimentul adeziv dual cure și zirconia prezintă o adeziune bună a interfeței adeziv/dentină cu prezența unui strat hibrid dens, dar cu detașare a onlay-ului față de cimentul adeziv. Legat de cimentul autoadeziv și universal, acesta formează un strat omogen și bine reprezentat care aderă foarte bine la ceramica CAD/CAM și presată.

Semnificație clinică: interfața sistem adeziv/ciment adeziv/structură dentară/dentină și smalț prezintă o adeziune bună la toate grupele analizate; în schimb, interfața ciment adeziv/restaurare prezintă goluri la ambele combinații de materiale.

Indicație specială: utilizarea cimentului autoadeziv și universal la ceramica CAD/CAM și presată.

Analiza FTIR a confirmat aceste rezultate, iar legat de capacitatea *L. acidophilus* de a se atașa pe materialele dentare testate, rezultatele au arătat că zirconiu a arătat o inhibare semnificativă a atașării *L. acidophilus* în comparație cu celelalte 2 materiale. Modularea aderenței microorganismelor cariogene ajută la instituirea unor strategii de prevenție pentru limitarea formării plăcii bacteriene și, astfel, limitarea apariției proceselor carioase sau degradării smalțului cervical sau materialelor de restaurare.

Semnificație clinică: zirconiu este un material care previne depunerea plăcii bacteriene

În final, proprietățile mecanice ale materialelor utilizate fiind identificate și pentru a verifica rezultatele obținute în studiile anterioare, am realizat o simulare cu ajutorul elementului finit având aceleași criterii de analiză ca în celelalte studii. S-au analizat valorilor de tensiune echivalentă și de forfecare precum și deformația structurii materialelor în conformitate cu direcția solicitării aplicate și tipul de ceramică.

Concluziile simulării au arătat că nici una din ceramicile analizate nu se fracturează sub acțiunea forțelor cu valori similare cu cea aplicată în studiul prin metoda element finit (MEF).

Rezistența mecanică a cimenturilor utilizate fiind mai redusă, se poate constata că cimentului cim3 (Variolink) se poate fractura în special la aplicarea oblică sau tangentă a solicitării.

În ceea ce privește design-ul, onlay-ul este cel puțin din punct de vedere geometric inferior față de inlay și coroană ceea ce poate genera fisuri în prezența unor forțe mai mari, în special excentrice.

Aderența dintre restaurări și structura dintelui poate stabiliza restaurările ceramice, rezultând o structură cu rezistență mai mare la acțiunea forțelor externe.

Legat de sistemele adezive utilizate, onlay-ul și mai ales, la coroana total ceramică, datorită suprafeței portante mult mai mare, sunt mult mai puțin susceptibile la fracturare comparativ cu inlay-ul.

Semnificație clinică: toate cele 3 ceramici analizate (ceramica presată, ceramica monolit și Zirconia) cimentate cu ciment autogravant, universal și cu priză dublă rezistă la acțiunea unor forțe uzuale, orientate după indiferent ce direcție.

În schimb, cimenturile adezive având o rezistență mai mică se pot fractura sub acțiunea forțelor excentrice. Experimental a arătat că cimentul cu priză dublă a fost cel mai sensibil.

Interfața ciment adeziv/restaurare pare a fi mai dificil de realizat în inlay; cimenturile autoadezive și universale par a fi mai eficiente în restaurări de tip onlay.

Interfața ciment adeziv/structură dentară este mult mai eficientă atât pentru toate tipurile de design cât și pentru toate tipurile de tehnici de cimentare. Materialele mai rigide promovează valori ale stresului mai ridicate. Aceasta înseamnă clinic că zirconia permite o concentrație mai mare de tensiune la suprafața coroanei și o solicitare mai mare la stratul de ciment, facilitând decimentarea coroanei.

În schimb, rezistența la fractură a restaurărilor de zirconiu este mai mare decât a celor de ceramică disilicat de litiu, în special când este susținută de smalț. Acest lucru poate sugera că disilicatul de litiu este adecvat în special pentru utilizare în restaurări conservatoare în care preparatul poate fi limitat la smalț.

Cimentarea pare a fi o etapă critică, iar succesul său pe termen lung se bazează pe respectarea protocoalelor clinice și cunoașterea principiilor adezive pentru a obține o legătură durabilă între structura dintelui și materialele de restaurare, rezultând o rezistență mai mare la acțiunea forțelor externe.

Toate aceste observații aduc elemente de originalitate și noutate studiilor de cercetare din această teză. Ele folosesc la stabilirea unor jaloane de protocol terapeutic care să ajute clinicianul în realizarea unor asocieri eficiente de materiale pentru restaurări indirecte predictibile.

Rămân însă provocările în îmbunătățirea performanței clinice a restaurărilor din ceramică integrală. Acestea includ o creștere a informațiilor obținute prin studii clinice, proceduri de testare de laborator, simulări prin analiza numerică.

BIBLIOGRAFIE

1. Warreth A, Elkareimi Y. All-ceramic restorations: A review of the literature. *The Saudi Dental Journal*. Volume 32, Issue 8, December **2020**, Pages 365-372
2. Kuźniar-Folwarczny, A.; Sulewski, M.; Błaszczuk, A.; Sulewska, A.; Kosior, P.; Dobrzyński, M. Charakterystyka ceramicznych materiałów stomatologicznych stosowanych w gabinetowych systemach CAD/CAM, 2019, 8, 479–487. *Inż. Fiz. Med.* **2019**, 8, 479–487. [Google Scholar]
3. F. Zarone, M.I. Di Mauro, P. Ausiello, G. Ruggiero, R. Sorrentino. Current status on lithium disilicate and zirconia: a narrative review. *BMC Oral Health*, 19 (**2019**), p. 134
4. Skorulska, A.; Piszko, P.; Rybak, Z.; Szymonowicz, M.; Dobrzyński, M. Review on Polymer, Ceramic and Composite Materials for CAD/CAM Indirect Restorations in Dentistry—Application, Mechanical Characteristics and Comparison. *Materials* **2021**, 14, 1592. <https://doi.org/10.3390/ma14071592>
5. Josset Y, Oum'Hamed Z, Zarrinpour A, Lorenzato M, Adnet JJ, Laurent Maquin D, In vitro reactions of human osteoblasts in culture with zirconia and alumina ceramics. *Journal of Biomedical Materials Research*. **1999**;47:481-493.
6. Ning-Ze Zhang et al. The effect of phase formation on biomechanical and biological performance of Li₂O-Al₂O₃-SiO₂ glass-ceramics. *Ceramics International*, **2021**
7. Bajraktarova-Valjakova E, Korunoska-Stevkovska V, Kapusevska B, Gigovski N, Bajraktarova-Misevska C, Grozdanov A. Contemporary Dental Ceramic Materials, A Review: Chemical Composition, Physical and Mechanical Properties, Indications for Use. *Open Access Maced J Med Sci*. **2018**;6(9):1742-1755. Published 2018 Sep 24.
8. Albakry, M. (**2021**) Insightful Understanding of the Role of the Mechanical Properties in Defining the Reliability of All-Ceramic Dental Restorations: A Review. *Journal of Biomaterials and Nanobiotechnology*, 12, 57-78.
9. Narasimha Raghavan R. Ceramics in Dentistry. <https://pdfslide.net/documents/materiale-ceramice-in-stomatologie.html>
10. <https://www.qreferat.com/referate/medicina/Ceramica-dentara336.php>
11. Cardenas, A. F. M. et al. (**2018**). Impact of pH and application time of meta-phosphoric acid on resin-enamel and resin-dentin bonding. *J. Mech. Behav. Biomed. Mater* 78, 352–361. doi:10.1016/j.jmbbm.2017.11.028)

12. Sato, T., Takagaki, T., Ikeda, M., Nikaido, T., Burrow, M. F., and Tagami, J. (2018). Effects of selective phosphoric acid etching on enamel using “no-wait” self-etching adhesives. *J. Adhes. Dent* 20 (5), 407–415. doi:10.3290/j.jad.a41359
13. Fonzar, R. F., Goracci, C., Carrabba, M., Louca, C., Ferrari, M., and Vichi, A. (2020). Influence of acid concentration and etching time on composite cement adhesion to lithium-silicate glass ceramics. *J. Adhes. Dent* 22 (2), 175–182
14. Prochnow C, Venturini AB, Guilardi LP, Pereira GK Burgo TA, Bottino MC, et al. Hydrofluoric acid concentrations: effect on the cyclic load-to-failure of machined lithium disilicate restorations. *Dent Mater.* 2018;34(9):e255-e263. doi: 10.1016/j.dental.2018.06.028
15. Khan, A.A.; Mohamed, B.A.; Mirza, E.H.; Syed, J.; Divakar, D.D.; Vallittu, P.K. Surface wettability and nano roughness at different grit blasting operational pressures and their effects on resin cement to zirconia adhesion. *Dent. Mater. J.* 2019, 38, 388–395
16. Bhavsar B, Neilalung K, Vaz M. Why ceramic? When you can use composite. Indirect restoration of tooth in a more biomimetic way using heat treated direct resin composite. *J NTR Univ Health Sci* 2021;10:277-81
17. Abdulrahman S, Von See Mahm C, Talabani R, & Abdulateef D. (2021). Evaluation of the clinical success of four different types of lithium disilicate ceramic restorations: a retrospective study. *BMC oral health*, 21(1), 625.
18. Dhima, M.; Carr, A.B.; Salinas, T.J.; Lohse, C.; Berglund, L.; Nan, K.A. Evaluation of fracture resistance in aqueous environment under dynamic loading of lithium disilicate restorative systems for posterior applications. Part 2. *J. Prosthodont.* 2014, 23, 353–357. [Google Scholar] [CrossRef]
19. Flinn, B.D.; Raigrodski, A.J.; Mancl, L.A.; Toivola, R.; Kuykendall, T. Influence of aging on flexural strength of translucent zirconia for monolithic restorations. *J. Prosthet. Dent.* 2017, 117, 303–309. [Google Scholar] [CrossRef]
20. Lin, W.S.; Ercoli, C.; Feng, C.; Morton, D. The effect of core material, veneering porcelain, and fabrication technique on the biaxial flexural strength and Weibull analysis of selected dental ceramics. *J. Prosthodont.* 2012, 21, 353–362. [Google Scholar] [CrossRef]
21. Baladhandayutham, B.; Lawson, N.C.; Burgess, J.O. Fracture load of ceramic restorations after fatigue loading. *J. Prosthet. Dent.* 2015, 114, 266–271. [Google Scholar] [CrossRef]
22. Weigl, P.; Sander, A.; Wu, Y.; Felber, R.; Lauer, H.C.; Rosentritt, M. In-vitro performance and fracture strength of thin monolithic zirconia crowns. *J. Adv. Prosthodont.* 2018, 10, 79–84. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed]

23. Ahmed, W. M., Abdallah, M. N., McCullagh, A. P., Wyatt, C. C. L., Troczynski, T., & Carvalho, R. M. (2019). Marginal discrepancies of monolithic zirconia crowns: The influence of preparation designs and sintering techniques. *Journal of Prosthodontics*, 28(3), 288–29
24. Warreth A. et al. All-ceramic restorations: A review of the literature. *The Saudi Dental Journal* Volume 32, Issue 8, December 2020, Pages 365-372
25. Euán, R.; Figueras-Álvarez, O.; Cabratosa-Termes, J.; Oliver-Parra, R. Marginal adaptation of zirconium dioxide copings: Influence of the CAD/CAM system and the finish line design. *J. Prosthet. Dent.* **2014**, 11, 155–162. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed]
26. Nakamura, K.; Harada, A.; Inagaki, R.; Kanno, T.; Niwano, Y.; Milleding, P.; Örtengren, U. Fracture resistance of monolithic zirconia molar crowns with reduced thickness. *Acta. Odontol. Scand.* **2015**, 73, 602–608
27. Mitov, G.; Anastassova-Yoshida, Y.; Nothdurft, F.P.; Von See, C.; Pospiech, P. Influence of the preparation design and artificial aging on the fracture resistance of monolithic zirconia crowns. *J. Adv. Prosthodont.* **2016**, 8, 30–36.
28. <http://magnum.engineering.upm.ro/~gabriela.strnad/CURS%20AVANSAT%20DE%20MATERIALE%20-%20curs%20masterat/2%20CURS/Modul%203%20MACP%20Socaciu%20T..pdf>
29. Ivoclar Vivadent, *IPS e.max Press*, Available from: <http://ivoclarvivadent.com> [Accessed 1th march 2020]
30. Aljanobi G, Al-Sowygh Z H (February 12, 2020) The Effect of Thermocycling on the Translucency and Color Stability of Modified Glass Ceramic and Multilayer Zirconia Materials. *Cureus* 12(2), 1-14
31. Amann Girrbach, *Ceramill CAD/CAM Material*, Available from: <http://amanngirrbach.com> [Accessed 1th march 2020]
32. E. Kontonasaki 1, Athanasios E. Rigos 2 , C. Ilia 3 and T. Istantos 4, Strength and aging resistance of monolithic zirconia: an update to current knowledge, *JADS*, **2019**, 56, 1-23
33. Gindewell, *Bruxzir zolid zirconia*, Available from: <https://glidewelldental.com> [Accessed 3th may 2020]
34. Davor Špehar¹ , Marko Jakovac², New Knowledge about Zirconium-Ceramic as a Structural Material in Fixed Prosthodontics, *Acta stomatologica croatica*, **2015**, 49(2), 137-144
35. Excedent, *Fatete dentare*, Available from: <http://excedent.ro> , [Accessed 5th march 2020]

36. BruxZirZirconia, *BruxZir Solid Zirconia*, Available from: <http://bruxzir.com> , [Accessed 6thmay 2020]
37. Le Fu, HåkanEngqvist, WeiXia, Highly translucent and strong ZrO₂-SiO₂ nanocrystalline glass ceramic preparedby sol-gel method and spark plasma sintering with fine 3D microstructure for dental restoration, *Journal of the European Ceramic Society*, **2017**, 37, 4067-4081
38. R. Shahmiri, O.C. Standard, J.N. Hart, C.C. Sorrell, Opticalproperties of zirconia ceramics for esthetic dental restorations: a systematic review, *J. Prosthet. Dent* 119(1) (**2018**) 36–46.
39. Fernando Zarone , Maria Irene Di Mauro , Pietro Ausiello, GennaroRuggieroand Roberto Sorrentino, Current status on lithium disilicate and zirconia: a narrative review, *Zarone et al. BMC Oral Health* , **2019**, 19 (134), 1-14
40. S. Attachoo, Niwut Juntavee, Role of sintered temperature and sintering time on spectral translucence of nano-crystal monolithic zirconia, *J. ClinExp Dent***2019**, 11 (2) 46-53.
41. V. Preis , K.Grümser, S. Schneider-Feyrer, Michael Behr, Martin Rosentritt, Cycle-dependent in vitro wear performance of dental ceramics after clinical surface treatments, *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*, **2016**, 53,49-58.
42. L. Nistor, M. Grădinaru, R. Rica, P. Marasescu, M. Stan, H. Manolea, A. Ionescu, I. Moraru, ZirconiaUse in Dentistry – Manufacturing and Properties, *CurrentHealthSciences Journal* 45 (**2019**) 28-35.
43. E.Bajraktarova-Valjakova, V.Korunoska-Stevkovska, B.Kapusevska, N.Gigovski, C.Bajraktarova-Misevska, A.Grozdanov, Contemporary Dental Ceramic Materials, A Review: Chemical Composition, Physical and Mechanical Properties, Indications for Use, *Open Access Maced J Med Sci*. **2018** Sep 25; 6(9):1742-1755.
44. E.Kontonasaki 1,* , A. E. Rigos 2 , C. Ilia 3 and T. Istantos 4, Monolithic Zirconia: An Update to Current Knowledge. Optical Properties, Wear, and Clinical Performance *Dentistryjournal*, **2019**; 7(90) , 1-23
45. [Online] <https://www.ivoclar.com/>
46. S. Tektas, T. Thurnheer, T. Eliades, T. Attin, L. Karygianni, Initial Bacterial Adhesion and Biofilm Formation on Aligner Materials. *Antibiotics (Basel)*, **2020**, 9(12), 908
47. R. Huang, M. Li, RL. Gregory, Bacterial interctions in dental biofilm. *Virulence*, **2011**,2(5), 435-444
48. Heymann HO, Swift Jr EJ, Ritter AV. *Arta și știința stomatologiei operative a lui Sturdevant*-E-Book. Elsevier Științe ale Sănătății; 12 martie **2014**.

49. M.N. Aboushelib, A.J. Feilzer, C.J. Kleverlaan, Bonding to zirconia using a new surface treatment. *J Prosthodont.*, **2010**, **19**(5), 340-6.
50. G.M Souza, N.R. Silva, L.A. Paulillo, M.F. Goes, E.D. Rekow, V.P. Thompson, Bond strength to high-crystalline content zirconia after different surface treatments. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.*, **2010**, **93**(2), 318-23.
51. A. Della Bona, M. Borba, P. Benetti, D. Cecchetti, Effect of surfacetreatments on the bond strength of a zirconia-reinforced ceramic tocompositeresin. *Braz Oral Res.*, **2007**, **21**(1), 10-5.
52. Souza, C.M. Julio, Mota, R.C. Raquel, Sordi, B. Mariane, Passoni, B. Bernardo, Benfatti, M.A. Cesar, S. Ricardo, Biofilm Formation on Different Materials Used in Oral Rehabilitation. *Brazilian Dental Journal*, **2016**, **27**(2), 141-147
53. K. Zohra, D. Christopher, McTiernan, J.S. Erik, M. Thien-Fah, E.I. Alarcon, Bacterial biofilm formation on implantable devices and approaches to its treatment and prevention, *Heliyon*, **2018**, **4**(12)
54. Y. Yuan, M.P. Hays, P.R. Hardwidgeb, J. Kim, Surface characteristics influencing bacterial adhesion to polymeric substrates. *RSC Adv.*, **2017**, **7**, 14254
55. 179. R. Narasimhan Raghavan. *Ceramics in Dentistry, Sintering of Ceramics – New EmergingTechniques*, on www.intechopen.com.
56. 180. Diaz-Arnold AM, Vargas MA, Haselton DR. Current status of luting agents for fixed prosthodontics. *J Prosthet Dent* 1999;**81**:135-141.
57. 181. Oh WS, Shen C. ,. Effect of surface topography on the bond strength of a composite to three different types of ceramic, *J Prosthet Dent*. 2003 Sep;**90**(3):241-6.
58. 182. Pisani-Proenca J, Erhardt MC, Valandro LF, Gutierrez-Aceves G, Bolanos-Carmona MV, DelCastillo-Salmeron R, Bottino MA.,. Influence of ceramic surface condition ingand resincements on microtensile bond strength to a glass ceramic. *J Prosthet Dent*. 2006 Dec;**96**(6.
59. 183. De Munck J, Vargas M, Van Landuyt K, Hikita K, Lambrechts P, Van Meer-beek B.,. Bonding of an auto-adhesiveluting material to enamel and dentin., *Dent Mater* 2004;**20**:963-971.
60. 184. Bishara SE, Ostby AW, Ajlouni R, Laffoon JF, Warren JJ. ,. Earlyshear bond strength of a one-step self-adhesive on orthodontic brackets. *AngleOrthod*, 2006;**76**:689-693.
61. 185. Goracci C, Cury AH, Cantoro A, Papacchini F, Tay FR, Ferrari M.,. Microtensile bond strength and interfacial properties of self-etchingand self-adhesive resincements used to lute composite onlay sunder different seating forces. *J Adhes Dent* 2006;**8**:327-335.

62. 186. Abo-Hamar SE, Hiller KA, Jung H, Federlin M, Friedl KH, Schmalz G., Bond strength of a new universal self-adhesive resinluting cement to dentin and enamel. Clin Oral Investig 2005;9:161-167.
63. Dawod, N., Florescu, A., Antoniac, I.V., Stoia, D.I., Hancu, V., Biclesanu, F.C., The FEA Study of the Biomechanic Behavior of Canine Reconstructed with Composite Resin, Rev. Chim., 70(7), **2019**, 2456-2462.
64. Iulian Vasile Antoniac, Dan Ioan Stoia, Brandusa Ghiban, Camelia Tecu, Florin Miculescu, Cosmina Vigar, Vicentiu Saceleanu, Failure analysis of a Humeral Shaft Locking Compression Plate (LCP) – Surface Investigations and FEM Simulations, MDPI – Materials 12(6), 10.3390/ma12060871, **2019**
65. Marinescu, Rodica; Antoniac, Vasile Iulian; Stoia, Dan Ioan; Liptoiu, Dan Constantin, Clavicle anatomical osteosynthesis plate breakage - failure analysis report based on patient morphological parameters, Romanian Journal of Morphology and Embryology, vol. 58(2), pp. 593-598, WOS:000406647000033 **2017**
66. Mirela Toth-Tascau, Dan Ioan Stoia, Modeling and Numerical Analysis of a Cervical Spine Unit, Biologically Responsive Biomaterials for Tissue Engineering pp 137-171, Springer, **2012**
67. Kandziora, F. and K. Ludwig, Biomechanical assessment of four different anterior atlantoaxial plates. North American Spine Society 15 th Annual Meeting, **2000**.
68. Brinckmann, P., W. Frobin, and W.E. Gunnar, Musculoskeletal Biomechanics. **2000**, Stuttgart - New York: Thieme.
69. Drăgulescu, D., Modelarea în biomecanică. **2005**, București: Editura Didactică și Pedagogică.
70. Flavia Zardo Trindade, Luiz Felipe Valandro, Niek de Jager, Marco Antonio Bottino, Cornelis Johannes Kleverlaan, Elastic Properties of Lithium Disilicate Versus Feldspathic Inlays: Effect on the Bonding by 3D Finite Element Analysis, Journal of Prosthodontics 00 (**2016**) 1–7
71. A comparison of von Mises stress of inlays, onlays and endocrowns made from various materials and their bonding with molars in a computer simulation of mastication – FEA. Dental Materials. Młotkowski., Beata Dejak Andrzej. 7, 2020, Vol. 36. 854-864.