

**UNIVERSITATEA DE MEDICINĂ ȘI FARMACIE "VICTOR BABEȘ" DIN
TIMIȘOARA**

**FACULTATEA DE MEDICINĂ DENTARĂ
DEPARTAMENTUL I MD**

MODIGA CRISTINA



TEZA DE DOCTORAT

**EVALUAREA POLIMERILOR ȘI A PROCEDURILOR DE
PRELUCRARE A POLIMERILOR ÎN TEHNOLOGIA DENTARĂ**

REZUMAT

Conducător științific

PROF. UNIV. DR. HABIL. MEDA-LAVINIA NEGRUȚIU

Timișoara

2024

CUPRINS

LISTA LUCRĂRILOR ȘTIINȚIFICE PUBLICATE.....	V
LISTA ABREVIERILOR ȘI SIMBOLURILOR.....	VII
LISTA FIGURILOR.....	IX
LISTA TABELELOR.....	XIII
DEDICAȚIE	XIV
MULȚUMIRI.....	XV
INTRODUCERE.....	1
PARTEA GENERALĂ.....	3
1. Polimeri utilizați în tehnologia dentară.....	3
2. Procedee de prelucrare a polimerilor utilizate în tehnologia dentară.....	11
2.1 Tehnica tradițională.....	12
2.2 Tehnologii de turnare prin injectare.....	17
2.2.1 Metode de injectare chemoplastice (SR-Ivocap și procesul de injectare prin aspirație).....	18
2.2.2 Metode de injectare termoplastică.....	24
2.3. Metode de printare 3D.....	26
2.4. Proceduri de frezare CAD/CAM.....	29
PARTEA SPECIALĂ.....	31
3. Impactul metodologiilor de fabricație asupra rezistenței la încovoiere a protezelor totale: o investigație a influențelor tehnologice.....	33
3.1. Introducere.....	33
3.2. Material și metode.....	34
3.3. Rezultate.....	39
3.4. Discuții.....	42
3.5. Concluzii.....	44
4. Evaluarea mecanică a tehnologiilor de prelucrare a polimerilor protezelor dentare.....	45
4.1. Introducere.....	45
4.2. Material și metode.....	46
4.2.1. Proteze tradiționale.....	47
4.2.2. Proteze termoplastice injectabile.....	52
4.2.3. Proteze printate 3D.....	57
4.2.4. Tehnologia CAD/CAM.....	60
4.2.5. Încercări mecanice.....	61
4.2.6. Microscopie optică.....	62
4.2.7. Analiza statistică.....	62
4.3. Rezultate.....	63
4.4. Discuții.....	71
4.5. Concluzii.....	76
5. Evaluarea diferitelor tehnologii de prelucrare a polimerilor pentru proteze provizorii.....	77
5.1. Introducere.....	77
5.2. Material și metode.....	78
5.3. Rezultate.....	82
5.4. Discuții.....	85
5.5. Concluzii.....	86
6. Defectoscopia neinvazivă, evaluarea ajustării pe bont și adaptarea marginală a protezelor provizorii polimerice.....	87
6.1. Introducere.....	87

6.2. Material și metode.....	89
6.3. Rezultate și discuții.....	90
6.4. Concluzii.....	98
7.CONCLUZII ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE.....	101
BIBLIOGRAFIE.....	104
ARTICOLE PUBLICATE IN EXTENSO.....	I

Cu o experiență de peste treizeci de ani în cadrul Departamentului de Propedeutică și Materiale Dentare al Universității de Medicină și Farmacie "Victor Babeș" din Timișoara, călătoria mea a fost una de transformare și creștere profundă. Începând ca tehnician dentar și evoluând ca medic stomatolog, am fost privilegiată să asist la progresele remarcabile din domeniul medicinei dentare. Pe măsură ce lumea stomatologiei a trecut de la metodele tradiționale la era digitală, peisajul materialelor dentare și aplicațiile acestora a fost revoluționat. Opțiunile cândva limitate pentru crearea protezelor dentare totale s-au extins într-o gamă sofisticată de tehnici digitale, inclusiv sisteme CAD/CAM, care oferă o precizie și o estetică remarcabilă. Această teză este condusă de motivația de a explora și înțelege polimerii cei mai utilizați pe scară largă și tehnologiile lor de procesare. Investigațiile urmăresc să lumineze punctele forte și limitările acestor materiale și tehnici, oferind perspective asupra performanței și potențialului lor de dezvoltare viitoare. Această cercetare are rolul de a contribui la evoluția continuă a proteticii dentare, asigurându-se că progresele continuă să îmbunătățească calitatea tratamentelor dentare.

Având în vedere utilizarea pe scară largă a PMMA și durabilitatea sa dovedită în timp, acest material va fi punctul central al investigației din perspectiva performanței sale mecanice. Acest aspect urmărește să asigure că rezultatele studiului sunt aplicabile cât mai multor practicieni posibili.

Deoarece tratamentul pacienților edentați (parțial sau total), cât și al pacienților dentați, care necesită coroane, se bazează în mare măsură pe utilizarea polimerilor, este de mare interes să se investigheze aceste materiale. Înțelegerea proprietăților lor va permite îmbunătățirea îngrijirii pacienților, aplicarea corectă a tehnologiilor actuale și dezvoltarea unor practicieni bine informați.

Studiile au fost realizate în cadrul Catedrei de Tehnologie a Protezelor și Materialelor Dentare, Facultatea de Medicină Dentară; Centrul de Cercetare în Medicină Dentară Folosind Tehnologii Convenționale și Alternative, Departamentul de Protetică, Facultatea de Medicină Dentară, Universitatea de Medicină și Farmacie "Victor Babeș" din Timișoara; în colaborare cu Departamentul de Mecanică și Rezistența Materialelor, Universitatea "Politehnica" Timișoara și

Institutul de Cercetare pentru Biosecuritate și Bioinginerie, Facultatea de Agricultură, Universitatea de Științe ale Vieții Regele Mihai I. Colaborările interdisciplinare au permis realizarea unor perspective asupra vastului domeniu al polimerilor. Rezistența mecanică (au fost efectuate atât teste de forță de încovoiere, cât și teste de forță de compresie) a protezelor realizate prin intermediul tehnologiei de injectare s-a dovedit a prezenta performanțe mecanice mult mai bune decât metoda tradițională, metodele CAD/CAM (atât aditive, cât și substructive). Cu toate acestea, același proces de fabricație a arătat o variabilitate mult mai mare a rezultatelor și o predictibilitate mai mică, chiar dacă rezultatul mediu a avut performanțe mai bune în comparație cu celelalte metode.

Compararea polimerilor procesați prin diferite tehnologii se realizează și pe coroane provizorii. Rezultatele indică faptul că restaurările protetice provizorii frezate și injectate prezintă un efect citotoxic mai mic, care este asociat cu mai puține reziduuri monomere libere.

Împreună cu efectul citotoxic al restaurărilor protetice provizorii, performanța lor clinică a fost, de asemenea, evaluată utilizând tehnologia OCT. Acestea prezintă rezultate satisfăcătoare în ceea ce privește estetica și performanța funcțională pentru utilizarea pe termen scurt și mediu. Adaptarea marginală este bună, estetica este plăcută dacă nu este utilizată pentru durate lungi de timp.

Partea generală este alcătuită din două capitole care analizează literatura relevantă.

Aceste capitole sunt esențiale pentru înțelegerea semnificației studiilor efectuate în secțiunea de specialitate.

Capitolul 1 se referă la **Polimerii utilizați în tehnologia dentară**, în special polimetilmetacrilatul (PMMA). Sunt utilizați pe scară largă în tehnologia dentară pentru diverse aplicații, inclusiv repararea protezelor, căptușirea și crearea dinților protetici. PMMA este favorizat pentru biocompatibilitatea, estetica și ușurința de manipulare. Este de obicei furnizat ca un amestec pulbere-lichid, unde pulberea constă din PMMA cu culori și fibre adăugate, iar lichidul conține monomer metacrilat de metil, inhibitori și agenți de reticulare. Polimerizarea PMMA poate fi inițiată prin căldură, lumină sau mijloace chimice, rezultând diferite tipuri de materiale PMMA.

PMMA polimerizat termic este cel mai frecvent utilizat, necesitând o baie de apă pentru activare, în timp ce PMMA tratat cu microunde oferă timpi de polimerizare mai rapizi, dar necesită echipamente specifice. PMMA tratat la rece, sau tratat chimic, utilizează un inițiator chimic și nu are nevoie de căldură, deși are grade de polimerizare mai mici și potențiale reziduri de monomer. PMMA fotopolimerizabil utilizează lumina din spectrul vizibil, pentru a

activa un inițiator fotosensibil, permițând un control precis asupra procesului de polimerizare, dar este mai puțin frecvent utilizat din cauza costurilor și a provocărilor tehnice.

Poliariletercetona (PAEK) și derivații săi, inclusiv polieteretercetona (PEEK), câștigă, de asemenea, atenție în stomatologie datorită proprietăților mecanice excelente, biocompatibilității și rezistenței la coroziune și uzură. PEEK este deosebit de apreciat pentru natura sa ușoară, duritatea ridicată și compatibilitatea cu imprimarea 3D, făcându-l potrivit pentru diferite aplicații. Cu toate acestea, suprafața inertă a PEEK prezintă provocări pentru lipirea cu alte materiale, necesitând tratamente de suprafață pentru a spori aderența.

Studiile au arătat că PEEK poate fi utilizat în mod eficient pentru coroane temporare, proteze dentare fixe fixate în incrustații, pivot și bont, oferind performanțe comparabile sau superioare materialelor tradiționale, cum ar fi PMMA și aliajele metalice. Cu toate acestea, rezistența mecanică a PEEK necesită îmbunătățiri suplimentare prin armarea hibridă pentru aplicații pe termen lung. Potențialul PEEK în protezele parțiale mobile și protezele cu coroană telescopică este, de asemenea, notabil, oferind o retenție adecvată și beneficii estetice, reducând în același timp stresul asupra dinților stâlpi în comparație cu croșetele metalice tradiționale.

În general, în timp ce PMMA rămâne un element de bază în tehnica dentară, progresele în PEEK și alți polimeri extind posibilitățile pentru restaurări și proteze dentare durabile, biocompatibile și eficiente. Medicii stomatologi trebuie să ia în considerare proprietățile unice și adecvate fiecărui tip de polimer pentru a optimiza rezultatele pacientului.

Capitolul 2 discută diferitele **proceduri de prelucrare a polimerilor utilizate în tehnica dentară**. Tehnica tradițională pentru fabricarea protezelor totale implică mai multe etape. În primul rând, amprentele arcadelor edentate sunt realizate pentru a surprinde conformația structurilor orale. Modelele preliminare sunt turnate folosind metoda box-in. Portamprentele individualizate sunt apoi realizate pe aceste modele preliminare, asigurându-se că toate reperele anatomice sunt clare. Amprenta finală este realizată cu un material mai precis, cum ar fi siliconul. Conformația spațială a creștelor mandibulare și maxilare în relație centrică și dimensiunea verticală de ocluzie se determină cu ajutorul șabloanelor de ocluzie. Urmează realizarea machetei preliminare din ceară, cu montarea dinților din PMMA și proba acesteia în cavitatea bucală. Macheta finală este apoi ambalată. În tiparul rezultat este introdus și presat PMMA. După aplicarea regimului de polimerizare, proteza este dezambalată, prelucrată, lustruită și finisată.

Tehnologiile prin injectare pentru fabricarea protezelor dentare combat dezavantajele metodelor tradiționale, cum ar fi erorile de dozare PMMA și polimerizarea incompletă.

Această metodă utilizează echipamente specializate pentru a injecta polimer chemo- sau termoplastic într-un tipar. Asigură o mai bună adaptare și aspirație prin aplicarea presiunii în timpul injectării, compensând contracția polimerizării. Sisteme precum SR-Ivocap utilizează injectarea continuă de înaltă presiune, îmbunătățind precizia și necesitând mai puțină post-procesare. Metodele de injectare termoplastică, cum ar fi cele de la Girrbach-Dental și If Dental, utilizează temperaturi și presiuni ridicate pentru a modela eficient bazele protezelor dentare, deși necesită echipamente scumpe și au rezultate mixte în comparație cu metodele chemoplastice.

Metodele de printare 3D pentru fabricarea protezelor dentare încep cu realizarea unei amprente digitale a cavității orale a pacientului, folosind un scanner intraoral, asigurând o precizie și un confort ridicat. Datele digitale sunt utilizate pentru a crea modele detaliate ale structurilor dentare și anatomiei orale ale pacientului, care ghidează proiectarea și personalizarea protezelor, inclusiv dimensiunea verticală a ocluziei (DVO). Software-ul avansat, precum 3Shape ajută la selectarea și plasarea precisă a dinților pe arcada artificială.

Procedura de frezare CAD/CAM pentru protezele dentare începe cu obținerea unei amprente digitale detaliate a cavității orale a pacientului folosind un scanner intraoral. Datele obținute sunt apoi importate în software-ul CAD, unde tehnicianul dentar proiectează protezele, inclusiv șabloanele de ocluzie virtuale pentru dimensiunea verticală a ocluziei (DVO). Dinții protezei dentare sunt selectați dintr-o bibliotecă digitală și poziționați cu precizie pe arcada digitală. Odată ce designul este finalizat, fișierele digitale sunt pregătite pentru frezare. O freză CAM taie apoi cu precizie componentele protezei dintr-un bloc solid de material pe bază de PMMA. Protezele sunt apoi asamblate, conform ocluziei și sunt supuse unei inspecții finale înainte de a fi furnizate pacientului cu instrucțiuni de îngrijire ulterioară.

Partea specială prezintă patru studii care urmăresc să ofere informații asupra polimerilor utilizați în stomatologie și a proprietăților acestora, cu speranța de a permite formularea unor planuri de tratament cât mai adecvate.

Primul studiu al tezei de doctorat, prezentat în **capitolul al treilea**, se concentrează pe **Impactul metodelor de fabricație asupra rezistenței la încovoiere a protezelor totale: o investigație a influențelor tehnologice.**

Duritatea bazelor protezelor dentare este importantă pentru a asigura că presiunea masticatorie este distribuită uniform pe os, mucoasă și dinții restanți. Materialele cu un modul scăzut de elasticitate nu sunt adecvate, deoarece nu au rezistență la forțele de îndoire și sunt predispuse la deformare elastică. În schimb, materialele excesiv de

rezistente se pot sparge cu ușurință și nu au rezistența la impact necesară pentru a preveni ruperea bazelor protezelor. Forțele aplicate în timpul masticației și deglutiției pot determina îndoirea protezelor, menținând în același timp contactul ocluzal. În timp, îndoirea repetitivă poate duce la fracturi sau rupturi ale protezei, afectând adaptarea acesteia la modificările continue ale câmpului protetic.

Acest studiu evaluează rezistența la încovoiere a protezelor fabricate folosind trei metode diferite din același material PMMA termopolimerizabil. Testele de rezistență la încovoiere au fost realizate în colaborare cu Departamentul de Rezistență a Materialelor din cadrul Facultății de Construcții și Arhitectură din Timișoara. Rezultatele au fost publicate în Revista Română de Reabilitare Orală, Nr.1, 2024.

Au fost create probe, fiecare măsurând 40 x 40 x 3 mm, folosind trei metode de fabricație: Procesul de aspirație-injecție (alternanță vid-presiune) cu polimerizare la presiune continuă, tehnologia de injecție SR-Ivocap (IVOCLAR) cu polimerizare sub presiune constantă, tehnologia clasică folosind metoda manuală a presei de ambalare și polimerizarea tradițională la cald.

Toate probele au fost fabricate din același material: SR-Ivocap "Plus" High Impact (IVOCLAR), constând dintr-o pulbere PMMA și copolimer cu lichid de peroxid de dibenzoil. Probele au fost supuse polimerizării termice conform indicațiilor producătorului.

După încorporare, probele au fost tratate și completate folosind tehnici standard, apoi lăsate timp de o săptămână la 37 ° C în apă distilată. Acestea au fost supuse unui test de îndoire în 3 puncte folosind o presă hidraulică pentru a determina forța aplicată până când proba a cedat. Rezistența la încovoiere a fost calculată folosind formula:

$R_f = (3 \cdot P_{max} \cdot L) / (2BH^2)$, unde R_f este rezistența la încovoiere, P_{max} este forța maximă la randament, L este lungimea, B este lățimea și H este grosimea specimenului. Analiza statistică a fost efectuată utilizând SPSS și Microsoft Excel, cu diferențe semnificative evaluate folosind testele Mann-Whitney și Kruskal-Wallis.

Toate cele 24 de probe s-au fracturat sub stres, mai degrabă decât să cedeze prin flux, indicând fragilitate indiferent de metoda de fabricație. Valorile rezistenței la încovoiere au variat între 69,28 și 103,92 N/mm² pentru metoda clasică, cu o valoare medie de 86,6 ± 12,62% N/mm². Pentru metoda SR-Ivocap, valorile au variat între 110,08 și 140,11 N/mm², cu o medie de 125,1 ± 11,93% N/mm². Metoda de aspirație-injecție a arătat valori cuprinse între 114,67 și 145,93 N/mm², cu o medie de 130,3 ± 12,30% N/mm².

Metoda aspirație-injecție a produs valori ale rezistenței la încovoiere ușor mai mari decât metoda SR-Ivocap și semnificativ mai mari decât metoda clasică. Testul Kruskal-Wallis a

indicat diferențe semnificative între cele trei metode. Comparatiile utilizând testele Mann-Whitney au arătat diferențe semnificative statistic între metoda clasică și ambele metode de injectare, dar nu și între cele două metode de injectare.

Studiul concluzionează că metoda aspirație-injecție produce valori ale rezistenței la încovoiere are rezultate similare, dar puțin mai mari decât metoda SR-Ivocap și semnificativ mai mari decât metoda clasică. Metoda clasică are ca rezultat valori mai scăzute ale rezistenței la încovoiere și variații mai mari în condiții de îndoire. Performanța superioară a metodei de aspirație-injecție este atribuită termobaropolimerizării controlate, care implică aspirarea cavității tiparului, injecția de polimer sub presiune și monitorizarea termică continuă.

Al doilea studiu, prezentat în **capitolul al patrulea**, își propune să realizeze **evaluarea mecanică a tehnologiilor de prelucrare a polimerilor protezelor dentare**.

Având în vedere că populația vârstnică globală se așteaptă să depășească 2 miliarde până în 2050, cererea de proteze mobile este în creștere, în special în regiunile cu statut economic mai scăzut. Protezele mobile sunt importante pentru cei care nu pot sau nu doresc implanturi dentare. Sunt susceptibile la a se deteriora din cauza scăpării accidentale pe jos, subliniind necesitatea unor materiale durabile și rezistente. Polimetil-Metacrilatul (PMMA) este materialul principal utilizat pentru bazele protezelor dentare datorită versatilității și proprietăților mecanice benefice, care rezultă printr-o reacție în lanț de adiție. În ciuda avantajelor sale, PMMA prezintă limitări, cum ar fi rezistența slabă la încovoiere, susceptibilitatea la fractură și contracția în timpul polimerizării. Cercetările recente s-au concentrat pe îmbunătățirea PMMA prin copolimeri, armături din fibre și tehnici avansate de procesare, cum ar fi fabricarea CAD/CAM, pentru a depăși aceste dezavantaje.

Studiul a comparat rezistența la compresiune a protezelor totale realizate din PMMA folosind patru tehnici diferite de procesare: metoda tradițională, metoda injectării termoplastice, printarea 3D și tehnologia CAD/CAM substractivă. Fiecare tehnică a produs opt perechi de proteze, totalizând 16 proteze per metodă. Protezele dentare au fost testate folosind un aparat universal de testare pentru a reproduce presiuni similare cu cele întâlnite în cavitatea bucală.

Proteze tradiționale: fabricate folosind o metodă convențională de wax-up, în care dinții artificiali sunt fixați în ceară, care este apoi ambalată și înlocuită cu PMMA. Protezele sunt lustruite înainte de testare.

Proteze termoplastice injectate: realizate folosind un sistem de turnare prin injectare care implică inserarea acrilatului topit într-un tipar. Această metodă produce proteze mai dense și mai rezistente la fracturi.

Proteze dentare printate 3D: create din modele digitale și printate folosind rășini fotopolimerizabile. Această metodă permite personalizarea precisă, dar protezele printate au arătat performanțe mai scăzute în rezultatele preliminare.

Tehnologia CAD/CAM: utilizează discuri de PMMA pentru a crea proteze dentare atât cu baza, cât și cu dinții prelucrați într-un singur proces. Această tehnologie reduce fixarea manuală și permite o producție extrem de precisă și consecventă.

Testarea mecanică a implicat scufundarea protezelor dentare în apă distilată la 37°C timp de 24 de ore, apoi supunerea acestora la forțe de compresie până la fracturare. Curbele forță-deplasare au fost analizate, iar energia forței fracturii a fost calculată pe baza ariei de sub curbe.

Studiul a constatat diferențe semnificative în proprietățile mecanice ale protezelor dentare pe baza metodei de procesare utilizate:

Proteze tradiționale: prezintă forțe de fractură cuprinse între 2,25 kN și 7,89 kN, cu o medie de 4,54 kN, și energie de fractură între 1,16 kJ și 6,79 kJ, cu o medie de 3,58 kJ. Turnare prin injectare termoplastică: performanță superioară demonstrată cu forțe de fractură cuprinse între 14,14 kN și 28,17 kN (medie: 19,67 kN) și energii de fractură între 17,71 kJ și 88,37 kJ (medie: 49,47 kJ). Această metodă a produs cele mai mari valori de forță și energie, indicând o duritate superioară.

Tehnologia CAD/CAM: a dus la forțe de fractură între 3,73 kN și 6,28 kN (medie: 5,09 kN) și energii de fractură de la 3,34 kJ la 6,03 kJ (medie: 4,63 kJ). Aceste rezultate arată un echilibru bun între performanță și stabilitate.

Proteze printate 3D: au avut cele mai mici valori, cu forțe de fractură între 0,72 kN și 2,23 kN (medie: 1,51 kN) și energii de fractură cuprinse între 0,28 kJ și 1,35 kJ (medie: 0,81 kJ). Această metodă a prezentat o performanță slabă a forței și a energiei.

Analizele statistice folosind testele Kruskal-Wallis și Dunn au relevat diferențe semnificative între metode, turnarea prin injectare termoplastică depășind performanțele altora atât în ceea ce privește forța de fractură, cât și energia. Protezele printate 3D au arătat cea mai slabă performanță, în timp ce tehnologia CAD/CAM a demonstrat rezultate consistente.

Studiul a concluzionat că tehnologia de procesare a protezelor dentare afectează semnificativ proprietățile mecanice ale protezelor dentare. Turnarea prin injectare

termoplastică a furnizat cea mai mare forță de fractură și energie, făcându-l cea mai potrivită opțiune. Tehnologia CAD/CAM a arătat, de asemenea, rezultate bune, dar cu o variabilitate mai mică. În schimb, protezele printate 3D au avut rezultate slabe, indicând necesitatea unei îmbunătățiri suplimentare a tehnicilor de imprimare 3D pentru fabricarea protezelor dentare. Aceste constatări subliniază importanța selectării tehnologiilor de procesare adecvate pentru a spori durabilitatea și performanța protezelor detașabile. Cercetările viitoare ar trebui să exploreze proprietăți mecanice suplimentare și relevanță clinică pentru a înțelege pe deplin impactul diferitelor metode de fabricație asupra performanței protezei dentare.

Al **cincilea capitol** conține al **treilea studiu**, care reprezintă o **evaluare a diferitelor tehnologii de prelucrare a polimerilor pentru proteze provizorii**.

Restaurările dentare provizorii, esențiale pentru diagnosticarea și planificarea tratamentului, pot fi produse folosind atât tehnici tradiționale, cât și moderne, cum ar fi tehnologiile CAD/CAM. Avansarea metodelor de procesare a polimerilor - inclusiv sistemele aditive, substructive și CAD/CAM - a îmbunătățit calitatea și eficiența acestor restaurări temporare.

Acest studiu a evaluat patru tipuri de prelucrare a polimerilor pentru proteze parțiale fixe temporare: polimeri termoplastici armați cu fibră de sticlă, polimeri injectați, polimeri frezați și polimeri printați. Fiecare grup a fost comparat cu un grup de control folosind rășină acrilică tradițională autopolimerizabilă. Metodele au implicat polimeri termoplastici BioHPP și Pekkton® Ivory pentru injectare, PMMA pentru frezare și rășină UV temporară Detax Freeprint pentru imprimare. Tehnicile cheie au inclus utilizarea cuptoarelor de polimerizare specializate, a mașinilor de frezat și a luminii UV pentru polimerizare.

Evaluarea a implicat analiza radiografică și tomografia în coerență optică (OCT) pentru a detecta incluziunile de aer și defectele restaurărilor. Analiza microscopică a fost, de asemenea, efectuată pentru a măsura erorile de adaptare cervicală, arătând variații de potrivire între diferite metode.

Rezultatele au indicat că restaurările PMMA frezate au prezentat calități optice superioare și rezistență mecanică în comparație cu alte metode. Polimerii injectați s-au dovedit promițători pentru utilizarea pe termen lung în cazuri complexe. Tehnologiile CAD/CAM au oferit o precizie sporită, dar au necesitat o gestionare atentă pentru a evita erorile de proiectare. Tehnologiile aditive și substructive au avut fiecare avantaje și limitări specifice în ceea ce privește biocompatibilitatea, precizia adaptării și ușurința utilizării.

În concluzie, alegerea metodei de procesare a polimerilor are un impact semnificativ asupra succesului restaurărilor temporare. Polimerii frezați și injectați sunt eficienți, cu avantaje precum reducerea reziduurilor monomere și îmbunătățirea adaptării, în timp ce tehnologiile CAD/CAM sporesc precizia. Testarea completă a materialelor și luarea în considerare a tehnicilor de procesare sunt esențiale pentru rezultate protetice optime.

În capitolul al șaselea este prezentat cel de-al patrulea studiu, axat pe **defectoscoopia neinvazivă și evaluarea potrivirii pe bont și adaptarea marginală a protezelor provizorii polimerice**.

Studiul își propune să abordeze două aspecte cheie ale protezelor provizorii: detectarea defectelor interne și evaluarea preciziei de potrivire pe bonturile dentare. Protezele provizorii sunt esențiale în tratamentele dentare, deoarece oferă soluții temporare în timp ce se pregătesc restaurări permanente. Asigurarea potrivirii și funcționalității optime a acestora este importantă pentru succesul general al tratamentelor dentare.

Tehnicile de defectoscopie non-invazive sunt utilizate pentru a identifica defectele interne din cadrul protezelor provizorii fără a fi nevoie de teste distructive. Aceste tehnici includ tehnologii avansate de imagistică, cum ar fi tomografia în coerență optică (OCT) și radiografia cu raze X.

Tomografia în coerență optică (OCT): Această metodă imagistică oferă imagini transversale de înaltă rezoluție ale protezei, permițând detectarea incluziunilor și golurilor interne. OCT este deosebit de util pentru evaluarea interfeței dintre polimer și materialele de armare, cum ar fi fibra de sticlă. Studiul a utilizat modul Time Domain OCT pentru a evalua calitatea interfeței polimer-fibră de sticlă, dezvăluind potențiale defecte care ar putea compromite proprietățile mecanice ale protezei.

Radiografia cu raze X: Analiza radiografică a fost utilizată pentru a detecta incluziunile de aer și alte defecte în cadrul protezelor provizorii. Razele X au fost luate atât din perspectivă vestibulară, cât și ocluzală, evidențiind prezența bulelor de aer în rășinile autopolimerizabile. Aceste defecte pot reduce rezistența mecanică și longevitatea protezelor.

Evaluarea adaptării protezelor provizorii este esențială pentru a asigura ocluzia și funcția corespunzătoare. Studiul a folosit mai multe metode pentru a evalua adaptarea marginală:

Analiza microscopică: Un microscop digital a fost utilizat pentru a măsura adaptarea cervicală a protezelor. Rezoluția microscopului a permis examinarea detaliată a distanței dintre marginea coroanei și preparația marginală. Măsurătorile erorilor de adaptare

cervicală au fost înregistrate atât pentru restaurările printate 3D, cât și pentru cele frezate, oferind informații despre precizia diferitelor tehnici de fabricație.

Compararea tehnicilor: Studiul a comparat diferite metode de producere a protezelor provizorii, inclusiv tehnicile tradiționale care utilizează rășini autopolimerice, PMMA frezat și polimeri imprimați 3D. Fiecare metodă a fost evaluată pentru capacitatea sa de a produce restaurări cu adaptare marginală precisă și defecte minime.

Studiul a evidențiat câteva constatări cheie:

Defecte interne: Analizele OCT și cu raze X au arătat că incluziunile de aer și golurile la interfața polimer-fibră de sticlă ar putea submina protezele provizorii. Identificarea timpurie a acestor defecte permite îmbunătățirea materialelor și a proceselor de fabricație.

Adaptare marginală: PMMA frezat a demonstrat superioaritatea acestuia în comparație cu alte metode. Precizia tehnologiei de frezare a dus la mai puține erori de adaptare, făcându-l o opțiune viabilă pentru crearea de restaurări provizorii de înaltă calitate.

Considerații privind materialele și tehnologia: Studiul a subliniat importanța selectării materialelor și tehnologiilor adecvate pentru producerea protezelor provizorii.

Absența monomerilor reziduali în polimerii frezați și injectați a fost remarcată ca un avantaj semnificativ, reducând riscul inflamației parodontale și sporind biocompatibilitatea generală.

În concluzie, cel de-al patrulea studiu prezentat în capitolul șase oferă informații valoroase despre evaluarea protezelor provizorii polimerice. Prin utilizarea tehnicilor de defectoscopie non-invazive și evaluarea adaptării marginale, studiul contribuie la îmbunătățirea calității și eficacității restaurărilor dentare temporare. Rezultatele subliniază importanța imagisticii avansate și a fabricării de precizie în realizarea tratamentelor dentare de succes.

Pe baza revizuirii cuprinzătoare a literaturii de specialitate și a rezultatelor cercetării prezentate în această teză de doctorat, pot fi trase mai multe concluzii finale, care au implicații practice directe pentru tehnicienii dentari, medici stomatologi și, cel mai important, pentru pacienți. Obiectivul principal al cercetării a fost evaluarea eficacității și performanței diferitelor materiale polimerice și tehnici de prelucrare utilizate în restaurările dentare temporare și finale. Studiul a obținut cu succes rezultate satisfăcătoare și semnificative din punct de vedere statistic în această privință. Cu toate acestea, a evidențiat, de asemenea, domenii în care sunt necesare cercetări suplimentare, în special în ceea ce privește rezistența la compresiune și încovoiere a protezelor dentare

ca indicatori ai succesului terapeutic. Analiza a cuprins atât materialele, cât și tehnologiile de prelucrare, dezvăluind oportunități de rafinare și îmbunătățire ulterioară.

Studiul a constatat că protezele printate 3D, în ciuda avantajelor lor în ceea ce privește costul redus de fabricație și timpul redus de producție, au prezentat cea mai slabă rezistență la compresiune. Acest lucru sugerează că sunt necesare cercetări suplimentare pentru a explora materiale mai potrivite pentru imprimarea 3D și pentru a îmbunătăți caracteristicile imprimantelor 3D utilizate în aplicațiile dentare. Deși imprimarea 3D oferă beneficii precum reducerea risipei de materiale, ușurința în utilizare și un flux de lucru digital simplificat, îmbunătățirile în rezistența materialului ar putea spori semnificativ viabilitatea acestuia pentru producerea de restaurări dentare durabile.

În schimb, metodele de injectare a polimerilor au demonstrat rezultate superioare în ceea ce privește duritatea protezei finale, deși au prezentat un comportament mai volatil în comparație cu alte tehnici. Această variabilitate indică necesitatea unei perfecționări suplimentare pentru a obține rezultate mai consistente și mai previzibile. Protezele tradiționale și frezate, deși oferă o rezistență consistentă a materialului, nu au funcționat la fel de bine ca protezele injectate. Cu toate acestea, performanța similară a metodelor tradiționale și CAD/CAM (atât aditive, cât și substructive) sugerează că integrarea fluxurilor de lucru digitale în stomatologia modernă este avantajoasă. Chiar dacă metodele CAD/CAM dau rezultate ușor mai mici în comparație cu protezele injectate, performanța lor este comparabilă cu cea a metodelor tradiționale.

Studiul a arătat, de asemenea, că specișenele produse folosind metoda tradițională manuală de ambalare-presare au avut, în general, valori mai scăzute ale rezistenței la încovoiere comparativ cu cele realizate prin metode de injectare. În mod specific, rezistența maximă la încovoiere obținută prin metoda tradițională a fost mai mică decât rezistența minimă obținută prin metode de injectare. În plus, probele realizate folosind metoda tradițională au prezentat o variabilitate mai mare a rezistenței în condiții de îndoire, în concordanță cu rezultatele testelor de rezistență la compresiune. Abordarea prin aspirație-injecție, care implică aspirarea cavității tiparului și injectarea polimerului sub presiune și condiții termice controlate, a depășit metoda SR-Ivocap. Această abordare oferă valori mai mari și mai consistente ale rezistenței datorită procesului său controlat de termobaropolimerizare.

Restaurările protetice provizorii, indiferent dacă sunt printate, injectate, fotopolimerizate sau frezate, trebuie proiectate pentru a se potrivi îndeaproape cu rezultatul final al tratamentului în ceea ce privește dimensiunea, culoarea și forma. Testarea citologică a

materialelor noi este esențială pentru a asigura o biocompatibilitate ridicată și rezistență la aderența plăcii dentare înainte de utilizarea lor în cavitatea bucală. Un avantaj semnificativ al polimerilor măcinați și injectați este absența monomerului rezidual, care ajută la minimizarea inflamației parodontale și sporește succesul general al restaurărilor temporare.

Rezultatele studiului privind croșetelor polimerice termoplastice pentru protezele parțiale fixe evidențiază estetica lor excelentă, rezistența la coroziune și biocompatibilitatea. Cu toate acestea, este posibil ca aceste materiale să nu fie potrivite pentru pacienții cu bruxism, spații ocluzale mici sau nevoi protetice complexe. De asemenea, au o perioadă limitată de utilizare de 180 de zile și necesită spațiu și echipamente de laborator specializate. Tehnicile imagistice non-invazive, cum ar fi tomografia în coerență optică (OCT) și tomografia micro-computerizată (microCT) sunt de neprețuit pentru detectarea defectelor structurale înainte ca protezele să fie plasate în cavitatea bucală, asigurând succesul și longevitatea tratamentului. Aceste perspective subliniază importanța materialelor și tehnicilor moderne în îmbunătățirea protezelor dentare, recunoscând în același timp limitările și cerințele lor specifice.