

UNIVERSITATEA DE MEDICINĂ ȘI FARMACIE VICTOR BABEȘ TIMIȘOARA
FACULTATEA DE MEDICINĂ DENTARĂ
DEPARTMENTUL 1 MD

VASILIU ROXANA-DIANA



UNIVERSITATEA
DE MEDICINĂ ȘI FARMACIE
VICTOR BABEȘ | TIMIȘOARA

REZUMAT

**CARACTERIZAREA ȘI EVALUAREA PROPRIETĂȚILOR OPTICE ȘI DE
SUPRAFAȚĂ A MATERIALELOR INTEGRAL CERAMICE ÎN RAPORT CU
TERMOCICLAREA**

Conducător Științific
PROF. UNIV. DR. POROJAN LILIANA

**TIMIȘOARA
2020**

Cuprins

PARTEA GENERALĂ	4
1. Materiale integral ceramice	4
1.1. Clasificarea materialelor integral ceramice după compoziție și microstructură	4
1.2. Clasificarea materialelor integral ceramice după procesare	4
1.3. Implicațiile clinice a sistemelor integral ceramice	5
1.3.1. Influența mediului introral	5
1.3.2. Cimentarea restaurărilor integral ceramice	5
2. Evaluarea restaurărilor integral ceramice	6
2.1. Evaluarea proprietăților optice	6
2.2. Caracterizarea microstructurală și de suprafață	6
2.3. Evaluarea adaptabilității	7
PARTEA EXPERIMENTALĂ	7
3. Evaluarea caracterului optic a restaurărilor integral ceramice raportat la factorii interni și externi	7
3.1. Scopul studiului	7
3.2. Material și metodă	7
3.3. Rezultate și discuții	7
4. Caracterizarea microstructurală, de topografie și de duritate a materialelor integral ceramice raportate la îmbătrânirea termică	8
4.1. Scopul studiului	8
4.2. Material și metodă	8
4.3. Rezultate și discuții	8
5. Evaluarea adaptabilității restaurărilor integral ceramice	9
5.1. Scopul studiului	9
5.2. Material și metodă	9
5.3. Rezultate și discuții	10
CONCLUZII	10
BIBLIOGRAFIE	11

Cuvinte cheie : ceramic sticloasă, termociclare, proprietăți optice, proprietăți mecanice, caracterizarea de suprafață, microscopie atomică de forță.

INTRODUCERE

Acest subiect de cercetare a fost selectat datorită dezvoltării rapide a materialelor ceramice care pot fi prelucrate utilizând tehnologii computerizate convenționale și subtractive.

Restaurările din ceramică au reprezentat întotdeauna o alegere în tratamentele estetice, dar din cauza lipsei de rezistență mecanică au fost adesea înlocuite cu restaurări metal-ceramice. Dezvoltarea intensă a acestor materiale în stomatologia restaurativă a dus la noi studii. Acest lucru explică ampla extindere în cercetarea acestor materiale având ca rezultat apariția numeroaselor studii în publicații de prestigiu (1).

Scopul acestei cercetări a fost de a evalua modul în care aceste materiale noi pot aduce beneficii atât doctorilor stomatologi cât și pacienților. Materialele vitroceramice sunt materiale inerte și biocompatibile, determinând o stabilitate crescută în mediul oral. Sticla ceramică și sticla ceramică armată sunt materiale esențiale utilizate în stomatologia restaurativă datorită stabilității cromatice, rezistenței mecanice și a biocompatibilității. Aspectul lor asemănător smalțului dentar datorat translucidenței și texturii lor, le face să fie considerate ca prima alegere în tratamentele estetice (2).

Materialele dentare ceramice și tehnologiile lor de prelucrare reprezintă subiecte importante pentru echipa noastră de cercetare de la Disciplina Tehnologiei Protezelor Dentare, iar numeroase articole și proiecte stau dovadă. Dezvoltarea extinsă a materialelor a motivat și provocat echipa să înceapă această cercetare.

Dezvoltarea rapidă a materialelor și tehnologiilor necesită studii suplimentare cu privire la capacitatea lor optică, mecanică și de adaptabilitate a restaurărilor din ceramică, obținute prin presare termică și frezare.

Obiectivele științifice ale acestei cercetări:

1. Evaluarea comparativă a proprietăților optice pe diferite tipuri de ceramic sticloasă obținute prin presare la căldură și tehnologii subtractive CAD / CAM .
2. O evaluare comparativă microstructurală, topografică și a durității la nivelul ceramici sticloase procesate cu ajutorul tehnologiilor de presare termică și tehnologii subtractive după termociclare.
3. Evaluarea adaptabilității coroanelor dentare ceramice, procesate prin presare termică și frezare după procesul de îmbătrânire termică.

Această cercetare a avut la bază o abordare multidisciplinară pentru a evalua aceste materiale ceramice din perspectiva diferitelor domenii științifice, cum ar fi mecanica, optica, tehnologiile digitale și tehnologiile de caracterizare a suprafețelor.

PARTEA GENERALĂ

1. MATERIALELE INTEGRAL CERAMICE

Ceramica dentară este în prezent utilizată pe scară largă în stomatologia restaurativă, ca urmare a aspectului estetic excelent, datorită proprietăților optice (translucidență, opalescență și fluorescență), stabilității cromatice și înaltă biocompatibilitate (3).

Tipurile de ceramică nou dezvoltate oferă în egală măsură nu numai o estetică excelentă, ci și calități mecanice bune. Aceste proprietăți fac ca restaurările integral din ceramica să fie superioare restaurărilor metalo-ceramice(4).

Dezvoltarea tehnologică în domeniul dentar și în special în zona de cercetare ceramică a condus la obținerea restaurărilor care nu necesită schelete metalice, ci sunt integral ceramice (5).

1.1. CLASIFICAREA SISTEMELOR INTEGRAL CERAMICE ÎN CONFORMITATE CU COMPOZIȚIA CHIMICĂ ȘI MICROSTRUCTURA LOR:

Ceramica microstructurală dentară este compusă din două faze: o fază sticloasă care contribuie la estetică și o fază cristalină, care este responsabilă de proprietățile mecanice ale ceramicii. Dimensiunea granulației este, de asemenea, esențială pentru tipurile de ceramica funcțională, având un impact direct asupra fricțiunii suprafeței și rezistenței la uzură.

1.2. CLASIFICAREA CERAMICILOR ÎN CONFORMITATE CU TEHNOLOGIILE DE PRELUCRARE ȘI PROCESELE DE FINALIZARE:

Materialele ceramice pot fi prelucrate folosind tehnologii convenționale sau digitale. Tehnologiile convenționale includ condensarea pulberii, turnarea prin presarea la caldura (turnare prin injectare sau tehnica cerii pierdute). Presarea termică a fost folosită la început numai pentru ceramica armată cu leucit. Ceramicile sticloase armate cu disilicat de litiu și cea cu silicat de litiu armate cu zirconia reprezintă a doua generație de ceramici procesate folosind aceasta metodă convențională (6).

Tehnologiile moderne utilizate pentru prelucrarea materialelor ceramice constau în tehnologii digitale, subtractive și aditive. Două metode se folosesc pentru procesele de substracție a blocurilor prefabricate CAD / CAM. Primul, cunoscut și sub numele de frezare în stare sinterizată, procesează un bloc complet sinterizat pentru a obține restaurările finite. Acest lucru poate duce la uzura excesivă a echipamentelor și defecte multiple în piesa protetică finită (7). A doua metodă dezvoltată, cunoscută sub numele de frezare verde, utilizează numai materiale parțial sinterizate.

Au fost dezvoltate noi tehnologii active de obținere a ceramicii dentară. Câteva exemple de tehnologii utilizate în acest domeniu: Sinterizare Laser Selectivă, Imprimare

Alături de tehnologiile de procesare, un alt aspect important este finisarea materialelor ceramice. Glazurarea și lustruirea afectează în mod diferit rugozitatea suprafeței finale a ceramicii dentare. Kawai și colab., (9) au descoperit că probele glazurate sunt susceptibile la o depunere ridicată unei cantități de placă în comparație cu suprafețele lustruite. Glazurarea poate crea suprafețe mai aspre și neregulate, ceea ce poate duce la aderența plăcii. Un alt studiu (10) a concluzionat că suprafețele ceramice glazurate prezintă o suprafață mai aspră în comparație cu cele lustruite.

1.3. IMPLICAȚII CLINICE ALE SISTEMELOR CERAMICE:

Ceramica sticloasă, cum ar fi ceramica feldspatică și ceramica armată cu leucit, poate fi utilizată numai pentru restaurări unidentare, cum ar fi fațete, inlay-uri, onlay-uri, coroane anterioare sau posterioare datorită rezistenței lor reduse la forțele de flexiune (154 Megapascali și 160 Megapascali). Ceramica cu silicat de litiu armată cu zirconia este potrivită pentru coroanele dentare susținute de implanturi datorită rezistenței sale ridicate la flexiune, 420 Megapascali. Restaurările unidentare, fațetele, incrustările, coroanele și coroanele parțiale, reprezintă cea mai bună indicație pentru aceste materiale ceramice.

Ceramica cu disilicat de litiu este indicată pentru toate tipurile mai sus menționate și, de asemenea, pentru protezele parțiale fixe cu maximum 3 unități, datorită fazei lor cristaline ridicate și rezistenței la flexiune (360-400 Megapascali).

1.3.1. INFLUENȚA MEDIULUI ORAL ASUPRA TIPURILOR DE CERAMICĂ:

În cavitatea bucală, restaurările ceramice sunt supuse la solicitări externe precum temperaturile ridicate și scăzute, care pot duce, în timp, la fisuri și pierderea rezistenței materialului folosit (11, 12).

Mediul oral poate fi reprodus in vitro utilizând parametri standardizați. De obicei, ciclurile pot fi între 600-50000, iar un an este reprezentat de 10.000 de cicluri (13).

Băuturile acide influențează comportamentul optic al ceramicii. După un timp, schimbările de culoare au avut loc după scufundarea probelor în suc de portocale și cola, iar opacitatea crescută a apărut după imersiunea în cafea (14). Studii recente investighează rolul acidului gastric artificial în combinație cu periajul dinților asupra rugozității suprafeței și a proprietăților optice (15).

1.3.2. CIMENTARE RESTAURĂRI DENTARE DIN CERAMICĂ INTEGRALĂ:

Materialele ceramice prezintă rezistențe mecanice scăzute, ceea ce înseamnă că metoda de cimentare selectată are un impact direct asupra sarcinii de fractură a restaurărilor ceramice. Inițial, restaurările ceramice posterioare au fost cimentate folosind tipuri convenționale de fosfat de zinc de ciment sau ionomeri de sticlă.

Studiile au demonstrat că restaurările ceramice posterioare cimentate cu tehnica adezivă au o rezistență la fracturare semnificativ mai mare comparativ cu tehnicile convenționale(16).

Ionomerii din sticlă modificată cu rășină fotopolimerizată au fost proiectați

pentru a combina avantajele ionomerilor din sticlă cu rășinile compozite.

2. EVALUAREA RESTAURĂRILOR DENTARE INTEGRAL CERAMICE

2.1. EVALUAREA COMPORTAMENTULUI OPTIC:

Proprietățile optice ale ceramicii sunt determinate de compoziție și dimensiunile cristalelor (17). Trei fenomene distincte determină comportamentul optic al ceramicii: refracția, devierea și transmisia totală a luminii (18). Aceste interacțiuni sunt dependente de lungimea de undă a luminii. Procedura clinală standard de preluare vizuală a culorii poate fi afectată de factori precum experiența, defectele de percepție a culorii de către evaluator și calitatea luminii (19-21). Pentru a îmbunătăți înregistrarea culorilor, au fost inventate dispozitive de preluare a umbrelor. Există trei categorii distincte: colorimetre, spectroradiometre și spectrofotometre (22).

2.2. CARACTERIZAREA MICROSTRUCTURALĂ, TOPOGRAFICĂ ȘI A MICRO-DURĂȚII:

Există evaluări nedistructive (NDE) care permit și încurajează studierea ceramicii în toate domeniile. Testarea nedistructivă este utilă în detectarea, localizarea și măsurarea defectelor structurii ceramice. Defectele și porozitatea trebuie măsurate și evaluate, deoarece pot schimba rezistența și longevitatea restaurărilor. În general, ceramica monolitică prezintă unele defecte și porozități, iar ceramica hibridă care conține și rășini poate afișa porozitatea interlaminară și procesează goluri induse (23). Exemple de analize structurale nedistructive sunt evaluarea tomografiei computerizate (CT), evaluarea cu ultrasunete, profilometria, microscopia cu forță atomică (AFM), microscopia electronică cu scanare (SEM) și microscopia electronică cu scanare a mediului (ESEM).

Tomografia computerizată și analiza ultrasonică oferă o evaluare utilă a porilor și fisurilor din structura ceramicii.

2.3 EVALUAREA ADAPTABILITĂȚII MARGINALE ȘI INTERNE

Au fost dezvoltate diferite metode de măsurare și pot avea o influență asupra valorilor finale pentru adaptabilitatea marginală a coroanelor dentare din ceramică. Tehnicile de amprentare și examinarea vizuală se bazează pe experiența cercetătorului, iar aceasta este adesea influențată de subiectivism (24). Un alt factor care influențează aceste tehnici este locația liniei de demarcație. Este mai greu să evaluezi obiectiv decalajul marginal atunci când linia de demarcație este subgingivală (25). Cea mai utilizată metodă este tehnica de replică. Acesta constă în utilizarea unei replici de silicon cu vâscozitate redusă, dar poate induce la rezultate inexacte. Replica de silicon poate fi deteriorată odată îndepărtată din coroană (26).

Alte metode constau în profilometrie, microscopie electronică de scanare (SEM), stereomicroscopie optică și micro-CT (27).

PARTEA EXPERIMENTALĂ

3. EVALUAREA COMPORTAMENTULUI OPTIC A MATERIALELOR INTEGRAL CERAMICE ÎN RAPORT CU FACTORII EXTRINSECI ȘI INTRINSECI

3.1.Scopul studiului:

A fost de a evalua efectul factorilor intrinseci (tipul de ceramică, tehnologia de procesare) și a factorilor extrinseci (diferite băuturi, valori diferite ale pH-ului, termociclarea) asupra proprietăților optice a materialelor integral ceramice.

3.2.Material și metodă:

În primul studiu s-au inclus ceramici sticloase feldspatice și armate cu leucit ($n=16$) obținute prin presare la cald. Acestea au fost împărțite în două grupuri, cu o grosime de 1mm a probelor și cu o grosime de 2 mm a probelor. Comportamentul optic s-a evaluat cu un spectrofotometru de laborator.

Al doilea studiu a investigat două tipuri de ceramică sticloasă ($n=24$), o ceramică feldspatică și o ceramică armată cu disilicat de litiu obținute prin presare la cald. Probele au fost imersate în ceai negru ($pH=6,5$ și o temperatură de 55°Celsius), băuturi acidulate ($pH= 2,5$ și o temperatură de 4°Celsius) și apă distilată ($pH=7$ la temperaturii camerei). Probele au fost imersate pentru 72 de ore.

În al treilea studiu s-au evaluat ceramici procesate substractiv și prin presare la cald ($n=48$), ceramică feldspatică, ceramică armată cu disilicat de litiu și ceramică armată cu zirconiu pe bază de litiu silicat. După obținerea probelor acestea au glazurate pe o parte și lustruite pe cealaltă parte, apoi termociclate timp de 10, 000 de cicluri. Înainte și după termociclare probelor au fost înregistrate cu un spectrofotometru de cabinet.

3.3. Rezultate și discuții:

Prelucrările de suprafață (glazurarea și lustruirea) și grosimea materialului ceramic influențează proprietățile optice ale materialului ceramic. Spectrofotometria de masă a relevat că există diferențe nesemnificative ale reflectanței între materialele studiate.

Diferențele de pH și de temperatură nu au produs modificări semnificative la nivelul probelor testate, în schimb coloranții din băuturile utilizate pot determina modificări optice.

Cele mai bune rezultate raportate la transluciditate au fost identificate pentru ceramicile feldspatice frezate, urmate de ceramicile armate cu litiu disilicate frezate și presate. Raportat la opalescență valori crescute au fost raportate pentru ceramica armată cu zirconia și litiu silicat atât frezată, cât și presată.

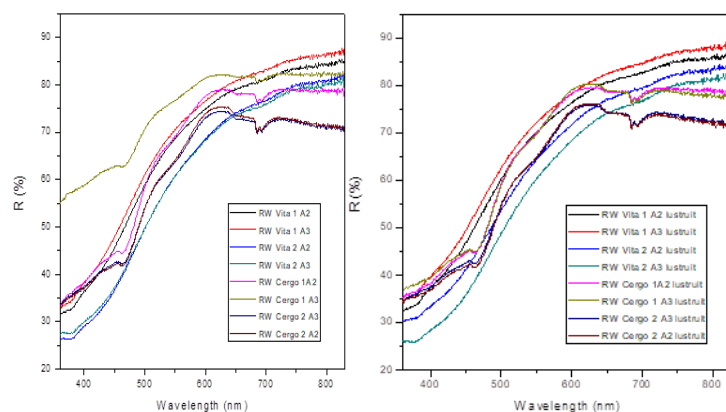


Figura 1. Valorile obținute prin spectrofotometrie .

4. CARACTERIZAREA MATERIALELOR CERAMICE DIN PUNCT DE VEDERE MICROSTRUCTURAL, TOPOGRAFIC ȘI AL MICRODURITĂȚII ÎN RAPORT CU ÎMBĂTRÂNIREA TERMICĂ

4.1. Scopul studiului:

A fost de a evalua microstructura, textura suprafețelor și comportamentul biomecanic ale ceramicilor sticloase obținute prin presare la cald și substractiv, după imersarea în diferite medii cu pH-uri diferite și după termociclare.

4.2. Material și metodă:

În acest studiu s-au inclus ceramici obținute prin presare la cald și ceramici obținute prin frezare CAD/CAM.

Ceramicile obținute prin presare la cald studiate sunt ceramica leucitică , ceramica feldspatică, ceramica armată cu disilicat de litiu, ceramica armată cu zirconia pe bază de litiu silicat.

Ceramicile procesate substractiv sunt ceramica feldspatică, ceramica armată cu disilicat de litiu, ceramica armată cu zirconia pe bază de litiu silicat.

După obținerea probelor acestea au fost glazurate pe o parte și lustruite pe cealaltă parte, apoi termociclate timp de 10, 000 de cicluri. Rugozitatea de suprafață a fost măsurată pe fiecare față a ceramicii cu un profilometru de contact înainte și după termociclare. Microscopia de forță atomică (AFM) și microscopia electronică (SEM) au fost folosite pentru a caracteriza suprafețele ceramice. Microdurimetrul Vickers s-a utilizat pentru testarea microdurității probelor ceramice.

4.3. Rezultate și discuții:

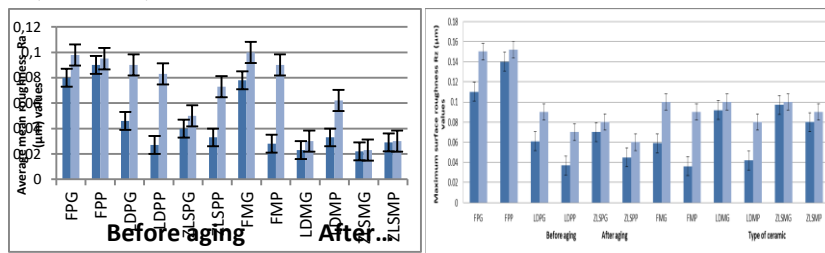


Figura 2. Rezultatele obținute –înainte și după termociclarea probelor.

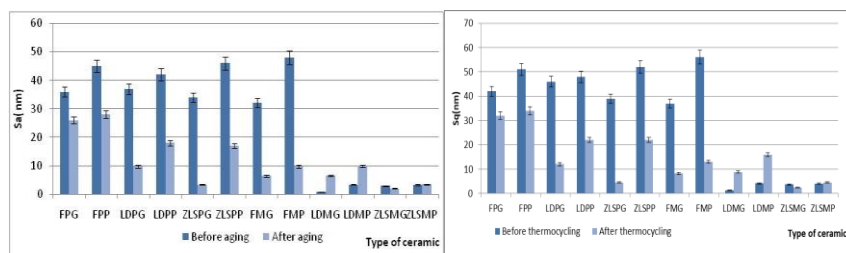


Figura 3. Rezultatele obținute – înainte și după termociclarea probelor ceramice.

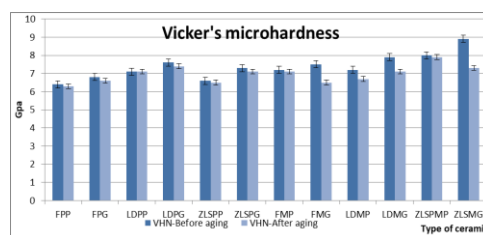


Figura 4. Rezultatele obținute – înainte și după termociclarea probelor ceramice.

Valori ridicate ale microrugozităților au fost evaluate pentru probele ceramice obținute prin presare, în special pentru ceramica feldspatică glazurată și lustruită. Termociclarea a influențat dublarea valorilor microrugozității pentru ceramicile presate și frezate armate cu disilicat de litu (Figura 2).

Valorile nanorugozității au fost ridicate pentru cele trei tipuri de ceramică presată și scăzute pentru ceramicile frezate. Termociclarea a influențat scăderea nanorugozităților pentru ceramicile presate (Figura 3).

Valorile microdunităților au fost crescute pentru probele ceramice armate cu zirconia și litu silicat, precum și pentru cele armate cu disilicat de litu obținute prin presare și frezate. Probele ceramice glazurate au prezentat valorile ale microdunității crescute comparativ cu cele lustruite (Figura 4).

Prezentele studii promovează ceramicile frezate cu valori scăzute ale microrugozităților și nanorugozităților, precum și microdunități crescute. Glazurarea suprafețelor ceramice este indicată în îmbunătățirea rezistenței piesei ceramice (31-35).

5. EVALUAREA ADAPTABILITĂȚII INTERNE ȘI MARGINALE A CERAMICILOR MONOLITICE INTEGRAL CERAMICE

5.1. Scopul studiului:

A fost de a investiga adaptabilitatea restaurărilor monolitice din diverse tipuri de ceramică, obținute prin diverse procedee tehnologice și termociclarea în vitro.

5.2. Material și metodă:

Pentru acest studiu s-a preparat un premolar superior, a fost scanat digital și s-au realizat 32 de bonturi prin metoda aditivă (stereolitografia). Bonturile au fost împărțite în patru grupuri (n=8) în raport cu tipul de material studiat (ceramică feldspatică și ceramica armată cu zirconia și litiu silicat) și cu tehnologia de procesare (presare la cald și frezare substractivă).

După obținerea restaurărilor ceramice prin cele două metode și din cele două tipuri de materiale, acestea s-au termociclat. Înainte de termociclare s-au realizat replicile de silicon. Acestea au fost secționare și fotografiate cu o scală de sută de microni. Spațiul dintre bonturile aditive și coroanele ceramice a fost evaluat în nouă puncte. După termociclarea coronelor cimentate pe bonturi s-a utilizat o analiza de tipul micro-CT.

5.3. Rezultate și discuții:

Înainte de termociclare, în urma evaluării cu ajutorul replicii de silicon valorile adaptării marginale au fost scăzute pentru restaurările din ceramică feldspatică frezată, urmată de cerama armată cu zirconia și litiu silicat frezate (Figura 5).

După termociclarea, investigațiile micro-CT au relevat diferențe nesemnificative legate de adaptarea marginală și internă (Figura 6).

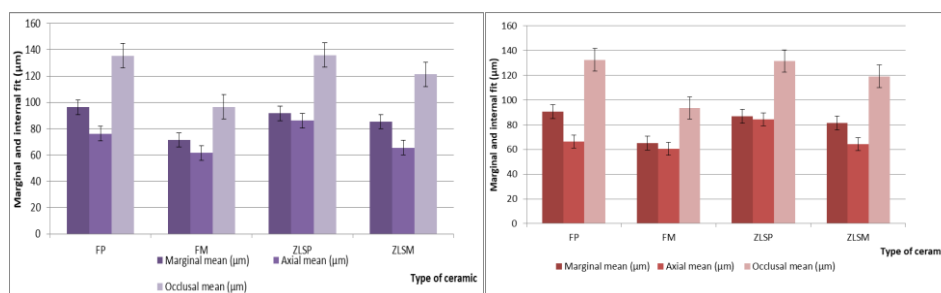


Figura 5. Rezultatele obținute înainte și după termociclare restaurărilor ceramice.

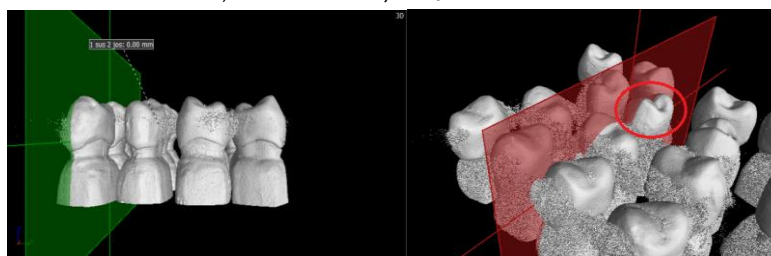


Figura 6. Imagini micro-CT

CONCLUZII:

1. Primele studii au relevat că materialele ceramice reacționează diferit la factorii extrinseci pe baza microstructurii lor.

PH-ul și temperaturile diferite nu au influențat proprietățile optice (transluciditatea și opalescența) ceramicii dentare după 72 de ore, cu toate acestea, coloranții găsiți în băuturi au făcut-o.

Grosimea materialelor ceramice influențează proprietățile optice ale restaurărilor/reconstrucțiilor, translucidității și opalescenței.

Tratamentele de suprafață joacă un rol semnificativ în proprietățile optice ale ceramicii. Vitrea și lustruirea au un efect semnificativ asupra comportamentului optic al ceramicii. Ceramica feldspatică prezintă proprietăți optice mai bune atunci când este smaltuită; vitroceramica cu disilicat de litiu și vitroceramica armată cu zirconiu pot fi lustruite sau smaltuite. Procesul de îmbătrânire termică are un impact semnificativ asupra comportamentului optic al măcinării și, în principal, al ZLSM.

2. Aceste studii au concluzionat că microstructura materialelor ceramice are un impact semnificativ asupra topografiei și comportamentului de micro-duritate al vitroceramicii. Îmbătrânirea termică a modificat semnificativ materialele ceramice măcinate, crescând rugozitatea suprafeței și scăzând micro-duritatea. Straturile de smalt au fost primele afectate de îmbătrânirea termică, în comparație cu suprafața lustruită.

3. Utilizarea tehnologiilor aditive pentru modelele de ceară și bonturile de rășină a reprezentat o alternativă utilă și controlată la fabricarea convențională, fiind mai precisă și consumând mai puțin timp. Procesele tehnologice influențează capacitatea marginală și internă a coroanelor în favoarea tehnologiei CAD / CAM. Un alt aspect important este că procesele de cristalizare după frezare în coroane dentare parțial cristalizate pot influența negativ adaptabilitatea marginală și internă.

Bibliografie:

1. Snyder MD, Hogg KD. Load to fracture value of different all-ceramic crown systems. J Contemp Dent Pract:6(4):1-6.
2. Cha Y, Yang J, Lee S. Comparative study on the fracture strength of Empress II ceramic and Targis-Vectris crown. J Korean Acad Prosthodont :39 (6):599-610.
3. Rosenblum MA, Schulman A. A review of all-ceramic restorations. J Am Dent Assoc. 1997;128(3):297-307. doi:10.14219/jada.archive.1997.0193McLean JW. Evolution of dental ceramics in the twentieth century [published correction appears in J Prosthet Dent 2001 Apr;85(4):417]. J Prosthet Dent. 2001;85(1):61-66. doi:10.1067/mpr.2001.112545
4. McLean JW. Evolution of dental ceramics in the twentieth century. J Prosthet Dent 2001;85(1):61-66.

5. Sailer I, Pjetursson BE, Zwahlen M, Hämmerle CH. A systematic review of the survival and complication rates of all-ceramic and metal-ceramic reconstructions after an observation period of at least 3 years. Part II: Fixed dental prostheses [published correction appears in Clin Oral Implants Res. 2008 Mar;19(3):326-8]. Clin Oral Implants Res. 2007;18 Suppl 3:86-96. doi:10.1111/j.1600-0501.2007.01468.x.
6. El-Mowafy O, Brochu JF. Longevity and clinical performance of IPS-Empress ceramic restorations--a literature review. J Can Dent Assoc. 2002;68(4):233-237.
7. Kelly JR. Dental ceramics: what is this stuff anyway?. J Am Dent Assoc. 2008;139 Suppl:4S-7S. doi:10.14219/jada.archive.2008.0359
8. Hench LL. Bioceramics: from concept to clinic. J Am Ceramic Soc. 1991;74:1487–1510.
9. Kawai K, Urano M, Ebisu S. Effect of surface roughness of porcelain on adhesion of bacteria and their synthesizing glucans. J Prosthet Dent. 2000;83(6):664-667.
10. Motro PF, Kursoglu P, Kazazoglu E. Effects of different surface treatments on stainability of ceramics. J Prosthet Dent. 2012;108(4):231-237. doi:10.1016/S0022-3913(12)60168-1
11. Rosenstiel SF, Gupta PK. .Strength of a dental glass-ceramic after surface coatingDental Materials Volume 9, Issue 4, July 1993, Pages 274-279.
12. Asaka Y, S. Amano S, Rikuta A. Influence of Thermal Cycling on Dentin Bond Strengths of Single-step Self-etch Adhesive Systems. Operative dentistry 2007, Volume 32, Issue 1.
13. Kumagai H, Suzuki T, Hamada T, Sondang P, Fujitani M, Nikawa H. Occlusal force distribution on the dental arch during various levels of clenching. J Oral Rehabil. 1999;26(12):932-935. doi:10.1046/j.1365-2842.1999.00473.x
14. Kuehni FG, Marcus RT. An experiment in visual scaling of small color differences. Color Res Appl 1979;4:83–91.
15. Seghi RR, Johnston WM, O'Brien WJ. Performance assessment of colorimetric devices on dental porcelains. J Dent Res. 1989;68(12):1755-1759. doi:10.1177/00220345890680120701
16. Yu B, Ahn JS, Lee YK. Measurement of translucency of tooth enamel and dentin. Acta Odontol Scand. 2009;67(1):57-64. doi:10.1080/00016350802577818
17. Harianawala HH, Kheur MG, Apte SK, Kale BB, Sethi TS, Kheur SM. Comparative analysis of transmittance for different types of commercially available zirconia and lithium disilicate materials. J Adv Prosthodont. 2014;6(6):456-461. doi:10.4047/jap.2014.6.6.456
18. Awada A, Nathanson D. Mechanical properties of resin-ceramic CAD/CAM restorative materials. J Prosthet Dent. 2015;114(4):587-593. doi:10.1016/j.prosdent.2015.04.016
19. O'Keefe KL, Pease PL, Herrin HK. Variables affecting the spectral transmittance of light through porcelain veneer samples. J Prosthet Dent. 1991;66(4):434-438. doi:10.1016/0022-3913(91)90501-m

20. Johnston WM, Ma T, Kienle BH. Translucency parameter of colorants for maxillofacial prostheses. *Int J Prosthodont*. 1995;8(1):79-86..
21. Wang F, Takahashi H, Iwasaki N. Translucency of dental ceramics with different thicknesses. *J Prosthet Dent*. 2013;110(1):14-20. doi:10.1016/S0022-3913(13)60333-9
22. Hasegawa A, Ikeda I, Kawaguchi S. Color and translucency of in vivo natural central incisors. *J Prosthet Dent*. 2000;83(4):418-423. doi:10.1016/s0022-3913(00)70036-9
23. Todorovic, A., Radovic, K., Grbovic, A., Rudolf, R., Maksimovic, I., Stamenkovic, D. (2010). Stress analysis of a unilateral complex partial denture using the finite-element method. *Materiali in Tehnologije –Materials and Technologies*, 44 (1), 41-47.
24. Ren YF, Feng L, Serban D, Malmstrom HS. Effects of common beverage colorants on color stability of dental composite resins: the utility of a thermocycling stain challenge model in vitro. *J Dent*. 2012;40 Suppl 1:e48-e56. doi:10.1016/j.jdent.2012.04.017
25. Pires-de-Souza, F.C.P. Casemiro, L.A; Garcia, L.F.R. Color stability of dental ceramics submitted to artificial accelerated aging after repeated firings. *J Prosthet Dent* 2009, 101, 13-18.
26. Zum Gahr KH, Bundshuh W, Zimmerlin B. Effect of grain size on friction and sliding wear on oxide ceramics. *Wear* 1993;162:269-79.
27. Tholt de Vasconcellos B, Miranda-Júnior WG, Prioli R, Thompson J, Oda M. Surface roughness in ceramics with different finishing techniques using atomic force microscope and profilometer. *Oper Dent*. 2006;31(4):442-449. doi:10.2341/05-54
28. Camacho GB, Vinha D, Panzeri H, Nonaka T, Gonçalves M. Surface roughness of a dental ceramic after polishing with different vehicles and diamond pastes. *Braz Dent J*. 2006;17(3):191-194. doi:10.1590/s0103-64402006000300003
29. Tholt de Vasconcellos B, Miranda-Júnior WG, Prioli R, Thompson J, Oda M. Surface roughness in ceramics with different finishing techniques using atomic force microscope and profilometer. *Oper Dent*. 2006;31(4):442-449. doi:10.2341/05-54
30. Druck, C.C.; Pozzobon, J.L.; Callegari, G.L.; Dorneles, L.S.; Valandro, L.F. Adhesion to Y-TZP ceramic: A study of silica nanofilm coating on the surface of Y-TZP. *J. Biomed. Mater. Res. B Appl Biomater*. 2015, 103, 143–150.
31. Egilmez F.; Ergun G.; Cekic-Nagas I.; Vallittu PK.; Lassila LVJ. Does artificial aging affect the mechanical properties of CAD/CAM composite materials? *J. Prosthodont Res*. 2018, 62, 65–74. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jpor.2017.06.001>.
32. Hallmann L, Ulmer P, Kern M. Effect of microstructure on the mechanical properties of lithium disilicate glass-ceramics. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2018;82:355-370. doi:10.1016/j.jmbbm.2018.02.032
33. Oliveira-Junior, O.B.; Buso, L.; Fujiy, F.H.; Lombardo, G.H.; Campos, F.; Sarmiento, H.R.; Souza, R.O. Influence of polishing procedures on the surface roughness of dental ceramics made by different techniques. *Gen. Dent*. 2013, 61, e4–e8.

34. Camacho GB, Vinha D, Panzeri H, Nonaka T, Gonçalves M. Surface roughness of a dental ceramic after polishing with different vehicles and diamond pastes. *Braz Dent J.* 2006;17(3):191-194. doi:10.1590/s0103-64402006000300003
35. Alp G, Subasi MG, Johnston WM, Yilmaz B. Effect of surface treatments and coffee thermocycling on the color and translucency of CAD-CAM monolithic glass-ceramic. *J Prosthet Dent.* 2018;120(2):263-268. doi:10.1016/j.prosdent.2017.10.024