
REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

Studii privind proprietățile optice ale coroanelor integral ceramice

Doctorand **Manuela Maria Manziuc**

Conducător de doctorat Prof.dr. **Diana Dudea**



UMF
UNIVERSITATEA DE
MEDICINĂ ȘI FARMACIE
IULIU HAȚIEGANU
CLUJ-NAPOCA

CUPRINS

INTRODUCERE	13
STADIUL ACTUAL AL CUNOAȘTERII	17
1. Clasificarea și proprietățile generale ale materialelor ceramice	19
1. 1. Clasificarea în funcție de microstructură, proprietăți, indicații clinice	19
1.1.1. Ceramica sticloasă	20
1.1.1.1. Ceramica feldspatică	20
1.1.1.2. Ceramica sticloasă cu fluorapatită	21
1.1.1.3. Ceramica feldspatică ranforsată cu leucit	21
1.1.1.4. Ceramica sticloasă cu disilicat de litiu	22
1.1.1.5. Ceramica cu silicat de litiu ranfostată cu dioxid de zirconiu	23
1.1.2. Ceramica policristalină	25
1.1.2.1. Ceramica pe bază de oxizi, infiltrați cu sticlă de lanthan	25
1.1.2.2. Ceramica pe bază de dioxid de zirconiu	25
1.1.3. Materiale hibride	26
1.1.3.1. Rășini compozite ranforsate cu cristale nanoceramice	26
1.1.3.2. Materiale pe baza de matrici ceramice infiltrate cu polimeri	27
1.2. Clasificarea în funcție de procedeul tehnologic de realizare în laborator	27
1.2.1. Sisteme ceramice de tipul stratificare și sinterizare	28
1.2.2. Sisteme ceramice de presare sau injectare	28
1.2.3. Sisteme ceramice de infiltrare cu sticlă a unor structuri poroase	29
1.2.4. Sisteme ceramice frezabile prin tehnologia digitală CAD/CAM	29
2. Caracteristicile culorii în medicina dentară	31
2. 1. Proprietăți cromatice și moduri de exprimare	31
2.1.1. Sistemul Munsell	32
2.1.2. Sistemul CIEL*a*b*	33
2.2. Alte proprietăți optice (translucidență, opacitate, fluorescența)	34
2.3. Proprietăți optice ale structurilor dentare	35
2.3.1. Smalțul	36
2.3.2. Dentina	36
2.3.3. Discromiile dentare	37
2.4. Metode de apreciere a culorii	38
2.5. Metode instrumentale de apreciere a culorii	39

CONTRIBUȚIA PERSONALĂ	43
1. Ipoteza de lucru	45
2. Metodologie generală	47
3. Studiu 1. Proprietățile optice ale oxidului de zirconiu translucid: O revizuire sistematică a literaturii de specialitate	49
3.1. Introducere	49
3.2. Obiective	51
3.3. Material și metodă	52
3.4. Rezultate	52
3.5. Discuții	53
3.6. Concluzii	63
4. Studiu 2. Influența glazurii asupra proprietăților optice și calității suprafeței ceramicilor pe bază de dioxid de zirconiu translucid	65
4.1. Introducere	65
4.2. Ipoteza de lucru	67
4.3. Material și metodă	67
4.4. Rezultate	71
4.5. Discuții	74
4.6. Concluzii	78
5. Studiu 3. Proprietățile optice și capacitatea dioxidului de zirconiu translucid de a masca substraturi discromice	79
5.1. Introducere	79
5.2. Ipoteza de lucru	81
5.3. Material și metodă	81
5.4. Rezultate	85
5.5. Discuții	89
5.6. Concluzii	94
6. Studiul 4. Influența tehnologiei de procesare a restaurărilor integral ceramice asupra proprietăților optice ale coroanelor din dioxid de zirconiu	97
6.1. Introducere	97
6.2. Ipoteza de lucru	98
6.3. Material și metodă	99
6.4. Rezultate	105
6.5. Discuții	112
6.6. Concluzii	115

7. Crearea unei restaurări integral ceramice din dioxid de zirconiu translucid	117
7.1. Introducere	117
7.2. Material și metodă	117
7.3. Rezultate	124
7.4. Discuții și Concluzii	124
8. Concluzii generale	125
9. Originalitatea și contribuțiile inovative ale tezei	127
REFERINȚE	129

Cuvinte cheie: dioxid de zirconiu convențional, dioxid de zirconiu translucid, dioxid de zirconiu monolitic, culoare, proprietăți optice, transluciditate

STADIUL ACTUAL AL CUNOAȘTERII

1. Clasificarea și proprietățile generale ale materialelor ceramice

La ora actuală, materialele integral ceramice reprezintă soluția de elecție pentru a crea restaurări dentare fizionomice, având capacitatea de a mima aspectul estetic plăcut al țesuturilor dure dentare. În ultimii ani, progresul remarcabil întâlnit în domeniul tehnologiei computerizate, a deschis noi perspective în realizarea tratamentelor estetice minim invazive, fiind introduse noi tipuri de materiale dentare inovative, destinate în exclusivitate acestui sistem. Dorința fiecărui medic stomatolog este de a realiza restaurări estetice integral ceramice, care să se încadreze în armonia cromatică a arcadei dentare și să prezinte rezistență mecanică corespunzătoare pe termen lung. Uneori, decizia de a alege tipul de material ceramic pentru realizarea restaurărilor poate fi dificilă și trebuie luate în considerare particularitățile cazului clinic.

Dioxidul de zirconiu clasic, convențional, este un material ceramic policristalin, frecvent utilizat în practica curentă, cu o gamă variată de indicații clinice, prezentând rezistența mecanică superioară oricăror sisteme ceramice. Întrucât nu prezintă transluciditate, fiind opac, infrastructurile frezate din dioxid de zirconiu convențional, necesară stratificarea cu ceramică translucidă, pentru a reda morfologia coronară și proprietățile optice dorite coroanelor integral ceramice. La ora actuală, medicina modernă restaurativă pune accent pe realizarea restaurărilor frezate anatoform, monolitic, de aceea companiile producătoare au creat formule noi ale dioxidului de zirconiu, care îmbină în mod armonios proprietățile optice și mecanice. Astfel, a fost introdus dioxidul de zirconiu translucid, un material ceramic comercializat într-o gamă cromatică extrem de variată, cu diverse grade de transluciditate și indicații clinice.

Aspectul estetic plăcut al restaurărilor din zirconia translucidă este generat de interacțiunea dintre particularitățile structurale ale materialului ceramic (caracteristicile de structură, proprietățile mecanice și optice), modalitatea de realizarea a restaurărilor (frezare monolitică sau frezare monolitică și stratificare de materiale ceramice translucide în zonele vizibile), grosimea restaurărilor și modalitatea de finisare a suprafețelor, culoarea substratului dur dentar și nuanța cimentului de cimentare.

2. Caracteristicile culorii în medicina dentară

Aspectul estetic plăcut al dinților naturali este definit de formă și culoare, gradul de transluciditate, opalescență, fluorescență și textura suprafeței vestibulare, alături de stratificarea anatomică, structura și compoziția țesuturilor dure dentare.

Stabilirea culorii unei restaurări integral ceramice este un proces complex și uneori dificil de realizat, întrucât proprietățile optice ale acesteia trebuie să fie în armonie cu nuanța dinților naturali existenți pe arcadă. Sistemul CIE L*a*b* este unul dintre cele mai reprezentative și utilizate sisteme de analiză și sinteză a culorii, extrem de utilizat în domeniul cercetării științifice, creat pentru a cuantifica diferențele de culoare, dintre două puncte din spațiul cromatic. Astfel, se poate măsura diferența de culoare existentă între culoarea dinților naturali și a diferitelor tipuri de materiale dentare.

Metodele instrumentale de apreciere a culorii reprezintă metode de analiză obiectivă ale parametrilor cromatici, având capacitatea de a crea înregistrări de acuratețe, precise, repetitive și reproductibile. Cu toate acestea, percepția vizuală reprezintă cea mai utilizată metodă de a aprecia culoarea. Pentru a crea restaurări cu aspect estetic deosebit, materialele dentare trebuie să prezinte proprietăți optice asemănătoare celor ale dinților naturali, ceea ce impune coincidența percepției clinice și științifice asupra diferenței de culoare. Astfel, au fost introduse două elemente impuse pentru evaluarea diferenței de culoare, denumite praguri: pragul de perceptibilitate și pragul de acceptabilitate.

CONTRIBUȚIA PERSONALĂ

Studiu 1. Proprietățile optice ale oxidului de zirconiu translucid: O revizuire sistematică a literaturii de specialitate

Introducere: Dioxidul de zirconiu translucid este un material ceramic recent introdus, indicat pentru realizarea restaurărilor integral ceramice frezate monolitic, cu rezistență mecanică corespunzătoare și proprietăți optice asemănătoare dinților naturali. Reprezintă o alternativă viabilă a restaurărilor din dioxidului de zirconiu convențional, care prezintă un aspect alb-opac.

Obiectivul acestui studiu a fost acela de a identifica și sintetiza, în literatura de specialitate, informații referitoare la această nouă generație de dioxid de zirconiu, cu organizare cubică a cristalelor, ce se prelucrează în varianta monolitică, prezentând un grad de transluciditate.

Material și metodă: A fost inițiată o căutare electronică a literaturii de specialitate, prin intermediul PubMed în baza de date Medline, pentru a identifica articolele relevante, folosind următoarele cuvinte cheie: „dioxid de zirconiu monolitic”, „dioxid de zirconiu translucid”, „culoare”, „proprietăți optice”, „transluciditate”, „proprietăți mecanice”, „difuzia luminii”, „transmisia luminii”. Articolele relevante incluse în studiu au fost reprezentate de publicații realizate în limba engleză între anii 2010-2017. Criteriile de includere în acest studiu au fost reprezentate de: studii *in vitro*

care au făcut referire la formula chimică, caracteristicile de microstructură, proprietățile mecanice și optice (parametrii cromatici și transluciditatea).

Rezultate: În literatura de specialitate au fost identificate 63 de articole și abstracte, dintre care 42 au fost selectate conform criteriilor de includere, făcând referire la unele teme de interes pentru studiu.

Discuții: Pentru a îmbunătăți proprietățile optice și a crește transluciditatea, formula chimică a dioxidului de zirconiu convențional a suferit o serie de modificări, fiind creată astfel, formula unei noi ceramici dentare, a dioxidului de zirconiu translucid.

Astfel, adaosul de oxid de aluminiu a fost redus de la valoarea de 0,25%, la valori mai mici de 0,05% și a fost crescut adaosul de oxid de lantan la 0,2% moli și a conținutului de structură cubică cristalină, în detrimentul celei tetragonale. Aceste modificări aduse compoziției chimice au îmbunătățit semnificativ proprietățile optice izotropice (de a transmite lumina) ale materialului ceramic.

Prin reducerea temperaturii de sinterizare ale restaurărilor la valori cuprinse între 1350-1550^o Celsius, a scăzut dimensiunea și densitatea cristalelor din zirconia, crescând astfel transluciditatea materialului ceramic. Structura cristalină cubică a zirconiei a fost stabilizată prin adaosul crescut de oxizi de ytriu, de la 4moli% (4Y-TZP) până la 5-8moli% (5Y-TZP), cu rolul de a împiedica trecerea cristalelor de zirconia din forma cubică în forma tetragonală.

Restaurările monolitice finisate prin lustruire mecanică produc uzura mai puțin accentuată a dinților antagoniști, comparativ cu suprafețele glazurate. Cementarea adezivă îmbunătățește rezistența mecanică a restaurărilor integral ceramice, fiind indicată atunci când se colează restaurări minim invazive din dioxid de zirconiu translucid.

Concluzii: Dioxidul de zirconiu cu structură cubică prezintă structura moleculară și proprietățile fizice diferite de dioxidul de zirconiu cu structură tetragonală, prezentând rezistență mecanică la forțele de flexiune redusă și proprietăți optice și transluciditatea îmbunătățite, fiind indicat pentru realizarea restaurărilor integral ceramice minim invazive, al căror aspect estetic poate fi influențat de nuanța discromică a substratului dentar și de culoarea cimentului de cimentare.

Studiu 2. Influența glazurii asupra proprietăților optice și calității suprafeței ceramicilor pe bază de dioxid de zirconiu translucid

Obiectivul acestui studiu a fost acela de a evalua modalitatea în care varianta comercială de material ceramic, grosimea și glazurarea, afectează proprietățile cromatice, transluciditatea și rugozitatea suprafețelor restaurărilor integral ceramice monolitice.

Material și metodă: Pentru acest studiu, au fost frezate 60 de discuri ceramice (0.8, 1.5 și 2 mm grosime), de culoare A1, din dioxid de zirconiu translucid (IPS e.max ZirCAD/MT, Katana/HT, Vita YZ/HT, Cercon/HT), care au fost glazurate. Rugozitatea suprafețelor de referință (Ra) ale eșantioanelor ceramice a fost analizată utilizând profilometrul de contact, iar parametrii cromatici CIEL*a*b* au fost înregistrați cu ajutorul spectrofotometrului dentar, prin suprapunerea succesivă a eșantioanelor pe un fundal negru, alb și unul cu aceeași nuanță a unui dinte natural, înainte și după glazurare. În acest studiu, a fost realizat calculul parametrului de transluciditate relativ (RTP), a diferenței de culoare (CIEDE2000) și a diferenței de transluciditate dintre materialele ceramice, atât înainte, cât și după glazurare. RTP, Ra și diferențele de culoare ($\Delta E_{00}/CIEDE2000(1:1:1)$) au fost evaluate cu ajutorul testului ANOVA. Comparațiile multiple au fost analizate folosind testul Tukey.

Rezultatele statistice au evidențiat influența semnificativă a materialului ceramic ($P < 0.001$) și a grosimii acestuia ($P < 0.001$) asupra valorilor parametrului de transluciditate relativ (RTP). Procedura de glazurare nu a influențat valoarea parametrului de transluciditate (RTP) ($P = 0.782$). Totodată, a fost observată și o interacțiune semnificativă între tipul masei ceramice și grosimea acestuia ($P < 0.001$). Diferențele de culoare calculate între eșantioanele ceramice după glazurare au diferit semnificativ între materialele ceramice ($P < 0.001$) și grosimea acestora ($P < 0.001$). Glazurarea a redus rugozitatea suprafeței eșantioanelor, pentru toate tipurile de materiale ceramice studiate ($P < 0.001$).

Concluzii: Parametrul de transluciditate relativ (RTP) a avut valori diferite între cele 4 tipuri comerciale de dioxid de zirconiu monolitic precolorat; valorile diferențelor de transluciditate au fost mai mari, odată cu creșterea grosimii eșantioanelor ceramice. După aplicarea glazurii modificările parametrilor cromatici au fost semnificativi din punct de vedere statistic. Glazurarea a modificat rugozitatea suprafețelor materialelor ceramice, în mod diferit pentru cele patru tipuri de dioxid de zirconiu monolitic.

Studiu 3. Proprietățile optice și capacitatea dioxidului de zirconiu translucid de a masca substraturi discromice

Obiectivul acestui studiu a fost acela de a evalua influența diferitelor nuanțe ale substraturilor asupra aspectului estetic al restaurărilor din dioxidului de zirconiu translucid, luând în considerare o serie de parametri precum: tipul de material utilizat, grosimea acestuia și glazurarea, ca etapă finală a tratamentului de suprafață.

Material și metodă: Au fost realizate 60 de discuri ceramice de culoare A1 (0.8, 1.5 și 2.0 mm grosime) din IPS e.max ZirCAD/MT, Katana/HT, Vita YZ/HT, Cercon/HT, care au fost glazurate. Parametrii cromatici CIEL*a*b* au fost înregistrați prin suprapunerea eșantioanelor pe discuri din compozit (IPS Natural Die Material Kit), în

cinci nuanțe (ND1=substratul de referință; ND2, ND3, ND4, ND5=substraturile discromice de testare), înainte și după glazurare. A fost analizat efectul glazurii asupra culorii eșantioanelor din dioxid de zirconiu translucid. Capacitatea de mascare a fost calculată utilizând formula diferenței de culoare CIEDE2000(1:1:1) între parametrii cromatici CIEL*a*b* ai eșantioanelor ceramice suprapuse peste fundalul de referință și fundalurile discromice, înainte și după glazurare. Modalitatea în care tipul de material, grosimea sa, nuanța substratului și glazurarea influențează culoarea eșantioanelor din dioxid de zirconiu translucid a fost analizată folosind testul de analiza univariată ANOVA, iar comparațiile multiple au fost analizate utilizând testul Tukey HDS.

Rezultate: După glazurare, valoarea parametrului L* (luminozitate) a crescut semnificativ, în timp ce valoarea parametrului cromatic a* scăzut semnificativ pentru toate tipurile de eșantioane ceramice și de fundaluri testate ($p < 0.05$). Rezultatele testului ANOVA au aratat diferențe semnificative ale capacității de mascare între grupurile de dioxid de zirconiu monolitic ($p < 0.001$); ZirCAD/MT a avut capacitatea cea mai redusă de mascare a discromiilor ($p < 0.001$). Grosimea, nuanța substratului și glazurarea au influențat semnificativ capacitatea de mascare a dioxidului de zirconiu monolitic ($p < 0.001$).

Concluzii: Capacitatea de mascare al eșantioanelor ceramice a fost semnificativ influențată de varianta de material comercial, grosimea și culoarea substratului; de asemenea, după procedura de glazurare, capacitatea de mascare s-a îmbunătățit pentru toate eșantioanele ceramice.

Studiu 4. Influența tehnologiei de procesare a restaurărilor integral ceramice asupra proprietăților optice ale coroanelor din dioxid de zirconiu

Obiectivul acestui studiu a fost acela de a evalua modalitatea în care metoda de manufacturare influențează proprietățile cromatice ale restaurărilor din dioxid de zirconiu translucid.

Material și metodă: Pentru acest studiu au fost realizate 45 de coroane integral ceramice din trei tipuri de dioxid de zirconiu translucid (Cercon, Katana, Nacera), de aceeași culoare A1 și transluciditate (HT – transluciditate ridicată), fiind utilizate diferite metode de manufacturare, precum: restaurări monolitice ($n=5$), restaurări monolitice cu cut-back la nivelul suprafeței vestibulare și stratificate prin aplicarea a unui strat unic de smalț (monostratificate) ($n=5$) și restaurări monolitice cu cut-back la nivelul suprafeței vestibulare și stratificate prin aplicarea a două straturi de ceramică, respectiv dentină și smalț, (bistratificate) ($n=5$). Restaurările au fost suprapuse succesiv peste un bont din compozit (ND1), între cele două structuri fiind interpusă o pastă de try-in, cu nuanța transparent, iar parametrii optici CIELAB au fost înregistrați la nivelul celor trei segmente ale suprafeței vestibulare (cervicală, mijlocie și incizală)

utilizând spectrofotometrul dentar non-contact (SpectroShade Micro). Diferența de culoare între regiunile coroanelor, între coroane obținute prin diferite tipuri de manufacturare și între coroane realizate din ceramică de la diferiți producători a fost calculată utilizând formula CIEDE2000(1:1:1) și rezultatele obținute au fost comparate cu pragurile de perceptibilitate (50:50%PT=0,8) și acceptabilitate (50:50%AT=1,8). Datele obținute au fost analizate statistic.

Rezultatele au demonstrat că există o diferență semnificativ statistică între valorile parametrilor cromatici CIE L*, a*, b*, C*, h°, măsurați între cele trei segmente dentare, ale restaurărilor ceramice din diferite tipuri de dioxid de zirconiu translucid, realizate prin diferite metode de manufacturare ($p < 0.001$). Comparând metodele de manufacturare, diferențele de culoare cele mai mari au fost calculate între varianta monostratificată și monolitică, existând o nepotrivire cromatică moderată între aceste variante tehnologice, valorile ΔE_{00} fiind între 1.8-2.7. Valorile cele mai mici ale diferenței de culoare au fost calculate pentru restaurările monolitice și bistratificate, indiferent de regiunea dentară sau tipul de material ceramic utilizat ($\Delta E_{00} < AT$). Nuanța a influențat în cea mai mare măsură diferența totală de culoare ale restaurărilor realizate prin diferite variante tehnologice. Dintre toate tipurile de materiale ceramice studiate, valoarea cea mai redusă a diferenței de culoare a fost calculată între Cercon și Katana ($\Delta E_{00} < AT$); luminozitatea și nuanța au influențat în foarte mare măsură diferențele cromatice.

Concluzii: Diferențe perceptibile de culoare au fost înregistrate între cele trei tipuri de restaurări din dioxid de zirconiu translucid. Cele mai mici diferențe cromatice s-au obținut între varianta bistratificată și cea monolitică. În treimea incizală, valorile diferenței de culoare au fost cele mai mari, fiind influențate de tipul de material ceramic utilizat.

Abstract of the PhD Thesis

Studies on the optical properties of all-ceramic crowns

PhD Student **Manuela Maria Manziuc**

PhD Coordinator Prof.dr. **Diana Dudea**



UMF
UNIVERSITATEA DE
MEDICINĂ ȘI FARMACIE
IULIU HAȚIEGANU
CLUJ-NAPOCA

TABLE OF CONTENTS

INTRODUCTION	13
CURRENT STATE OF KNOWLEDGE	17
1. Classification and general properties of ceramic materials	19
1. 1. Classification based on composition, properties, clinical indications	19
1.1.1. Glass-matrix ceramics	20
1.1.1.1. Feldspathic ceramic	20
1.1.1.2. Fluorapatite-based ceramic	21
1.1.1.3. Leucite-based ceramic	21
1.1.1.4. Lithium disilicate ceramic	22
1.1.1.5. Zirconia-reinforced lithium disilicate ceramic	23
1.1.2. Polycrystalline ceramics	25
1.1.2.1. Oxides-based ceramics reinforced with lanthanum oxide	25
1.1.2.2. Zirconium dioxide	25
1.1.3. Hybrid materials	26
1.1.3.1. Resin nanoceramic	26
1.1.3.2. Polymer infiltrated ceramic networks	27
1.2. Classification based on the processing method	27
1.2.1. Ceramic layering technique	28
1.2.2. Heat-press technology	28
1.2.3. Glass infiltration technology	29
1.2.4. CAD/CAM technology	29
2. Color characteristics in dentistry	31
2. 1. Assessment of optical properties	31
2.1.1. Munsell system	32
2.1.2. CIEL*a*b* system	33
2.2. Other optical properties (translucency, opacity, fluorescence)	34
2.3. Optical properties of natural teeth	35
2.3.1. Enamel	36
2.3.2. Dentine	36
2.3.3. Dental discolorations	37
2.4. Visual color evaluation	38
2.5. Instrumental color evaluation	39

PERSONAL CONTRIBUTION	43
1. Research hypothesis	45
2. General methodology	47
3. First Study. Optical properties of translucent zirconia: A review of the literature	49
3.1. Introduction	49
3.2. Objectives	51
3.3. Materials and method	52
3.4. Results	52
3.5. Discussions	53
3.6. Conclusions	63
4. Second Study. Effect of glazing on translucency, color, and surface roughness of monolithic zirconia materials	65
4.1. Introduction	65
4.2. Research hypotheses	67
4.3. Materials and method	67
4.4. Results	71
4.5. Discussion	74
4.6. Conclusions	78
5. Third Study. Color and masking properties of translucent monolithic zirconia before and after glazing	79
5.1. Introduction	79
5.2. Research hypotheses	81
5.3. Materials and method	81
5.4. Results	85
5.5. Discussion	89
5.6. Conclusions	94
6. Fourth Study. Influence of Fabrication Method on the Color of Zirconia Crowns	97
6.1. Introduction	97
6.2. Research hypotheses	98
6.3. Materials and method	99
6.4. Results	105
6.5. Discussion	112
6.6. Conclusions	115
7. The fabrication of a translucent zirconia restoration	117

7.1. Introduction	117
7.2. Materials and method	117
7.3. Results	124
7.4. Discussion and Conclusions	124
8. General conclusions	125
9. Originality and innovative contributions of the thesis	127
REFERENCES	129

Keywords: conventional zirconia, translucent zirconia, monolithic zirconia, color, optical properties, translucency

STATE OF THE ART

1. Classification and general properties of ceramic materials

All-ceramics are the materials of choice for creating beautiful restorations, due to their enhanced capacity to mimic the pleasant esthetic appearance of natural teeth. Lately, the remarkable progress of computer-aided design (CAD) and computer-aided manufacturing (CAM) systems has opened new perspectives in creating minimally invasive prosthodontic restorations, therefore, new types of innovative dental materials were introduced. The clinician's aim is to create all-ceramic restorations perfectly integrated into the chromatic harmony of the dental arch. Sometimes, choosing the ideal restorative material may be very challenging; therefore, the clinician should take into consideration the characteristics of the clinical case.

Conventional zirconium dioxide is a polycrystalline ceramic material, frequently used in dental practice, with various clinical indications and high mechanical strength. Due to its lack of translucency and increased opacity, the infrastructures milled from zirconia are layered with translucent ceramics, in order to create the crown morphology and enhance the optical properties of the restoration. Dental manufacturers created new unique formulations of zirconia, in order to satisfy the clinician's increased demand to create minimally invasive esthetic monolithic zirconia restorations. Translucent zirconia is an unique ceramic material with enhanced optical properties and various degrees of translucency.

The pleasant esthetic appearance of translucent zirconia restorations is defined by the particularities of the ceramic material (structural characteristics, mechanical and optical properties), the fabrication method of the crowns (monolithic or monolithic and stratification of translucent ceramic materials), the thickness and the finishing procedures of the restorations, the color of the dental substrate and the shade of the luting cement.

2. Color characteristics in dentistry

The esthetic appearance of a natural teeth is given by its shape and color, the translucency, opalescence, fluorescence and texture of the buccal surface, but also by the structure and composition of the dental hard tissues.

The color assessment of an all-ceramic restoration is a complex procedure. The CIE $L^* a^* b^*$ system is one of the most representative color systems, extremely used in scientific research to quantify the color differences between two points in the tridimensional color space. Therefore, it is possible to measure the color difference between the color of natural teeth and the color of different types of dental materials.

Instrumental methods for color evaluation are used for objective analysis of chromatic parameters, in order to obtain accurate, precise, repetitive and reproducible registrations. Yet, visual assessment method is frequently used to evaluate the color of natural teeth. In order to create restorations with a natural esthetic appearance, the optical properties of the restorative materials need to be similar to those of natural teeth, therefore, the clinical and scientific perception of the color difference should coincide. Thus, two elements were introduced to assess the color difference, called thresholds: the perceptibility threshold and the acceptability threshold.

PERSONAL CONTRIBUTION

First Study. Optical properties of translucent zirconia: A review of the literature

Introduction: Translucent zirconia is the newest option of zirconia-based ceramics for monolithic restorations, which combines the increased mechanical strength of zirconia with improved esthetics, due to its translucency. The material substitutes the whitish-opaque classic yttria-stabilized tetragonal zirconia polycrystal (Y-TZPs) in more demanding esthetic cases.

The **objective** of this review was to assess the available literature regarding the properties of translucent monolithic zirconia ceramics.

Materials and method: An electronic literature search was undertaken through Medline (National Library of Medicine) via PubMed to identify relevant articles. The following keywords were used: "monolithic zirconia", "translucent zirconia", "color", "optical properties", "translucency", "mechanical properties", "light scattering", "light transmission". The inclusion criteria were represented by: in vitro studies that referred to the chemical formula, microstructure characteristics, mechanical and optical properties (chromatic parameters and translucency). The search was limited to the English language; studies published in the interval 2010-2017 were included in the review.

Results: The literature research identified 63 articles and abstracts, but according to the inclusion criteria, 42 articles were selected.

Discussion: To improve the optical properties and increase the translucency, the manufacturers changed the formula of conventional zirconia, creating a new dental ceramic material, the translucent zirconia. One of the methods of increasing zirconia translucency concerned decreasing the alumina content below 0.05% and increasing the lanthanum oxide content to 0.2 mol% and the cubic crystalline zirconia phase interposed with the tetragonal phase. Therefore, a new isotropic cubic zirconia material, which improved optical properties, was developed. However, a short

sintering time yields small grain size and increases the light transmittance values of translucent zirconia ceramic, thus the sintering time was reduced to 1350-1550 ° Celsius. To improve the translucency, an increased percentage of yttria was used, resulting in a 5-8 mol% cubic crystalline zirconia phase.

Polished translucent zirconia restorations cause less wear tooth structure of antagonist enamel than glazed ones or other ceramic materials. The adhesive cementation increases the strength of ceramic materials and it is highly indicated when bonding very thin translucent zirconia restorations.

Conclusions: Translucent zirconia has a molecular structure and mechanical properties different from tetragonal zirconia. This material is indicated for anterior and posterior minimal invasive restorations, although the esthetic appearance of translucent zirconia restoration can be affected by the discolored background, and the color of the luting cement.

Second Study. Effect of glazing on translucency, color, and surface roughness of monolithic zirconia materials

Objectives: To assess the effect of material, thickness and glazing upon the color, translucency, and roughness of monolithic zirconia.

Materials and method: Sixty discs (0.8, 1.5, and 2 mm thickness) were fabricated from A1 translucent zirconia (IPS e.max ZirCAD/MT, Katana/HT, Vita YZ/HT, Cercon/HT) and glazed. Roughness (Ra) was assessed with a profilometer and color coordinates were measured with a spectrophotometer on a black, white, and tooth- shaded background before and after glazing. Relative translucency parameter (RTP), color differences (CIEDE2000) and differences in translucencies between materials, before and after glazing were calculated. RTP, Ra, color differences were statistically analyzed using ANOVA. Any significant interaction between factors was further analyzed using Tukey's HSD.

Results: RTP values were significantly different between materials ($P < 0.001$) and thicknesses ($P < 0.001$), with the interaction effect between material type and thickness, also significant ($P < 0.001$). However, glazing did not have a significant effect on RTP values ($P = 0.782$). Color differences resulted after glazing were significantly different between materials ($P < 0.001$), and thicknesses ($P < 0.001$) with the interaction effect also significant ($P < 0.001$). Glazing influenced roughness, Ra decreasing for all materials ($P < 0.001$).

Conclusions: As a result of glazing, only color changes were statistically significant. Translucency varied among brands of precolored monolithic zirconia; the differences increased for greater thicknesses. Glazing is an important step in the technological process of ceramic restorations; however, it can influence the final

optical appearance of the restoration as color changes could be expected after the application of the glaze.

Third Study. Color and masking properties of translucent monolithic zirconia before and after glazing

The **objectives** of the study were to assess the ability of four brands of translucent monolithic zirconia with different thicknesses to mask discolored substrates and the influence of glazing upon their color coordinates and masking properties.

Materials and method: Sixty samples of shade A1 (0.8, 1.5, and 2.0 mm thickness) from: ZirCAD/MT, Katana/HT, Vita YZ/HT, Cercon/HT were fabricated and glazed using a standardized laboratory procedure. CIE L*a*b* parameters were recorded on composite substrates, (IPS Natural Die Material Kit), (ND1=reference; ND2, ND3, ND4, ND5=test backgrounds), before and after glazing. The color changes of zirconia samples induced by glazing were analyzed. Masking properties was calculated as the color difference between CIE L*a*b* parameters of the samples placed on reference and test substrates with CIEDE2000(1:1:1) formula. The effect of material, thickness, substrate, and glazing on the color of monolithic zirconia was analyzed with ANOVA test and the multiple comparisons were analyzed with Tukey HSD tests ($\alpha=0.05$).

Results: After glazing, lightness L* significantly increased, while chromatic coordinate a* decreased ($p<0.05$). Significant differences in the masking properties of the four materials ($p<0.001$) were found, with IPS e.max ZirCAD/MT having the lowest masking effect ($p<0.001$). Thickness, substrate and glazing had a significant effect on the color masking properties of monolithic zirconia ($p<0.001$).

Conclusions: Masking properties of translucent zirconia were significantly influenced by the materials, the thickness and the color of the substrate; moreover, glazing improved the masking ability for all zirconia samples.

Fourth Study. Influence of Fabrication Method on the Color of Zirconia Crowns

Objectives: to assess the influence of fabrication method on the color of anterior zirconia crowns.

Materials and method: Forty-five anterior crowns were fabricated from three types of translucent zirconia (Cercon, Katana, Nacera - A1 shade), using different methods: monolithic crowns (n=5), monolithic crowns with cut-back and enamel layering (single-layer) (n=5), and monolithic crowns with cut-back with dentine and enamel layering (bi-layer) (n=5). The crowns were seated using a transparent try-in

paste on a replica of the master prepared tooth, made in composite resin (ND1) and CIELAB color parameters were recorded in three areas of the crowns (cervical, middle, incisal) using a dental spectrophotometer (Spectroshade Micro). Color differences between the types of crowns, tooth areas, and zirconia materials were calculated using CIEDE2000(1:1:1) and compared with the perceptibility (50:50%PT=0.8) and acceptability thresholds (50:50%AT=1.8). Data were analyzed statistically.

Results: CIE L^* , a^* , b^* , C^* , h° , values differed significantly between types of crowns, areas and materials ($p < 0.001$). Considering the fabrication method, the greatest color differences were between monolithic and single-layer crowns (moderately unacceptable mismatch with ΔE_{00} values between 1.8-2.7). The lowest color differences were found between monolithic and bi-layer crowns, for all the areas and the materials ($\Delta E_{00} < AT$). Chroma had the greatest influence in the color difference between crowns made with different technologies. Color differences between cervical and incisal areas were above PT (for Cercon and Katana) and above AT (for Nacera), for all the three types of technologies, with lightness having the greatest influence. Among materials, color differences calculated between Cercon and Katana were the lowest ($\Delta E_{00} < AT$), with lightness and chroma having the greatest influence in the color difference.

Conclusions: Perceptible color differences between the three types of zirconia crowns were found. Monolithic and bi-layer crowns showed the closest color match. The color differences were higher in the incisal area and were material dependent.