
REZUMAT AL TEZEI DE DOCTORAT

Evaluarea proprietăților optice ale materialelor dentare restaurative pe bază de rășini compozite

Doctorand: **Elena-Bianca BULAI (căs. VARVARĂ)**

Conducător de doctorat: **Prof. Dr. Diana DUDEA**



UMF
UNIVERSITATEA DE
MEDICINĂ ȘI FARMACIE
IULIU HAȚIEGANU
CLUJ-NAPOCA

CUPRINSUL TEZEI DE DOCTORAT

INTRODUCERE	1
STADIUL ACTUAL AL CUNOAȘTERII	3
1. Culoarea și transluciditatea în Medicina dentară.....	5
1.1. Parametrii culorii	5
1.2. Metode de determinare a culorii dentare.....	8
1.2.1. Metode vizuale.....	8
1.2.2. Metode instrumentale.....	9
1.2.3. Importanța determinării culorii dentare.....	11
1.2.4. Determinarea culorii dentare în vederea alegerii materialului de restaurare.....	12
2. Materialele compozite utilizate în medicina dentară restaurativă.....	15
2.1 Clasificarea materialelor compozite.....	15
2.1.1. Clasificare în funcție de corespondența la cheia de culori Vita.....	15
2.1.2. Clasificare în funcție de gradul de transluciditate/opacitate.....	16
2.1.3. Clasificare conform indicațiilor de utilizare.....	17
2.2 Avantaje, dezavantaje.....	18
2.3. Compoziție.....	19
3. Proprietățile optice ale materialelor compozite	23
3.1. Indicații clinice, metode de utilizare.....	24
3.1.1. Protocol clinic de realizare a restaurărilor directe în zona anterioară.....	26
3.1.2. Metode de stratificare utilizate pentru restaurarea directă a dinților anteriori.....	28
3.1.2. Concluzii.....	32

CONTRIBUȚIA PERSONALĂ..... 35

1. Scop și obiective.....	37
2. Metodologie generală.....	39
3. Studiul 1. Evaluarea proprietăților optice a eșantioanelor stratificate realizate din materiale compozite: metode de realizare și de evaluare a culorii.....	41
3.1. Introducere.....	41
3.2. Obiective.....	42
3.3. Material și metodă.....	43
3.4. Rezultate.....	47
3.5. Discuții.....	52
3.6. Concluzii.....	52
4. Studiul 2. Compatibilitatea cromatică și de transparență între diverse materiale pe bază de rășină compozită și strategiile de stratificare asociate.....	57
4.1. Introducere.....	57
4.2. Obiective.....	57
4.3. Material și metodă.....	60
4.4. Rezultate.....	65
4.5. Discuții.....	70
4.6. Concluzii.....	76
5. Studiul 3. Evaluarea efectului de mascare al materialelor compozite stratificate în contextul restaurărilor minim invazive.....	77
5.1. Introducere.....	77
5.2. Obiective.....	78
5.3. Material și metodă.....	79
5.4. Rezultate.....	84

5.5.	Discuții.....	89
5.6.	Concluzii.....	92
6.	Studiul 4: Managementul conservator al unei fracturi coronare prin restaurare directă – prezentare de caz.....	95
6.1	Introducere.....	95
6.2.	Obiective.....	95
6.3.	Material și metodă.....	95
6.4.	Rezultate.....	103
6.5.	Discuții.....	105
6.6.	Concluzii.....	105
7.	Studiul 5. Strategii clinice în restaurările dentare anterioare: înțelegerea culorii și a selecției rășinilor compozite	107
7.1.	Introducere.....	107
7.2.	Obiective.....	107
7.3.	Material și metodă	108
7.4.	Rezultate	117
7.5.	Discuții.....	118
7.6.	Concluzii.....	118
8.	Concluzii generale.....	119
9.	Originalitatea și contribuțiile inovative ale cercetării doctorale.....	121
REFERINȚE	123

Cuvinte cheie: rășini compozite, stratificare, proprietăți optice, transluciditate

LISTA DE PUBLICAȚII

Articole publicate *in extenso* ca rezultat al cercetării doctorale

1. Varvara EB, Mesaros AS, Culic B, Varvara AM, Ducea D. Resin composite layering technique for direct anterior teeth restorations; *Palestrica of the third millenium* 2018; 19(4):234-238. doi:10.26659/pm3.2018.19.4.234. *CNCSIS B+ (Studiu cuprins in capitolul 3)*.
2. Varvara EB, Gasparik C, Ruiz-López J, Aghiorghiesei AI, Culic B, Ducea D. Color and Translucency Compatibility Among Various Resin-Based Composites and Layering Strategies. *Dent J (Basel)*. 2025 Apr 18;13(4):173. doi: 10.3390/dj13040173. PMID: 40277503; PMCID: PMC12025656. *ISI Factor de impact JCR₂₀₂₄ – 3.1 (Studiu cuprins în capitolul 7)*.

INTRODUCERE

Restaurările din zona anterioară a cavității orale implică reproducerea biomimetică a caracteristicilor dinților naturali, cu scopul de a obține reconstrucții estetice, cât mai bine integrate la nivelul arcadei dentare.

Materialele pe bază de rășini compozite reprezintă o clasă de materiale de restaurare foarte bine dezvoltată. Aceste materiale sunt indicate spre a fi utilizate pentru o varietate de aplicații în stomatologie. De-a lungul timpului, tehnologiile de realizare a rășinilor compozite au cunoscut o dezvoltare continuă, iar indicațiile de utilizare clinică a acestor materiale continuă să se ramifice, datorită versatilității lor.

Domeniul de stratificare a materialelor pe bază de rășini compozite reprezintă un real interes pentru practicieni, deoarece aspectul estetic, deosebit de important pentru pacienți, poate fi redat prin tehnici de stratificare directă, în cabinetul de medicină dentară. Cu toate acestea, realizarea unei restaurări directe perfecte a fost, de-a lungul timpului, un obiectiv dificil de atins, datorită lipsei de standardizare a proprietăților optice a rășinilor compozite și a procedurilor clinice imprevizibile de obținere a unor restaurări cu aspect favorabil.

Pentru un rezultat estetic reușit, culoarea restaurării trebuie să fie imposibil de distins de cea a structurii dintelui înconjurător. Cu toate acestea, selecția nuanței rămâne un proces complex, deoarece interacțiunile de culoare sunt legate de efectele optice și de integrare optică obținute prin stratificarea materialelor artificiale peste/între structurile dentare naturale, pentru a obține restaurări dentare biomimetice Prin urmare, cunoașterea precisă a proprietăților optice, a translucidității și a parametrilor culorilor materialelor de restaurare este fundamentală pentru obținerea unor restaurări

estetice cu rezultate predictibile, mai ales când se folosesc tehnici de aplicare a acestor materiale prin stratificare.

Așadar, apariția permanentă de materiale de tipul rășinilor compozite noi, care prezintă îmbunătățiri remarcabile față de variantele anterioare, justifică tematica lucrării de față.

STADIUL ACTUAL AL CUNOAȘTERII

Odată cu evoluția și modificarea stucturii interne a materialelor compozite, au fost dezvoltate și perfecționate și tehnicile de stratificare a acestor materiale în grosimi variabile, utilizând produse cu grade diferite de opacitate și transluciditate. Lucrarea de față prezintă analiza literaturii de specialitate cu privire la evoluția acestor tehnici de stratificare și expune o clasificare mai simplificată a acestora, pornind de la numărul de straturi necesar obținerii unor restaurări cu integrare estetică favorabilă.

Studiul 1 al tezei de doctorat evaluează din punct de vedere optic, rezultatele obținute prin diferite tehnici de construire a eșantioanelor stratificate din materiale compozite și compară aceste rezultate atunci când măsurătorile se realizează cu două dispozitive diferite: un spectrofotometru dentar de tip contact și un spectroradiometru non contact.

În cazul materialelor compozite, transluciditatea și opalescența sunt esențiale; materialele cu o singură nuanță se bazează pe efecte de integrare optică inteligentă (de tip cameleonic), în timp ce sistemele multishade depind de controlul grosimii straturilor aplicate. Toate aceste grade diferite de transluciditate permit replicarea mai fidelă, biomimetică a proprietăților optice combinate ale dentinei și smalțului natural, mai ales în zonele cu estetică ridicată de la nivelul treimii incizale a dinților anteriori. Compozitele mai opace pot fi, de asemenea, utilizate pentru a facilita mascarea structurii dinților devitali discromici, înainte de aplicarea suplimentară a unui strat de compozit de tip smalț, mai translucid, ca strat superficial. Studiul 2 al lucrării prezintă caracterizarea și analiza comparativă din punct de vedere cromatic și a translucidității a trei sisteme diferite de rășini compozite, aplicate în diverse rețete de stratificare.

Totodată, apariția diferitelor grade de opacitate a materialelor compozite fac posibilă utilizarea acestora în corectarea discomiilor dentare, iar apariția noilor materiale cu proprietăți de refracție a luminii și de integrare optică măresc indicațiile de aplicare a acestor materiale la nivelul cavității orale, mai ales când se dorește conservarea integrității structurilor dentare naturale prin tehnici și preparatii dentare minim invazive. Cu acest scop, studiul 3 al acestei teze de doctorat evaluează capacitatea de mascare a rășinilor compozite aplicate în stratificări de 1mm grosime, atunci când se doresc a fi realizate tratamente estetice conservative.

De asemenea, succesul clinic este dependent și de alegerea materialelor care vor fi stratificate, respectând caracteristicile structurilor dentare naturale precum culoarea, transluciditatea, opalescența și fluorescența. Etapa de alegere a culorii dentare, anterioare procesului de preparare dentară și de stratificare a compozitelor este la fel de importantă. Pentru determinarea culorii dentare prin metoda directă, sunt

recomandate să fie folosite chei de culori customizate, individualizate, stratificate în diferite grosimi, realizate din același material din care se va realiza și restaurarea. De asemenea, sistemele inovative de măsurare a culorii dentare (de ex spectrofotometrul Spectro Shade) facilitează determinarea culorii dentare prin metode obiective. Studiul 4 demonstrează cum înțelegerea și utilizarea combinată a acestor metode poate contribui la obținerea unor rezultate clinice estetice și predictibile, chiar și în cazul unor restaurări frontale complexe.

Ultimul studiu al acestei teze sintetizează pașii esențiali necesari în realizarea unor tratamente estetice utilizând materialele pe bază de rășini compozite, cu scopul de a oferi indicații clinice precise practicienilor din domeniul stomatologic. Aceste indicații doresc să îmbunătățească nu numai capacitatea de înțelegere a principiilor care stau la baza alegerii materialelor compozite în funcție de caracteristicile lor cromatice și a gradului de opacitate și transluciditate pe care îl prezintă, cât și aplicarea acestor principii în practica clinică.

CONTRIBUȚII PERSONALE

Studiul 1: Evaluarea proprietăților optice a eșantioanelor stratificate realizate din materiale compozite: metode de realizare și de evaluare a culorii

Scop / Obiective: Scopul acestui studiu a fost de a evalua

a)comparativ proprietățile optice ale eșantioanelor compozite, realizate prin diferite tehnici de stratificare

b)dacă valorile obținute cu ajutorul unor dispozitive diferite de măsurare a acestor probe, sunt similare.

Material și metode: Au fost realizate un număr total de 48 de eșantioane circulare, plate, cu diametrul de 10 mm, folosind 3 sisteme diferite de restaurare pe bază de rășini compozite (Brilliant Ever Glow-Coltene, IPS Empress Direct-Ivoclar Vivadent, Essentia-GC). S-au realizat următoarele configurații:

-*mostre dintr-un singur strat (MS)* de 0,5 mm, 1 mm și 1,5 mm grosime, folosind opacități diferite (dentină opac, dentină tip body și smalț);

-*mostre dublu- și triplu-stratificate (PS - pluristratificate)* (ambele cu grosimea de 1,5 mm) în diferite combinații de transluciditate și opacitate, respectând tehnica de stratificare anatomică. În total, s-au obținut 7 configurații diferite de eșantioane stratificate.

Eșantioanele MS au fost suprapuse (cu și fără interpunerea unei soluții de sucroză între straturi), pentru a forma o grosime finală de 1,5 mm. Astfel, au rezultat trei categorii diferite de probe: PS, MS-suprapuse, MS-sucroză, toate cu grosime de 1,5 mm.

Coordonatele de culoare CIE L^* , a^* , b^* ale probelor au fost măsurate folosind un spectrofotometru dentar-SFM (Vita Easy Shade-Vita) și un spectroradiometru-SRM (PR-655 Spectra Scan, Photo Research) pe un fundal de nuanță A3 ($L^*=76.7$ $a^*=7.4$ $b^*=26.7$).

După înregistrarea datelor și notarea valorilor coordonatelor CIE L^* , a^* , b^* în tabele dedicate fiecărui material și fiecărei metode de lucru, s-au calculat diferențele de culoare (ΔE_{00}) și de transparență relativă (ΔRTP_{00}) între PS-MS-suprapuse și PS-MS-sucroză, iar rezultatele s-au comparat cu pragurile de perceptibilitate și acceptabilitate specifice ($PT_{00} = 0,8$ și $AT_{00} = 1,8$, respective $TPT_{00} = 0,6$ și respectiv $TAT_{00} = 2,6$)

Rezultate: Valoarea ΔE_{00} obținută prin compararea eșantioanelor MS și PS a variat între 3,52 și 4,53 atunci când s-a utilizat SFM (spectrofotometrul) și între 1,15 și 2,60 atunci când s-a utilizat SRM (spectroradiometrul).

Diferențele de culoare între eșantioanele MS și PS au fost acceptabile din punct de vedere clinic ($\Delta E_{00} < 1,55$ unități) doar atunci când s-a interpus o soluție de sucroză între eșantioanele mono-stratificate. În această situație, doar pentru un singur material (IPS Empress) a fost depășit pragul de acceptabilitate: $\Delta E_{00}=2,62$.

Diferențele de culoare au fost mai mari atunci când s-au realizat măsurători folosind spectrofotometrul Vita Easy Shade, iar valorile transparenței relative sunt mai mari pentru măsurătorile realizate cu spectroradiometrul, mai ales în situația în care sunt comparate eșantioanele PS cu cele MS-suprapuse, ordinea descrescătoare a transparenței înregistrate fiind următoarea: BEG ($RTP_{00} = 6,74$) > ESS ($RTP_{00} = 3,28$) > IPS ($RTP_{00} = 2,01$).

Concluzii: În limitele rezultatelor obținute din acest studiu, putem afirma că:

- 1)parametrii CIE $L^*a^*b^*$ și TP_{00} au fost diferiți pentru toate cele trei sisteme de rășini compozite folosite pentru stratificare
- 2)utilizarea eșantioanelor multistratificate din materiale de rășină compozită, cu diferite grade de opacitate și transparență este mai precisă decât simpla suprapunere a acestor probe în diferite grosimi, dar diferențele de culoare ΔE_{00} sunt acceptabile, atunci când între straturile eșantioanelor suprapuse s-a adăugat un mediu de continuitate optică
- 3)valorile diferențelor de culoare (ΔE_{00}) au fost mai mari atunci când au fost realizate măsurători cu spectrofotometrul Vita Easy Shade.

Studiu 2. Compatibilitatea cromatică și de transparență între diverse materiale pe bază de rășină compozită și strategiile de stratificare asociate

Scop / Obiective: Acest studiu in vitro a avut ca scop compararea culorii și transparenței eșantioanelor obținute folosind diferite rețete de stratificare a trei sisteme de rășini compozite moderne, și evaluarea existenței diferențelor de culoare între diferitele rețete de stratificare în interiorul aceluiași sistem.

Material și metode: Au fost selectate trei sisteme diferite de rășini compozite pentru acest studiu: Essentia (GC Europe, Leuven, Belgia) – ESS, Brilliant Ever Glow (Coltene, Altstätten, Elveția) – BEG și IPS Empress Direct (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) – IPS. Materialele compozite de tip smalț, body dentin/dentină și nuanțele opace din fiecare sistem au fost utilizate folosind patru strategii de stratificare diferite, obținând astfel eșantioane mono-, dublu- și triplu-stratificate. Au fost fabricate un total de 60 de eșantioane (n=5) cu grosimea de 1,0 mm folosind patru rețete diferite de stratificare (R1, R2, R3 și R4): probele cu un singur strat au fost fabricate folosind doar nuanțele de smalț (R1) sau dentină (R2); eșantioanele dublu-stratificate (R3) au fost obținute din 0,5 mm de dentină și 0,5 mm nuanță de smalț, în timp ce probele cu trei straturi (R4) au fost fabricate prin stratificarea a 0,25 mm de opac, 0,25 mm de dentină și 0,5 mm de nuanță de smalț.

Coordonatele de culoare CIE L*, a*, b*, C* și h° ale probelor au fost măsurate folosind un spectrofotometru dentar de tip non-contact (SpectroShade Micro, Medical High Technologies), iar diferențele de culoare și transluciditate au fost calculate astfel:

1. comparând mostrele fabricate folosind aceeași rețetă, din materiale aparținând sistemelor diferite și
2. comparând eșantioanele construite din materiale cu opacități diferite aparținând aceluiași sistem, dar folosind rețete diferite de stratificare. A fost calculat de asemenea și contribuția luminii (ΔL_{00}), cromei (ΔC_{00}) și nuanței (ΔH_{00}) la diferența totală de culoare.

Rezultate: Coordonatele de culoare CIE L* și h° și RTP₀₀ au arătat diferențe semnificative între cele trei sisteme de rășini compozite pentru toate cele patru rețete (p < 0,001). Coordonatele de culoare CIE a*, b* și C* diferă semnificativ pentru materialele testate.

În toate comparațiile, diferențele de culoare dintre materiale pentru fiecare rețetă au depășit pragul de acceptabilitate AT₀₀. Cele mai mici diferențe de culoare au fost observate pentru R1 (eșantioanele de tip smalț) între BEG și IPS ($\Delta E_{00} = 3,3$), în timp ce cele mai mari diferențe au apărut pentru rețeta R4 (eșantioane triplu-stratificate) între ESS și IPS ($\Delta E_{00} = 8,5$).

Ordinea descrescătoare a translucidității pentru fiecare rețetă a fost R1: ESS > BEG > IPS, R2 și R3: BEG > IPS > ESS, R4: BEG > ESS > IPS. În cazul BEG și IPS, diferențele de transluciditate au fost sub TAT₀₀ între R2 și R3.

Concluzii: În limitele acestui studiu, se pot stabili următoarele:

1. Diferențele de culoare dintre materiale au fost mai semnificative decât diferențele de transluciditate, pentru fiecare rețetă testată.
2. Cele mai importante diferențe de culoare și transluciditate între rețete au fost identificate pentru ESS și IPS. Aceste diferențe au fost datorate în primul rând variațiilor semnificative de culoare și de transluciditate dintre smalț și dentină.
3. În cazul compozitului ESS, utilizarea unei strategii de stratificare într-o restaurare minim invazivă, va influența semnificativ transluciditatea și culoarea, comparativ cu situația utilizării doar a stratului de smalț.

4. În cazul BEG și IPS, diferențele de transluciditate au fost sub TAT_{00} între R2 și R3, așadar, în unele cazuri nu se justifică aplicarea dublu-stratificată a acestor materiale, în comparație cu aplicarea monostratificată doar a salțului sau a dentinei. În schimb, diferențele de culoare și de transluciditate obținute în momentul adăugării stratului de opac în rețeta de stratificare, sunt foarte importante, mai ales pentru IPS.

Studiul 3. Evaluarea efectului de mascare al materialelor compozite stratificate în contextul restaurărilor minim invazive

Scop / Obiective: Scopul studiului de față este de a evalua capacitatea de mascare a substratului discromic, de către eșantioanele din materiale compozite diferite, realizate prin sisteme de stratificare variată. În felul acesta este testată posibilitatea de utilizare a materialelor/rețetelor respective în tratamentul dicromiilor dentare prin fațetare directă.

Material și metode: Pentru testarea capacității de mascare, acest studiu a inclus folosirea a 3 sisteme diferite de rășini compozite moderne fotopolimerizabile: -material compozit fotopolimerizabil hibrid submicron- Brilliant Ever Glow (Coltene)-BEG - material compozit fotopolimerizabil nano-hibrid Ips Empress Direct (Ivoclar Vivadent)-IPS și material compozit fotopolimerizabil micro-hibrid Essentia (GC)-ESS. Cele 60 de eșantioane mono-, dublu- sau triplu stratificate ($n = 5$), cu diametrul de 10 mm și grosime de 1mm, realizate folosind 4 strategii diferite de stratificare, notate R1-R4 din studiul precedent au fost evaluate din punct de vedere al capacității lor de mascare. Suplimentar, s-au realizat eșantioane dublu stratificate de 3mm din fiecare sistem (2,5mm dentină +0,5mm smalț) care vor fi folosite drept martor pentru selectarea fundalurilor.

Un alt sistem de material compozit fotopolimerizabil ce simulează substratul dentar discromic (Natural Die Material-Ivoclar Vivadent), a fost ales pentru a crea probe peste care se vor suprapune eșantioanele stratificate. Doar fundalurile ND1, ND2, ND3 și ND7 au fost incluse în studiu, pentru testarea capacității de mascare prin folosirea materialelor compozite.

S-au suprapus eșantioanele test de 1mm peste fundalurile discromice și s-au determinat coordonatele de culoare CIE L^* , a^* , b^* , C^* și h° . Capacitatea de mascare a rășinilor compozite s-a determinat prin calcularea diferențelor de culoare ΔE_{00} între eșantionul plasat pe fundalul ND1, considerat martor și fundalurile ND2, ND3 și ND7 considerate fundaluri test. A fost calculată și contribuția luminii (ΔL_{00}), cromei (ΔC_{00}) și nuanței (ΔH_{00}) la diferența totală de culoare (ΔE_{00}). De asemenea, s-a calculat și indicele de alb Whitnness index (WI_D) și diferența indicelui de alb între eșantionul suprapus peste fundalul ND1-control și respectiv peste fundalurile ND2, ND3, ND7-test.

Rezultate: În urma analizei statistice în care s-au comparat ansamblurile eșantion-substrat, coordonatele de culoare CIE L^* , a^* , h° și WI_D au arătat diferențe semnificative între asambluri, pentru toate cele trei sisteme de rășini compozite în toate cele patru rețete ($p < 0,001$). Coordonatele de culoare CIE L^* , a^* , b^* și C^* diferă semnificativ pentru

materialele testate, cu excepția materialului BEG și IPS în rețelele R2 (pe fundal ND2 și ND7) și R3, (pe fundal ND3), și între ESS și IPS între R1 pe fundal ND3 ($p \geq 0,001$). În toate comparațiile, pentru toate materialele, diferențele de culoare au depășit pragul de acceptabilitate AT_{00} , semnificând că la grosimea de 1mm, eșantioanele stratificate în cele 4 rețele de stratificare nu prezintă capacitatea de mascare. Un singur material face excepție, IPS Empress Direct, care poate masca acceptabil fundalul ND2 ($\Delta E_{00}=1,65$) cu rețeta de stratificare R4 (eșantion triplustratificat). Cele mai mari diferențe de culoare au fost observate pentru R1 (eșantioanele de tip smalt). Pentru toate materialele, capacitatea de mascare a fost cea mai mare pentru R4 (pentru IPS și BEG) sau R2 (pentru ESS), iar situația cea mai nefavorabilă a fost pentru rețeta R1, pentru toate materialele. Pentru toate materialele, capacitatea de mascare a depins în cea mai mare măsură de luminozitate, saturația având rolul cel mai mic de a contribui la mascarea substratului discromic.

Comportamente de mascare asemănătoare întâlnim pentru rețelele R2 și R3 pentru materialele BEG și IPS.

Concluzii: În limitele rezultatelor obținute în acest studiu, putem concluziona următoarele:

- 1) doar materialul IPS a reușit să mascheze substratul discromic ND2, cu ajutorul eșantionului triplustratificat;
- 2) substratul cel mai ușor de mascat a fost ND2, majoritatea materialelor în toate rețelele au mascat clinic acceptabil substratul ND2, cu excepția materialului de tip smalt al ESS; substratul cel mai dificil de mascat a fost ND7
- 3) deși fundalul ND3 este dificil de mascat, diferența indicelui de alb obținut demonstrează că majoritatea materialelor în toate rețelele de stratificare au impact pozitiv asupra modificării indicelui de alb;
- 4) cea mai nefavorabilă rețetă de mascare este R1 (eșantion de tip smalt), în timp ce cea mai bună rețetă de mascare este R4 (eșantion triplustratificat ce conține opac);

Studiul 4: Managementul conservator al unei fracturi coronare prin restaurare directă – prezentare de caz

Scop/Obiective: Acest capitol prezintă modalitatea de realizare a unei restaurări directe frontale, utilizând o procedură simplificată și reproductibilă de alegere a materialelor de restaurare, în urma analizei cromatice dentare inițiale.

Material și metode: O pacientă A.J. în vârstă de 20 de ani s-a prezentat în cadrul clinicii dentare cu scopul realizării unei restaurări frontale estetice, la nivelul incisivului central superior drept (1.1). Din anamneză reiese că pacienta a avut o fractură dentară necomplicată la nivelul acestui dinte în urmă cu 7 zile care a fost tratat în urgență în alt cabinet dentar, prin realizarea unei restaurări dentare la nivelul $\frac{1}{2}$ incizale a dintelui 1.1. Examinarea clinică s-a completat prin documentarea fotografică a situației inițiale, în cadrul căreia s-au realizat fotografiile dentare și s-a determinat culoarea dentară în vederea alegerii materialului de restaurare, atât prin tehnica vizuală (prin compararea

cu o cheie personalizată de culori din material compozit) cât și instrumental (cu ajutorul unui spectrofotometru non-contact Spectro-Shade Micro). Ulterior procesului de determinare vizuală și instrumentală a culorii, s-au ales materialele de restaurare ce urmează să fie folosite în cadrul tratamentului restaurativ. Etapele de tratament sunt cele specifice procedurilor de restaurare directă. Refacerea prin stratificare a caracteristicilor optice și a structurii interne a dintelui utilizând materialele compozite ESS, în nuanțele MD și LE, permite o reabilitare bio-mimetică a dintelui, datorită caracteristicilor optice calibrate pentru a reproduce fidel caracteristicile dentinei și smalțului natural.

Rezultate: Media ΔE_{00} de la nivelul $\frac{1}{2}$ incizale a celor doi incisivi centrali post tratament este de $\Delta E_{00}=1.52$.

Concluzii: În limitele rezultatelor obținute în acest studiu, putem concluziona următoarele:

- 1) restaurările estetice de la nivelul dinților anteriori pot fi asigurate în mod direct și conservator utilizând materiale pe bază de rășini compozite cu răspuns cromatic adaptativ.
- 2) integrarea lor optică a fost facilitată prin evaluarea inițială a proprietăților optice a structurilor dentare naturale realizată cu ajutorul spectrofotometrului SpectroShade
- 3) aplicarea materialelor de restaurare a fost făcută cu scopul reproducerii biomimetice a proprietăților optice naturale evaluate.

Studiul 5. Strategii clinice în restaurările dentare anterioare: înțelegerea culorii și a selecției rășinilor compozite

Scop/Obiective: Acest capitol are ca scop prezentarea metodelor actuale de realizare a restaurărilor directe de la nivelul grupului frontal, utilizând materialele compozite analizate în capitolele anterioare ale tezei. Accentul este pus pe aplicarea practică a proprietăților optice studiate anterior, obiectivul principal fiind de a evalua capacitatea de adaptare și integrare optică a acestor trei sisteme diferite de rășini compozite în cadrul tratamentelor conservatoare aplicate dinților frontali superiori.

Material și metode: Pentru restaurările compozite directe ale dinților frontali, materialul trebuie astfel ales și aplicat, încât să se integreze estetic cât mai bine, reproducând proprietățile optice- culoarea și transluciditatea- dinților naturali. Etapele clinice esențiale pentru realizarea restaurărilor estetice cu materiale compozite includ o serie de pași important de urmărit, care că vor duce la obținerea unor rezultate estetice optime. În zona anterioară, transluciditatea se va alege în funcție de aspectul translucidității dinților naturali și în funcție de localizarea și mărimea restaurației. Se pot realiza fotografii care prin manipulare digitală ulterioară, oferă informații suplimentare despre luminozitatea sau despre saturația structurilor dentare, facilitând astfel alegerea materialelor pentru restaurare.

Pentru realizarea fațetelor directe din materiale composite, se vor folosi tehnici diferite în funcție de indicația de tratament și în funcție de scopul urmărit: se dorește îmbunătățirea formei sau a culorii? Astfel, vom avea posibilitatea să alegem între: tehnici mono, dublu sau triplu-stratificate, sau să aplicăm principii de stratificare mai complexe.

Rezultate: Cele 3 compozite testate au fost capabile să imite aspectele optice și culoarea dinților naturali situați într-o zonă cu estetică importantă. Cu toate acestea, culoarea restaurărilor trebuie evaluată pe termen lung, deoarece este supusă modificărilor mediului oral în timp.

Realizarea restaurărilor dentare directe prin utilizarea materialelor compozite cu proprietăți optice avansate, împreună cu aplicarea lor prin tehnici de stratificare ghidată, permite obținerea unor restaurări cu integrare estetică superioară.

Concluzii: În limitele rezultatelor obținute în acest studiu, putem concluziona următoarele:

- 1) realizarea restaurărilor dentare directe prin utilizarea materialelor compozite cu proprietăți optice avansate, împreună cu aplicarea lor prin tehnici de stratificare ghidată, permite obținerea unor restaurări cu integrare estetică superioară.
- 2) strategia clinică de alegere a sistemului potrivit trebuie să se realizeze în funcție de mărimea cavității de restaurat și de complexitatea optică existentă. Se vor alege compozite universale single-shade pentru simplitate, iar tehnicile multistrat se vor pastra pentru zonele cu estetică ridicată, adaptând întotdeauna opacitatea și grosimea materialului la cerințele clinice.

CONCLUZII GENERALE

Evoluția continuă a materialelor pe bază de rășini compozite, și dezvoltarea materialelor contemporane se bazează pe principii de fiabilitate îmbunătățită și simplificare clinică.

Ca urmare a evaluării cromatice și a translucidității a trei sisteme diferite de rășini compozite actuale, aplicate folosind diverse strategii de stratificare, s-a demonstrat că parametrii CIE $L^*a^*b^*$ și TP_{00} au fost diferiți pentru toate cele trei sisteme de rășini compozite folosite pentru stratificare.

De asemenea, rezultatele obținute au demonstrat că utilizarea în studii de evaluare a culorii a eșantioanelor multistratificate din materiale de rășină compozită, cu diferite grade de opacitate și transluciditate este mai precisă decât simpla suprapunere a acestor probe în diferite grosimi. Eșantioanele pluristratificate se pot obține și prin suprapunerea diferitelor materiale, dar între straturi trebuie aplicat un mediu de continuitate optică.

Măsurătorile făcute cu spectrofotometrul Vita Easy Shade oferă valori ale diferențelor de culoare (ΔE_{00}) mai mari comparativ cu cele obținute prin utilizarea spectroradiometrului. Cu toate că cele două instrumente folosite pentru evaluarea probelor sunt diferite datorită geometriei lor de măsurare, acestea au arătat tendințe

similare, diferențele de culoare dintre materiale fiind mai semnificative decât diferențele de transluciditate, pentru fiecare rețetă de stratificare evaluată.

Materialele din cele trei sisteme de rășini compozite incluse în studiu sunt diferite atât din punct de vedere al organizării numărului de seringi disponibile dar și al codificărilor Vita, dar cele mai importante diferențe de culoare și de transluciditate între rețete au fost identificate pentru materialele IPS și ESS (sistem policromatic codificat Vita vs sistem simplificat, non-Vita). Aceste diferențe au fost datorate în primul rând variațiilor semnificative de culoare și de transluciditate dintre smalț și dentină.

În cazul compozitului ESS, unde smalțul are o transluciditate ridicată, utilizarea acestuia într-o restaurare minim invazivă prin folosirea unei strategii de stratificare împreună cu alte materiale, va influența semnificativ transluciditatea și culoarea finală a restaurării, comparativ cu situația în care se utilizează doar stratul de smalț singur.

Pentru materialele BEG sau IPS (sistem simplificat, sistem policromatic) metodele de stratificare bi-laminară formate din smalț-dentină nu prezintă modificări majore de culoare comparativ cu tehnicii monostrat, în care se utilizează doar smalț sau body. Cu toate acestea, diferențele de culoare și de transluciditate obținute în momentul adăugării stratului de opac în rețeta de stratificare, sunt foarte importante, mai ales pentru IPS.

În contextul analizei capacității de mascare a materialelor compozite, folosite în cadrul unor intervenții minim invazive de stratificare, s-a observat că, pentru grosimea de 1mm, IPS a fost singurul material care a reușit să mascheze substratul discromic ND2, atunci când, eșantionul triplustratificat IPS care conține 0,25mm dentină opacă+0,25mm body+0,5mm smalț a post suprapus peste acest substrat.

Substratul cel mai ușor de mascat a fost ND2, majoritatea materialelor, în toate rețetele de stratificare au mascat clinic acceptabil acest substrat, cu excepția materialului de tip smalț al ESS. Deși fundalul ND3 este dificil de mascat, diferența indicelui de alb obținut demonstrează că majoritatea materialelor, în toate rețetele de stratificare, au impact pozitiv asupra modificării indicelui de alb; Cea mai nefavorabilă rețetă de mascare este R1 (eșantion de tip smalț); în timp ce cea mai buna rețetă de mascare este R4 (eșantion triplustratificat ce conține opac);

Având în vedere rezultatele obținute prin studii de culoare in-vitro și prin aplicațiile practice ale acestora în cadrul unor restaurări directe multistratificate in-vivo, putem concluziona că, pentru a atinge excelența estetică, medicii stomatologii ar trebui să înțeleagă și să îmbine arta și știința principiilor ce stau la baza stratificării materialelor compozite. Doar înțelegerea completă a multiplilor factori care pot influența rezultatul final al restaurării garantează obținerea unor rezultate estetice cu un impact pozitiv major asupra pacienților.

Restaurările estetice de la nivelul dinților anteriori pot fi asigurate în mod direct și conservator utilizând materiale pe bază de rășini compozite cu răspuns cromatic adaptativ, integrarea lor optică fiind facilitată de evaluarea corectă (prin tehnici vizuale și instrumentale) a proprietăților optice a structurilor dentare naturale și aplicarea materialelor de restaurare cu scopul reproducerii biomimetice ale acestora.

Strategia clinică de alegere a sistemului potrivit trebuie să se realizeze în funcție de mărimea cavității de restaurat și de complexitatea optică existentă. Se vor alege compozite universale single-shade pentru simplitate, iar tehnicile multistrat se vor pastra pentru zonele cu estetică ridicată, adaptând întotdeauna opacitatea și grosimea materialului conform indicațiilor și a obiectivelor clinice.

ORIGINALITATEA ȘI CONTRIBUȚIILE INOVATIVE ALE CERCETĂRII DOCTORALE

Studiile aferente tezei de doctorat au implicat realizarea de cercetări multidirecționale, pe domenii din sfera restaurărilor integral fizionomice, folosind materiale pe bază de rășini compozite, corelate cu noțiuni de estetică dentară și proprietăți optice, literatura de specialitate prezentând, la momentul actual, doar segmente de cercetare pe anumite categorii de materiale dentare.

Studiile cuprinse în teza de doctorat prezintă drept element de originalitate/contribuție la stadiul actual al cercetării științifice, caracterizarea din punct de vedere cromatic și al coordonatelor CIE $L^*a^*b^*$ a materialelor noi din categoria rășinilor compozite cu tendințe actuale de dezvoltare, ce prezintă proprietăți diferite de refracție a luminii. Aceste materiale au fost evaluate în urma stratificării lor în diferite configurații, în grosimi minime de 0,5mm, 1mm sau 1,5mm, și s-a demonstrat că pentru evaluarea optimă a caracteristicilor de culoare a unui material, este necesară fie utilizarea eșantioanelor stratificate direct, fie suprapunerea probelor cu inserarea unui mediu prin care se asigură continuitate optică.

Toate aceste materiale studiate sunt codificate asemănător, deși sunt diferite din punct de vedere al compoziției chimice, unele fiind de tip micro-hybrid, hybrid submicron sau nano-hybrid. De aceea, una din direcțiile de cercetare a fost de a cuantifica proprietățile optice de reflexie/refracție a luminii, a translucidității, a tehnologiilor de răspuns adaptativ și de integrare optică a acestor materiale, aplicate în diferite configurații de stratificate folosind diferite grade de transluciditate și opacitate.

Pe lângă caracterizarea cromatică a acestor materiale, studiile incluse în această teză de doctorat evaluează compatibilitatea proprietăților lor optice, aplicate în configurații diferite, precum și necesitatea realizării unor chei de culori personalizate din compozit, adaptate fiecărui caz clinic.

De asemenea, studiile de evaluare a capacității de mascare a substraturilor discromice prin folosirea materialelor compozite, în cadrul tratamentelor minim invazive, oferă indicații precise de utilizare a anumitor rețete de stratificare, în funcție de culoarea substratului. În plus, date obținute prin măsurători cu spectofotometrul SpectroShade au fost utile pentru studiile clinice ulterioare, pentru alegerea și stratificarea materialelor compozite.

O altă contribuție importantă vizează realizarea restaurărilor estetice multistratificate, evidențiind importanța selectării și adaptării acestor materiale în funcție de indicațiile clinice și a obiectivelor specifice fiecărui caz.

Totodată, urmărirea și evaluarea comportamentului “in vivo”, precum și a integrității optice a acestor materiale, aplicate prin diverse tehnici de stratificare în cadrul tratamentelor estetice minim invazive, reprezintă o direcție de cercetare importantă.

SUMMARY OF THE PH.D. THESIS

OPTICAL PROPERTIES ASSESSMENT OF DENTAL RESTORATIVE MATERIALS BASED ON RESINS COMPOSITE

Ph.D. Student: **Elena-Bianca BULAI (căs. VARVARĂ)**

Ph.D. Coordinator: **Prof. Dr. Diana DUDEA**



UMF
UNIVERSITATEA DE
MEDICINĂ ȘI FARMACIE
IULIU HAȚIEGANU
CLUJ-NAPOCA

TABEL OF CONTENTS

INTRODUCTION	1
STATE OF THE ART	3
1. Color and Tranlucency in Dentistry	5
1.1. Color parameters	5
1.2. Methods of color assessment	8
1.2.1. Visual methods.....	8
1.2.2. Instrumental methods.....	9
1.2.3. The importance of determining tooth color	11
1.2.4. Determining tooth color for choosing the restoration material	12
2. Resin composite materials used in restorative dentistry	15
2.1 Classification of resin composite materials.....	15
2.1.1. Classification according to correspondence to the Vita shade guide	15
2.1.2. Classification according to the degree of translucency/opacity	16
2.1.3. Classification according to the instructions for use.....	17
2.2 Advantajes, desadvantajes.....	18
2.3. Composition.....	19
3. Optical properties of resin composite materials.	23
3.1. Clinical indications, methods of use	24
3.1.1. Clinical protocol for direct anterior restoratis.....	26
3.1.2. Layering methods used for direct restoration of anterior teeth	28
3.1.2. Conclusions.....	32

PERSONAL CONTRIBUTION	35
1. General objectives	37
2. General methodology	39
3. Study 1. Evaluation of the optical properties of layered samples made of composite materials: methods of fabrication and color evaluation	41
3.1. Introduction	41
3.2. Objectives	42
3.3. Material and methods	43
3.4. Results	47
3.5. Discussions	52
3.6. Conclusions	52
4. Study 2. Chromatic and translucency compatibility among various composite resin-based materials and the associated stratification strategies.....	57
4.1. Introduction	57
4.2. Objectives	57
4.3. Material and methods	60
4.4. Results	65
4.5. Discussions	70
4.6. Conclusions	76
5. Study 3. Evaluation of the masking effect of stratified composite materials in the context of minimally invasive restorations	77
5.1. Introduction	77
5.2. Objectives	78
5.3. Material and methods	79
5.4. Results	84

5.5.	Discussions	89
5.6.	Conclusions	92
6.	Study 4: Conservative management of a class IV tooth fracture using a direct restorative approach – case report.....	95
6.1	Introduction.....	95
6.2.	Objectives.....	95
6.3.	Material and methods.....	95
6.4.	Results.....	103
6.5.	Discussions.....	105
6.6.	Conclusions.....	105
7.	Study 5. Clinical strategies of anterior dental restorations: understanding color and composite resin selection.....	107
7.1.	Introduction	107
7.2.	Objectives	107
7.3.	Material and methods	108
7.4.	Results	117
7.5.	Discussions	118
7.6.	Conclusions	118
8.	General conclusions.....	119
9.	Originality and Innovative contributions of the Thesis	121
	REFERENCES.....	123

Keywords : resin composite, layering, optical properties, translucency

LIST OF PUBLICATIONS

Articles *in extenso* published as a result of the doctoral research

1. Varvara EB, Mesaros AS, Culic B, Varvara AM, Dudea D. Resin composite layering technique for direct anterior teeth restorations; *Palestrica of the third millenium* 2018; 19(4):234-238. doi:10.26659/pm3.2018.19.4.234. *CNCSIS B+ (Studiu cuprins în capitolul 3)*.
2. Varvara EB, Gasparik C, Ruiz-López J, Aghiorghiesei AI, Culic B, Dudea D. Color and Translucency Compatibility Among Various Resin-Based Composites and Layering Strategies. *Dent J (Basel)*. 2025 Apr 18;13(4):173. doi: 10.3390/dj13040173. PMID: 40277503; PMCID: PMC12025656. *ISI Factor de impact JCR₂₀₂₄ – 3.1 (Studiu cuprins în capitolul 7)*.

INTRODUCTION

Restorations in the anterior region of the oral cavity require biomimetic replication of natural tooth characteristics to achieve highly esthetic reconstructions that are optimally integrated within the dental arch.

Composite resin-based materials represent a well-established class of restorative materials, indicated for a wide range of dental applications. Over time, the technologies used to develop composite resins have undergone continuous advancement, and the clinical indications for their use have expanded due to their inherent versatility.

The field of layered composite resin-based materials represents a particular interest to clinicians, as the esthetic outcome, an aspect of paramount importance to patients, can be achieved through direct layering techniques performed in the dental office. Nevertheless, creating the ideal direct restoration has historically been a challenging goal, owing to the lack of standardization in the optical properties of composite resins and the unpredictable nature of clinical procedures in achieving consistently favorable esthetic results.

For an optimal esthetic outcome, the color of a restoration must be indistinguishable from that of the surrounding tooth structure. However, shade selection remains a complex process, as color interactions are influenced by the optical effects and integration achieved through the layering of artificial materials over or between natural dental structures, in order to create biomimetic restorations. Consequently, precise knowledge of the optical properties, translucency, and color parameters of the restorative materials is essential for achieving esthetic restorations with predictable outcomes, particularly when employing layering techniques.

Therefore, the continual development of new composite resin materials, which offer remarkable improvements over previous generations, provides strong justification for the focus of the present study.

STATE OF THE ART

Togther with the evolution and modification of the internal structure of composite materials, the techniques of layering these materials in variable thicknesses have also been developed and refined, utilizing products with differing degrees of opacity and translucency. This thesis provides a review of the specialized literature concerning the development of these layering techniques and proposes a simplified classification based on the number of layers required to achieve restorations with favorable esthetic integration..

The first study of the doctoral thesis evaluates, from an optical perspective, the outcomes obtained using different techniques for fabricating layered composite material samples and compares these results when measurements are performed with two distinct devices: a contact-type dental spectrophotometer and a non-contact spectroradiometer.

For resin-based composite materials, translucency and opalescence are critical. Single-shade materials rely on intelligent optical integration effects (so-called chameleon effects), whereas multi-shade systems depend on controlling the thickness of the applied layers. These varying degrees of translucency enable a more faithful, biomimetic replication of the combined optical properties of natural dentin and enamel, particularly in highly esthetic regions such as the incisal third of anterior teeth. More opaque composites can also be employed to facilitate the masking of discolored devitalized tooth structures before applying an additional, more translucent enamel-type composite as the superficial layer. Study 2 presents the characterization and comparative analysis of the color and translucency of three different composite resin systems applied using various layering protocols. The findings aim to provide practical guidance for clinicians in selecting materials and layering strategies that optimize esthetic integration and predictability in anterior restorations.

Furthermore, the availability of composite materials with varying degrees of opacity enables their use in the correction of dental discolorations. The emergence of new materials with enhanced light-refraction properties and improved optical integration has expanded the clinical indications for these materials in the oral cavity, particularly when the preservation of natural tooth structure is desired through minimally invasive techniques and preparations. In this context, the 3rd study of the Ph.D thesis evaluates the masking ability of resin composite materials applied in 1 mm-thick layers for evaluating the performance of conservative esthetic treatments.

The stage of dental shade selection, conducted prior to tooth preparation and composite layering, is equally critical. For direct shade determination, it is recommended to use customized shade guides, individualized and layered in varying thicknesses, fabricated from the same material intended for the final restoration.

Additionally, innovative dental color measurement systems (e.g., the Spectro Shade spectrophotometer) facilitate objective shade determination. Study 4 demonstrates how the understanding and combined application of these methods can contribute to achieving esthetic and predictable clinical outcomes, even in the case of complex anterior restorations.

The final study of this Ph.D thesis synthesizes the essential steps required to perform esthetic treatments using composite resin-based materials, to provide precise clinical guidance for dental practitioners. These recommendations are intended to enhance not only the understanding of the principles underlying the selection of composite materials according to their color characteristics, opacity, and translucency, but also the application of these principles in clinical practice.

PERSONAL CONTRIBUTIONS

Study 1: Evaluation of the optical properties of layered samples made of composite materials: methods of fabrication and color evaluation

Objectives: The aim of this study was to:

- a) To comparatively evaluate the optical properties of composite samples fabricated using different layering techniques.
- b) To determine whether the measurements obtained using different devices are similar/comparable.

Material and methods: A total of 48 flat, circular samples with a diameter of 10 mm were fabricated using three different composite resin-based restorative systems: Brilliant EverGlow (Coltene), IPS Empress Direct (Ivoclar Vivadent), and Essentia (GC). The following configurations were prepared:

Single-layer samples (SL) with thicknesses of 0.5 mm, 1 mm, and 1.5 mm, using different opacities (opaque dentin, body dentin, and enamel).

Double- and triple-layered samples (ML – multilayered), both with a total thickness of 1.5 mm, in various combinations of translucency and opacity, following an anatomical layering technique.

In total, seven different stratified sample configurations were obtained.

The SL samples were also superimposed (with and without the interposition of a sucrose solution between layers) to achieve a final thickness of 1.5 mm. This procedure resulted in three distinct sample categories, all with a total thickness of 1.5 mm: ML, SL-superimposed, and SL-sucrose.

The CIE L^* , a^* , b^* color coordinates of the samples were measured using a dental spectrophotometer (SFM, Vita Easy Shade, Vita) and a spectroradiometer (SRM, PR-655 Spectra Scan, Photo Research) on an A3 shade background ($L^* = 76.7$, $a^* = 7.4$, $b^* = 26.7$). After recording the data and tabulating the CIE L^* , a^* , b^* values for each material and measurement method, color differences (ΔE_{00}) and relative translucency differences (ΔRTP_{00}) were calculated between ML-SL-superimposed and ML-SL-sucrose samples.

The results were then compared with the respective perceptibility and acceptability thresholds: $PT_{00} = 0.8$, $AT_{00} = 1.8$, and for translucency, $TPT_{00} = 0.6$ and $TAT_{00} = 2.6$.

Results: The ΔE_{00} values obtained by comparing the SL and ML samples ranged from 3.52 to 4.53 when using the SFM (spectrophotometer) and from 1.15 to 2.60 when using the SRM (spectroradiometer). The color differences between the SL and ML samples were clinically acceptable ($\Delta E_{00} < 1.55$ units) only when a sucrose solution was placed between the monolayer samples. In this situation, only one material (IPS Empress) exceeded the acceptability threshold: $\Delta E_{00} = 2.62$.

Color differences were greater when measurements were performed using the Vita Easy Shade spectrophotometer, and the relative translucency values were higher for measurements taken with the spectroradiometer, especially when comparing ML samples with superimposed SL samples. The decreasing order of recorded translucency was as follows: BEG ($RTP_{00} = 6.74$) > ESS ($RTP_{00} = 3.28$) > IPS ($RTP_{00} = 2.01$).

Conclusions: *Within the limits of the results obtained in this study, we can state that:*

1) *The CIE Lab* parameters and TP_{00} values differed for all three composite resin systems used for layering.*

2) *The use of multilayered samples of composite resin materials, with varying degrees of opacity and translucency, provides more accurate results than simply superimposing these samples in different thicknesses. However, the color differences (ΔE_{00}) are acceptable when an optical continuity medium is placed between the layers of the superimposed samples.*

3) *The color difference values (ΔE_{00}) were higher when measurements were performed using the Vita Easy Shade spectrophotometer.*

Study 2. Chromatic and translucency compatibility among various composite resin-based materials and the associated stratification strategies

Objectives: This in vitro study aimed to compare the color and translucency of samples obtained using different layering techniques of three modern composite resin systems, and to assess the presence of color differences between the various layering techniques within the same system.

Material and methods: Three different composite resin systems were selected for this study: Essentia (GC Europe, Leuven, Belgium) – ESS, Brilliant Ever Glow (Coltene, Altstätten, Switzerland) – BEG, and IPS Empress Direct (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) – IPS. Enamel-type, body/dentin-type, and opaque shades from each system were used according to four different layering strategies, resulting in mono-, double-, and triple-layered samples. A total of 60 samples ($n = 5$) with a thickness of 1.0 mm were fabricated using four different layering protocols (R1, R2, R3, and R4): single-layer samples were prepared using only enamel shades (R1) or dentin shades (R2); double-layered samples (R3) consisted of 0.5 mm of dentin and 0.5 mm of enamel shade, while triple-layered samples (R4) were fabricated by layering 0.25 mm of opaque, 0.25 mm of dentin, and 0.5 mm of enamel shade.

The CIE L, a, b*, C*, and h° color coordinates** of the samples were measured using a non-contact dental spectrophotometer (SpectroShade Micro, Medical High Technologies), and color and translucency differences were calculated as follows:

1)By comparing samples fabricated with the same protocol across different resin systems, and

2)By comparing samples made from materials with different opacities within the same system but using different layering protocols.

The contribution of lightness (ΔL_{00}), chroma (ΔC_{00}), and hue (ΔH_{00}) to the total color difference was also calculated.

Results: The CIE L* and h° coordinates and ΔE_{00} values showed significant differences between the three composite resin systems for all four layering protocols ($p < 0.001$). The CIE a*, b*, and C* coordinates also differed significantly for the tested materials.

In all comparisons, the color differences between materials for each protocol exceeded the acceptability threshold (AT_{00}). The smallest color differences were observed for R1 (enamel-only samples) between BEG and IPS ($\Delta E_{00} = 3.3$), while the largest differences occurred for R4 (triple-layered samples) between ESS and IPS ($\Delta E_{00} = 8.5$).

The descending order of translucency for each protocol was:

R1: ESS > BEG > IPS

R2 and R3: BEG > IPS > ESS

R4: BEG > ESS > IPS

For BEG and IPS, translucency differences were below the perceptibility threshold (TAT_{00}) between R2 and R3.

Conclusions: Within the limits of this study, the following can be established:

1)Color differences between materials were more pronounced than translucency differences for each tested protocol.

2)The most significant differences in color and translucency between protocols were observed for ESS and IPS, primarily due to substantial variations in color and translucency between enamel and dentin layers.

3)For ESS, the use of a layering strategy in a minimally invasive restoration will significantly affect translucency and color compared to using only the enamel layer.

4)For BEG and IPS, translucency differences were below TAT_{00} between R2 and R3; thus, in some cases, applying a double-layer technique may not be justified compared to single-layer application of either enamel or dentin. However, the differences in color and translucency obtained when adding the opaque layer in the layering protocol were substantial, especially for IPS.

Study 3. Evaluation of the masking effect of stratified composite materials in the context of minimally invasive restorations

Objectives: The aim of this study was to evaluate the masking ability of different composite material samples, prepared using various layering systems, on a discolored

substrate. In this way, the study tested the potential use of these materials/layering protocols in the treatment of dental discolorations via direct veneering.

Materials and methods: To assess masking ability, this study included three modern light-cured composite resin systems:

Brilliant Ever Glow (Coltene, Altstätten, Switzerland) – BEG, a submicron hybrid composite, IPS Empress Direct (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) – IPS, a nano-hybrid composite, Essentia (GC Europe, Leuven, Belgium) – ESS, a micro-hybrid composite.

A total of 60 mono-, double-, or triple-layered samples ($n = 5$), 10 mm in diameter and 1 mm in thickness, fabricated using four different layering strategies (R1–R4) from the previous study, were evaluated for their masking ability. Additionally, double-layered 3 mm samples from each system (2.5 mm dentin + 0.5 mm enamel) were prepared as controls for background selection.

A further light-cured composite simulating a discolored dental substrate (Natural Die Material – Ivoclar Vivadent) was selected to create backgrounds over which the layered samples were placed. Only backgrounds ND1, ND2, ND3, and ND7 were included to test masking ability using the composite materials.

Test samples of 1 mm thickness were overlaid on the discolored backgrounds, and the CIE L, a, b*, C*, and h° color coordinates** were measured. Masking ability was determined by calculating ΔE_{00} color differences between samples placed on the ND1 background (control) and ND2, ND3, and ND7 backgrounds (test). The contributions of lightness (ΔL_{00}), chroma (ΔC_{00}), and hue (ΔH_{00}) to the total color difference (ΔE_{00}) were also calculated. In addition, the Whiteness Index (WID) and differences in whiteness between the sample on ND1 (control) and the test backgrounds (ND2, ND3, ND7) were determined.

Results: Statistical analysis comparing sample–substrate assemblies showed that the CIE L, a, h°, and WID coordinates** differed significantly between assemblies for all three resin systems across all four layering protocols ($p < 0.001$). The CIE L*, a*, b*, and C* coordinates also differed significantly for the tested materials, except for BEG and IPS in protocols R2 (on ND2 and ND7) and R3 (on ND3), and between ESS and IPS in R1 (on ND3) ($p \geq 0.001$).

In all comparisons and for all materials, color differences exceeded the acceptability threshold (AT_{00}), indicating that at a 1 mm thickness, layered samples in the four layering protocols did not achieve sufficient masking ability. The only exception was IPS Empress Direct, which could adequately mask the ND2 background ($\Delta E_{00} = 1.65$) with the triple-layered protocol R4. The largest color differences were observed for R1 (enamel-only samples).

For all materials, masking ability was greatest for R4 (IPS and BEG) or R2 (ESS), while the least effective protocol was R1. Across all materials, masking ability depended primarily on value, with chroma contributing minimally to masking the discolored substrate. Similar masking behaviors were observed for protocols R2 and R3 for BEG and IPS.

Conclusions: Within the limits of this study, the following conclusions can be drawn:

- 1) Only IPS Empress Direct successfully masked the ND2 discolored substrate using a triple-layered sample.
- 2) The easiest substrate to mask was ND2, with most materials achieving clinically acceptable masking in all protocols, except the enamel-type ESS material; the most difficult substrate to mask was ND7.
- 3) Although ND3 was challenging to mask, the difference in whiteness index indicates that most materials in all layering protocols had a positive impact on modifying the whiteness index.
- 4) The least effective masking protocol was R1 (enamel-only sample), while the most effective protocol was R4 (triple-layered sample containing an opaque layer).

Study 4: Conservative management of a class IV tooth fracture using a direct restorative approach – case report

Objectives: This chapter presents the method for performing a direct anterior restoration using a simplified and reproducible procedure for selecting restorative materials, following an initial dental color analysis.

Material and methods: A 20-year-old female patient (A.J.) presented to the dental clinic for an aesthetic restoration of the right maxillary central incisor (tooth 1.1). The anamnesis revealed that the patient had suffered an uncomplicated dental fracture of this tooth seven days earlier, which had been treated urgently in another dental office by restoring the incisal half of tooth 1.1.

Clinical examination was supplemented with photographic documentation of the initial situation; intraoral photographs were taken, and the tooth color evaluation guided the selection of the restorative materials. Color assessment was performed both visually (by comparison with a personalized composite shade guide) and instrumentally (using a non-contact spectrophotometer, SpectroShade Micro). Following visual and instrumental color assessment, the restorative materials were selected.

The treatment followed standard direct restoration procedures. A layered reconstruction of the tooth's optical characteristics was achieved using ESS composite materials in shades MD and LE, allowing a bio-mimetic rehabilitation of the tooth due to the calibrated optical properties designed to faithfully reproduce the natural characteristics of dentin and enamel.

Rezultate: The mean ΔE_{00} value for the incisal half of the two central incisors after treatment was $\Delta E_{00} = 1.52$.

Concluzii: Within the limits of this study, the following conclusions can be drawn:

- 1) Aesthetic restorations of anterior teeth can be achieved directly and conservatively using resin-based composite materials with adaptive chromatic response.

- 2)Optical integration was facilitated by the initial evaluation of the natural dental structures' optical properties using the SpectroShade spectrophotometer.
- 3)Application of the restorative materials was performed to biomimetically reproduce the natural optical properties of the evaluated tooth structures.

Study 5. Clinical strategies of anterior dental restorations: understanding color and composite resin selection

Objectives: This chapter aims to present the current methods for performing direct restorations in the anterior tooth region, using the composite materials analyzed in the previous chapters of the thesis. Emphasis is placed on the practical application of the optical properties studied earlier, with the primary objective being to evaluate the adaptive and optical integration capacity of these three different composite resin systems in conservative treatments applied to the maxillary anterior teeth.

Material and methods: For direct composite restorations of anterior teeth, the material must be selected and applied so that it integrates aesthetically as closely as possible, reproducing the optical properties, color, and translucency of natural teeth.

The essential clinical steps for achieving aesthetic composite restorations include a series of important procedures that guide the clinician toward optimal aesthetic results. In the anterior region, translucency should be chosen according to the natural translucency of the teeth and depending on the location and the size of the restoration. Photographs can be taken and digitally manipulated afterwards, in order to provide additional information about tooth brightness and saturation, thereby facilitating the selection of restorative materials.

For direct veneers made from resin composites, different techniques are employed depending on the indication of the treatment and the intended outcome: is the goal to improve shape, color, or both? This allows the clinician to choose between single-, double-, or triple-layered techniques, or to apply more complex layering principles.

Results: All three tested resin-composites systems were capable of replicating the optical aspects and color of natural teeth from the highly esthetic zone. However, the color of restorations must be evaluated over the long term, as it is subject to changes due to the oral environment over time.

Performing direct dental restorations using composite materials with advanced optical properties, combined with application through guided layering techniques, allows the creation of restorations with superior aesthetic integration.

Conclusions: Within the limits of the results obtained in this study, the following conclusions can be drawn:

- 1)Performing direct dental restorations using resin composite materials with advanced optical properties, combined with the application through guided layering techniques, allows the creation of restorations with superior aesthetic integration.

2) The clinical strategy for selecting the appropriate system should be based on the size of the restorative cavity and the existing optical complexity. Universal single-shade composites can be chosen for simplicity, while multi-layering techniques should be reserved for highly esthetic zones, always adapting the opacity and the thickness of the material to the clinical requirements.

GENERAL CONCLUSIONS

The continuous evolution of resin-based composite materials and the development of contemporary materials are based on principles of improved reliability and clinical simplification.

As a result of color and translucency assessment of three different contemporary composite resin systems, applied using various layering strategies, it was demonstrated that the CIE L, a, b* coordinates and TP₀₀** values differed for all three composite resin systems used for layering.

Furthermore, the results showed that in color assessment studies, the use of multilayered composite resin samples with varying degrees of opacity and translucency provides more precise data than simply overlaying samples of different thicknesses. Multilayered samples can also be created by superimposing different materials, but an optical continuity medium must be applied between layers.

Measurements made with the Vita Easyshade spectrophotometer generated higher color difference values (ΔE_{00}) compared to those obtained using a spectroradiometer. Although the two instruments differ due to their measurement geometry, they showed similar trends: color differences between materials were more significant than differences in translucency for each layering protocol evaluated.

The materials from the three systems included in this study differ not only in the number of available syringes but also in the Vita coding. The most significant color and translucency differences between protocols were identified for IPS and ESS (polychromatic Vita-coded system vs. simplified non-Vita system). These differences were primarily due to significant variations in color and translucency between enamel and dentin.

For ESS composite, where enamel has high translucency, using it in a minimally invasive restoration as part of a layering strategy together with other materials significantly influences the final translucency and color of the restoration, compared to using the enamel layer alone.

For BEG and IPS (simplified and polychromatic systems), bilaminar stratification methods composed of enamel + dentin do not produce major color changes compared to single-layer techniques using only enamel or body material. However, the color and translucency differences achieved when adding an opaque layer to the layering protocol are very significant, especially for IPS.

In the context of evaluating masking ability, used in minimally invasive stratification procedures, it was observed that at a 1 mm thickness, IPS was the only

material capable of masking the ND2 discolored substrate when a triple-layered IPS sample (0.25 mm opaque dentin + 0.25 mm body + 0.5 mm enamel) was applied.

The easiest substrate to mask was ND2; most materials, across all layering protocols, achieved clinically acceptable masking of this substrate, except for the enamel-type ESS material. Although ND3 is more difficult to mask, the difference in Whiteness Index (WID) demonstrates that most materials in all layering protocols had a positive impact on modifying the whiteness index. The least effective masking protocol was R1 (enamel-only sample), while the most effective was R4 (triple-layered sample containing an opaque layer).

Considering the results obtained from in vitro color studies and their practical applications in multilayered direct restorations in vivo, it can be concluded that achieving esthetic excellence requires clinicians to fully understand and integrate the art and science underlying composite layering principles. Only a comprehensive understanding of the multiple factors that influence the final restoration outcome ensures aesthetic results with a positive impact on patients.

Aesthetic restorations of anterior teeth can be performed directly and conservatively using resin-based composites with adaptive chromatic response. Their optical integration is facilitated by proper evaluation—using both visual and instrumental techniques—of the optical properties of natural dental structures, followed by application of restorative materials aimed at biomimetically reproducing these properties.

The clinical strategy for selecting the appropriate system should be based on the size of the cavity and the existing optical complexity. Universal single-shade composites can be selected for simplicity, while multilayering techniques should be reserved for high-esthetic areas, always adapting the opacity and thickness of the material according to clinical indications and objectives.

ORIGINALITY AND INNOVATIVE CONTRIBUTIONS OF DOCTORAL RESEARCH

The research presented in this Ph.D thesis involved multidirectional studies of creating direct restorations, using resin-based composite materials correlated with concepts of dental esthetics and optical properties, while the current literature only addresses specific research segments for certain categories of dental materials.

The studies included had, as an element of originality and contribution to the current state of scientific research, the chromatic characterization and evaluation of CIE L, a, b* coordinates** of new materials in the composite resin category, which exhibit modern developmental trends and different light-refractive properties. These materials were evaluated following their layering using different configurations, with minimal thicknesses of 0.5 mm, 1 mm, or 1.5 mm, and it was demonstrated that for the optimal evaluation of a material's color characteristics, it is necessary to either use directly

layered samples or superimpose samples with the insertion of an optical medium that ensures optical continuity.

All of the materials studied have similar codification, despite differing in chemical composition, with some being micro-hybrid, submicron hybrid, or nano-hybrid. Consequently, one of the primary research directions was to quantify their optical properties, including light reflection/refraction, translucency, adaptive response technologies, and optical integration, when applied in various layering configurations with different degrees of translucency and opacity.

Beyond the chromatic characterization of these materials, the studies included in this doctoral thesis also assess the compatibility of their optical properties when applied in different configurations, as well as the need for customized composite shade guides, tailored to each clinical situation.

Additionally, the evaluation of the masking ability of discolored substrates using these composite materials within minimally invasive treatments provides precise guidance for selecting appropriate layering protocols according to the color of the underlying substrate. Data obtained through SpectroShade spectrophotometer measurements proved particularly useful for subsequent clinical studies, guiding the selection and layering of composite materials.

Another significant contribution involves the clinical performance of multilayered aesthetic restorations, highlighting the importance of selecting and adapting these materials according to clinical indications and the specific objectives of each case.

Finally, the *in vivo* assessment of the behavior and optical integrity of these materials, applied using various layering techniques in minimally invasive aesthetic treatments, represents an important research direction for further exploration.