

Utjecaj stupnja maturacije i zaštitnog premazivanja na promjenu boje restaurativnih materijala

Vresk, Klara

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, School of Dental Medicine / Sveučilište u Zagrebu, Stomatološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:127:572590>

Rights / Prava: [Attribution-NonCommercial 4.0 International/Imenovanje-Nekomercijalno 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-11**



Repository / Repozitorij:

[University of Zagreb School of Dental Medicine Repository](#)





Sveučilište u Zagrebu

Stomatološki fakultet

Klara Vresk

**UTJECAJ STUPNJA MATURACIJE I
ZAŠTITNOG PREMAZIVANJA NA
PROMJENU BOJE RESTAURATIVNIH
MATERIJALA**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2024.

Rad je ostvaren u: Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za endodonciju i restaurativnu stomatologiju

Mentor rada: doc.dr.sc. Ana Ivanišević, Zavod za endodonciju i restaurativnu stomatologiju, Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Lektor hrvatskog jezika: Mirjana Vusić, profesor hrvatskog jezika i književnosti

Lektor engleskog jezika: Tihana Hrešč, profesor engleskog jezika

Rad sadrži: 33 broj stranica

5 tablica

10 slika

Rad je vlastito autorsko djelo, koje je u potpunosti samostalno napisano uz naznaku izvora drugih autora i dokumenata korištenih u radu. Osim ako nije drukčije navedeno, sve ilustracije (tablice, slike i dr.) u radu su izvorni doprinos autora diplomskog rada. Autor je odgovoran za pribavljanje dopuštenja za korištenje ilustracija koje nisu njegov izvorni doprinos, kao i za sve eventualne posljedice koje mogu nastati zbog nedopuštenog preuzimanja ilustracija odnosno propusta u navođenju njihovog podrijetla.

Zahvala

Od srca zahvaljujem dragoj mentorici doc. dr. sc. Ani Ivanišević na pomoći i suradnji tijekom pisanja ovog rada, ali i na svom znanju prenesenom tijekom studija, na iznimnoj strpljivosti i susretljivosti i svakoj riječi ohrabrenja.

Neizmjereno hvala i mojim roditeljima, Sanji i Ivanu, koji su me poticali i hrabрили od mojih prvih školskih koraka do zadnjeg dana ovog studija. Hvala i mojoj sestri i baki na svakoj riječi podrške i utjehe ovih šest godina. Bez vas ne bih bila tu gdje jesam.

Hvala mojim bubama Dori i Mari koje su mi uljepšale svaki dan unutar i van ovog fakulteta, od prvih dana na Schlosserovim do zadnjeg dana u Gundi. S vama je bilo lakše prolaziti sve što su nosile ove duge, ali lijepe godine. Sretna sam što mi je fakultet donio prijateljice za čitav život.

Hvala mojim kolegama s kraja abecede na dijeljenju znanja i veselja na svakom koraku. Svako putovanje na Dubravu s vama je bilo lakše.

Hvala svim mojim prijateljima „s Cvjetnog“ zbog kojih su mi studentski dani ostali u najljepšem sjećanju.

Hvala mojim prijateljicama iz srednje škole koje su sa mnom krenule u studentski život i dijelile sve njegove čari.

Zahvaljujem i svim mojim mentoricama, doktorici Blaženki, doktorici Sanji te doktoricama Sonji i Valentini, što su uvijek bile spremne nesebično podijeliti znanje, savjete i ohrabrenja.

UTJECAJ STUPNJA MATURACIJE I ZAŠTITNOG PREMAZIVANJA NA PROMJENU BOJE RESTAURATIVNIH MATERIJALA

Sažetak

U kontekstu potiskivanja amalgama iz kliničke prakse, staklenoionomerni cementi predstavljaju jednu od zamjenskih opcija. Biokompatibilnost je njihova komparativna prednost, no njihova su mehanička i estetska svojstva inferiorna u usporedbi s kompozitnim materijalima. Promjena boje restaurativnih materijala određena je svojstvima materijala i djelovanjem vanjskih čimbenika. Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi utjecaj stupnja maturacije i zaštitnog premazivanja na promjenu boje restaurativnih materijala temeljenih na staklenim ionomerima u uvjetima cikličkog izlaganja diskolorirajućem sredstvu.

U istraživanju su ispitana dva materijala: viskoviskozni stakleni ionomer Ketac Universal Aplicap i staklo-hibridni materijal Equia Forte HT Fil. Uzorci su podijeljeni u osam eksperimentalnih skupina – svaki materijal u nematuriranom i maturiranom obliku s pripadajućim zaštitnim premazom i bez premaza. Inicijalna boja određena je za svaki uzorak prije cikličkog izlaganja zelenom čaju te ponovo po završetku izlaganja kako bi se izračunala promjena boje (ΔE). Rezultati su statistički obrađeni ANOVA te post-hoc Bonfferoni testom s razinom statističke značajnosti $\alpha=0.05$.

Dobivenim rezultatima utvrđeno je da skupine višeg stupnja maturacije i premazane zaštitnim premazom imaju manju promjenu boje, statistički značajnu za skupine Equia ($p<0,05$). Usporedbom materijala, značajno manja promjena boje zabilježena je u skupinama viskoviskoznog staklenoionomernog cementa u odnosu na staklo-hibridni materijal ($p<0,05$).

U okviru ovog *in vitro* istraživanja može se zaključiti da stupanj maturacije i zaštitno premazivanje utječu na stabilnost boje materijala temeljenih na staklenim ionomerima. Maturacija i zaštitni premaz smanjili su stupanj diskoloracije viskoviskoznog staklenog ionomera, ali ne značajno. Promjena boje staklo-hibridnog restaurativnog materijala u uvjetima cikličke izloženosti diskolorirajućem sredstvu bila je značajna.

Ključne riječi: diskoloracija; kolorimetrija; maturacija; staklo-hibridni materijal; staklenoionomerni cement; zaštitni premaz.

THE IMPACT OF THE MATURATION DEGREE AND PROTECTIVE COATING ON THE DISCOLORATION OF THE RESTORATIVE MATERIALS

Summary

In the context of phasing out amalgam from clinical practice, glass ionomer cements represent one of the alternative options. Biocompatibility is their comparative advantage, but their mechanical and aesthetic properties are inferior compared to composite materials. The discoloration of restorative materials is determined by the material properties and the influence of external factors. This study aimed to determine the impact of the maturation degree and protective coating on the discoloration of glass ionomer-based materials under conditions of cyclic exposure to a discoloring agent.

Two materials were tested in the study: high-viscosity glass ionomer Ketac Universal Aplicap and glass-hybrid material Equia Forte HT Fil. Samples were divided into eight experimental groups — each material in both non-matured and matured forms with and without the protective coating. The initial color was determined for each sample before cyclic exposure to green tea and again after exposure to calculate the color change (ΔE). The results were statistically analysed using ANOVA and post-hoc Bonferroni test with a level of significance $\alpha=0.05$.

The results showed that groups with a higher maturation degree and coated with a protective coat had a smaller color change, statistically significant for the Equia groups ($p<0.05$). Comparing the materials, a significantly smaller color change was observed in the high-viscosity glass ionomer cement groups compared to the glass-hybrid material ($p<0.05$).

Within the framework of this in vitro study, it can be concluded that the degree of maturation and protective coating affect the color stability of glass ionomer-based materials. Maturation and protective coating reduced the degree of discoloration of the high-viscosity glass ionomer, but not significantly. The color change of the glass-hybrid restorative material under the conditions of cyclic exposure to a discoloring agent was significant.

Key words: discoloration; colorimetry; maturation; glass-hybrid material; glass ionomer cement; protective coating.

SADRŽAJ

| | |
|--|----|
| 1. UVOD | 1 |
| 1.1. Staklenoionomerni cementi i materijali temeljeni na staklenoionomernim cementima..... | 2 |
| 1.2. Prirodna boja zuba i njezino određivanje | 6 |
| 1.3. Cilj, nul hipoteze i svrha rada..... | 8 |
| 2. MATERIJALI I POSTUPCI..... | 9 |
| 2.1. Materijali | 10 |
| 2.2. Postupci | 11 |
| 2.2.1. Izrada uzoraka | 11 |
| 2.2.2. Priprema zelenog čaja | 13 |
| 2.2.3. Izlaganje uzoraka..... | 13 |
| 2.2.4. Mjerenje boje..... | 14 |
| 2.3. Statistička obrada podataka | 15 |
| 3. REZULTATI..... | 16 |
| 4. RASPRAVA | 21 |
| 5. ZAKLJUČAK | 26 |
| 6. LITERATURA | 28 |
| 7. ŽIVOTOPIS..... | 32 |

Popis skraćenica

HEMA – 2- hidroksietilmetakrilat

SIC – staklenoionomerni cement

SM SIC – smolom modificirani staklenoionomerni cement

D3MA – dekandiol dimetakrilat

10-MDP – 10-metakriloiloksidecil dihidrogen fosfat

ANOVA – jednosmjerna analiza varijance

1. UVOD

Dentalni amalgam je legura žive s metalima (srebro, kositar, bakar, cink) koja se u restaurativnoj dentalnoj medicini dugo koristila kao materijal izbora za izradu ispuna u stražnjoj regiji zahvaljujući svojim izvrsnim mehaničkim svojstvima (kao što su otpornost na tlak, vlak i trošenje), niskoj cijeni te jednostavnoj aplikaciji. Međutim, loša estetska svojstva, korozija te diskoloracija zuba sve više potiskuju amalgam iz svakodnevne kliničke uporabe. Kasnije provedenim istraživanjima primjena amalgama dovedena je u pitanje zbog potencijalno toksičnog utjecaja žive na biološki i ekološki sustav (1). Od 11. svibnja 2017. godine primjenjuje se Minamatska konvencija o živi, sklopljena pod okriljem Programa UN-a za okoliš, kojom se utvrđuje niz međunarodnih pravila za suradnju i mjere za ograničavanje uporabe žive i živinih spojeva. U sklopu konvencije nalazi se i članak koji uključuje mjere za postupno ukidanje uporabe dentalnog amalgama (2). Danas ne postoji materijal koji bi u potpunosti zamijenio amalgam. U te svrhe, ovisno o situaciji – imajući u vidu biološki pristup terapiji, minimalnu invazivnost, zahtjeve pacijenta i industrijske mogućnosti – danas se koriste dvije osnovne skupine materijala. To su kompozitni materijali te staklenoionomerni cementi (SIC). Iako SIC-evi imaju inferiorna mehanička svojstva u usporedbi s kompozitima, njihova prednost je bolja biokompatibilnost (3, 4).

1.1. Staklenoionomerni cementi i materijali temeljeni na staklenoionomernim cementima

Staklenoionomerne cemente razvili su 1972. godine Wilson i Kent, a od 1976. godine počinju se koristiti u dentalnoj medicini. Posljednjih se desetljeća intenzivno razvijaju s ciljem poboljšanja njihovih mehaničkih svojstva što bitno širi indikacije za primjenu SIC materijala u terapiji ispunom (1).

SIC materijali sastoje se od praška kojeg čini kalcijfluoroaluminosilikatno staklo ili kalcijsko-aluminijski fluorosilikat ($\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-CaF}_2\text{-AlPO}_4\text{-Na}_3\text{AlF}_6$) i tekućine koja je 35% – 65% vodena otopina polimera karboksilne kiseline, najčešće akrilne, maleinske i itakonske. Prašak predstavlja baznu komponentu cementa, a tekućina kiselu. Njihovim miješanjem, ručno ili u miješalici (ako se radi o inkapsuliranom sustavu) dolazi do kemijske, acido-bazne reakcije koja dovodi do strukturiranja i stvrdnjavanja materijala, na način da karboksilne skupine kiselina iz tekućine reagiraju s česticama praša pri čemu nastaju polikarboksilatne soli i voda. Osim što je

medij u kojem se reakcije odvijaju, voda sudjeluje u formiranju silicijeva hidrogela i ima ključnu ulogu u otpuštanju fluorida iz SIC-a (4, 5).

Voda ima važnu ulogu i u strukturiranju cementa. Čini između 11 % i 24 % stvrdnutog cementa pa se za SIC može reći da je hidrofilni materijal. Udio vode dijeli se na „slabo vezanu vodu“ koja se može lako odstraniti dehidracijom i na „čvrsto vezanu vodu“ koja se ne može odstraniti i ostaje važan dio reakcije stvrdnjavanja kao i završno stvrdnutog cementa. U ranijim stadijima nakon miješanja i prije završnog stvrdnjavanja, soli kalcijeva poliakrilata još su uvijek visoko topive u vodi te nestvrdnuti cement može primiti još vode. Suprotno tomu, slabo vezana voda može se izgubiti isparavanjem ako je cement izložen zraku (4,6). Nakon stvrdnjavanja cementa voda zauzima različite lokacije oko metalnih kationa (prvenstveno Ca^{2+} i Al^{3+} , ali i Sr^{2+} i Na^+) koji imaju visoke koordinacijske brojeve ili oko polianionskog lanca (7). Ako u toj fazi dođe do gubitka vode, cement puca i poprima kredast izgled. S vremenom, odnosno maturacijom ili sazrijevanjem cementa, smanjuje se udio „slabo vezane vode“ u odnosu na udio „čvrsto vezane vode“ (4, 8). SIC-evi su osjetljivi na vodu, posebno na njezinu pretjeranu apsorpciju (s posljedičnim otapanjem cementa i površinskom erozijom) ili gubitak (s posljedičnim mikropukotinama i kredastim izgledom) prije nego što cement potpuno maturira. Zbog toga se preporuča zaštita površine cementa od dodatne vode vodoopornim sredstvom (lakovima ili premazima na bazi smole) kako bi se spriječilo otapanje metalnih kationa, odnosno gubitak slabo vezane vode iz nematuriranog materijala u suhim uvjetima (npr. zijevanje za vrijeme zahvata) (4, 6, 8). Kliničko stvrdnjavanje SIC-a završava već za nekoliko minuta, no faza „maturacije“ nastavlja se tijekom sljedećih 4 – 6 tjedana, a razlikuje se među cementima (7). Glavni razlog tome je spora reakcija aluminijevih iona, prouzročena osjetljivošću SIC-a na ravnotežu vode (7). SIC mora biti zaštićen od kontaminacije slinom nekoliko sati nakon postavljanja jer je u toj fazi topiv te površina postaje slaba (smanjenje tvrdoće i čvrstoće) i neprozirna. Nadalje, SIC treba biti zaštićen od gubitka vode u fazi maturacije, kad još voda nije čvrsto vezana oko metalnih kationa i polianionskog lanca jer to može dovesti do skupljanja materijala, njegovog pucanja i odvajanja (9). Budući da svi SIC-evi postižu veću translucenciju maturacijom, ona također pridonosi estetskom poboljšanju ispuna (4).

Zahvaljujući ionskim vezama koje se stvaraju između aniona slobodnih karboksilnih skupina SIC-a (COO^-) i kationa zuba (Ca^+), SIC se na zub veže kemijskom vezom bez posredujućeg sredstva. Snaga takve veze je slabija u odnosu na snagu veze koja se postiže kompozitnim materijalima, ali je pouzdana i otporna na dezintegraciju (1).

Staklenoionomerni cementi klasificirani su prema različitim autorima u više kategorija. Prema sastavu, staklenoionomerni cementi klasificirani su prema Hickelu u četiri skupine:

- Konvencionalni SIC

Prvi materijali iz skupine SIC-a nastali su kombinirajući svojstva silikatnog cementa (čvrstoću, krtost i otpuštanje florida) sa svojstvima poliakrilne kiseline (biokompatibilnost i adhezijska svojstva), a danas se koriste pri izradi definitivnih ispuna na mliječnim i trajnim zubima (4).

- Metalima pojačani SIC

Prvi su put predstavljani 1977. godine kao SIC-evi kojima su dodani metalni ioni u stakleni prašak. Dodatkom metalnih iona materijalu se povećavaju fizikalna svojstva (dobiven je čvršći materijal otporniji na lom). Danas se sve manje primjenjuju zbog loših estetskih svojstva, a indicirani su za izradu ispuna u stražnjoj regiji te za restauracije zuba nosača protetskih nadomjestaka u protetici (4).

- Visokoviskozni SIC

Odlikuje ih povećan udio praška zbog čega imaju bolja mehaničkih svojstava, a pretežno se koriste kao materijal izbora u atraumatskom restaurativnom tretmanu, za restauracije na stražnjim zubima u mliječnoj i trajnoj denticiji (4).

- Smolom modificirani SIC

To su hibridni materijali nastali kombinacijom svojstava konvencionalnih SIC-eva sa svojstvima kompozitne smole. Nastali su s ciljem poboljšanja fizikalnih svojstava konvencionalnih SIC-eva tako što se u vodenu otopinu poliakrilne kiseline dodaje smolasti monomer topljiv u vodi, 2-hidroksietilmetakrilata (HEMA). Također, današnji SM SIC u svojem sastavu sadrže i odgovarajuću količinu inicijatora polimerizacije koji im omogućava da se stvrdnjavaju i fotopolimerizacijom ili tamnom polimerizacijom. Budući da se tako stabilizira stvrdnjavajući cement i uvelike je smanjen problem s ravnotežom vode, to im daje prednost u kliničkom radu (4).

Prednosti SIC-a kao restaurativnog materijala su ostvarivanje kemijske veze za tvrda zubna tkiva, aktivno otpuštanje fluorida, biokompatibilnost i niska toksičnost, toplinska biokompatibilnost, dobra termička izolacija te jednostavan postupak primjene. Budući da SIC-evi imaju i određena mehanička loša svojstva kao što su krhkost, sklonost frakturama, slabija otpornost na trošenje, neodgovarajuća svojstva površine i osjetljivost na vlagu, ponekad prednost imaju drugi restaurativni materijali, najčešće kompoziti. Kako bi se smanjio utjecaj

loših mehaničkih svojstva SIC-eva, novijim se materijalima na tržištu poboljšavaju svojstva modifikacijom sastava tekućine i praha, omjera tekućine i praha, veličine i distribucije čestica praha, odnosno fluoro-alumino-silikatnog stakla te primjenom mikrolaminirane tehnike kroz nanošenje svjetlosno-polimerizirajućeg premaza punjenog nano-česticama (1, 4, 5). Tako nastaju metalima ojačani, visokoviskozni, smolom modificirani SIC-evi i staklo-hibridni materijali. Poboljšana mehanička i estetska svojstva dovode do proširenja indikacija za primjenu ovih materijala kao privremenih ispuna, ispuna u mliječnoj denticiji te dugotrajnih ispuna u trajnoj denticiji (1, 4, 5).

U zadnjih petnaestak godina, u restaurativnoj dentalnoj medicini pojavljuju se novi materijali koji su se razvili iz staklenoionomernih cemenata – staklo-hibridni materijali. Ti materijali temeljeni na SIC tehnologiji, modificirani su česticama stakla različitih veličina, čime su im poboljšana mehanička svojstva u odnosu na SIC-eve. To ih čini prikladnima te im u pojedinim kliničkim situacijama daje prednost u izradi dugotrajnih ispuna u stražnjoj regiji. Prvi takvi materijali predstavljeni su kao novi koncept restaurativnih materijala koji se sastoje od dvije komponente: Fuji IX GP Extra (viskoviskozni SIC) i zaštitnog premaza punjenog nano-česticama. Kasnije je taj dvokomponentni sustav preimenovan u Equia Fil. Zahvaljujući zaštitnom premazu ispunjenom nano-česticama postignuta su bolja mehanička i estetska svojstva, a postupak u kojem se viskoviskozni SIC premazuje pripadajućim nanopunjenim smolastim premazom nazvan je laminarnom tehnikom. Equia Forte Fil staklo-hibridni materijal razvijen je 2015. godine, a njega je naslijedio Equia Forte HT Fil predstavljen na tržištu 2019. godine (12). Indikacija za primjenu Equia Forte HT Fil su ispuni 1. i 2. razreda, a može se koristiti i kao materijal za izradu ispuna 5. razreda (13).

U svrhu poboljšanja brtvljenja, ojačavanja i zaštite površine ispuna, uz Equia Forte HT Fil se prema preporuci proizvođača koristi svjetlosno-polimerizirajući zaštitni premaz EQUIA Forte Coata. Zahvaljujući njemu omogućeno je stvaranje zaštitnog sloja na površini ispuna te neometano stvrdnjavanje materijala ispod. Samim time, ispun je zaštićen od trošenja i kemijskih utjecaja (13). Osim premaza koji je kao takav i deklariran, mogu se koristiti i drugi smolasti premazi, posebice ako su punjeni nanopunilima što je slučaj s univerzalnim adhezivima. Prema uputama proizvođača kao zaštitni premaz za staklenoionomerne ispune može se koristiti Scotchbond Universal Plus (10). On pripada adhezivima 8. generacije koji predstavljaju univerzalne adhezive koji se mogu koristiti kao samojetkajući sustavi ili jetkajuće-ispirujući sustavi. Sastoje se od otapala, smole, kiselih monomera i čestica nanopunila. Otapalo je najčešće etanol ili aceton, a smolu čini oligomerna matrica, tj. hidrofilna HEMA i hidrofobni

D3MA. Negativno svojstvo HEMA-e je apsorpcija vode što dovodi do diskoloracije i hidrolize samog adheziva. Kiseli monomeri razlikuju 8. generaciju adheziva od prijašnjih, a prvi takav sintetizirani i danas najčešće korišteni je 10-MDP. Dokazano je da 10-MDP stvara kemijsku vezu s ionima kalcija (Ca^{2+}) te kao rezultat te reakcije nastaju MDP-Ca soli koje se talože u samosvezujući nano sloj na površini (11).

1.2. Prirodna boja zuba i njezino određivanje

Svjetlost koja pada na određeni objekt može proći kroz njega, odbiti se ili apsorbirati. Naše oko reagira na to tako što nam, zahvaljujući fenomenu vizualne percepcije, stvara sliku u boji.

Boja zuba nije konstantna i mijenja se utjecajem različitih vanjskih i unutrašnjih čimbenika. Zahvaljujući tome svaki zub, i određena skupina zubi, ima svoju određenu boju što pridonosi raznolikosti ljudi i jedinstvenosti svakog pacijenta. Samim time, boja predstavlja izazov stomatologu pri provođenju različitih zahvata u usnoj šupljini, bilo da želi zadržati dosadašnju boju zuba ili ju promijeniti (14).

Kako bi se precizno odredila boja, potrebno je poznavati tri osnovna parametra, to su: svjetlina (eng. *lightness*), stupanj zasićenosti (eng. *chroma*) i nijansa (eng. *hue*) (14).

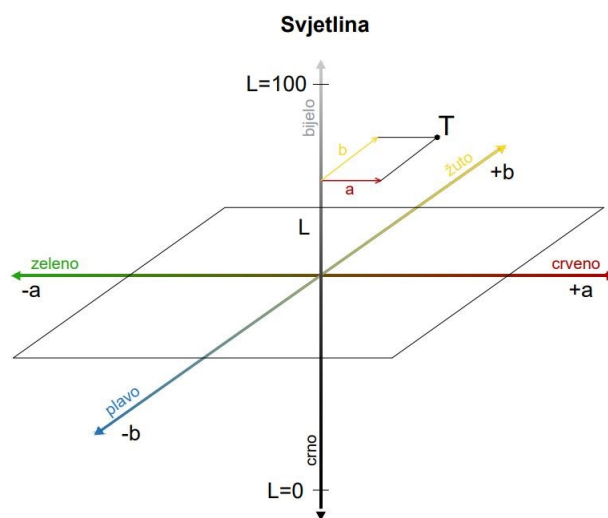
Budući da estetika postaje sve veći prioritet u dentalnoj medicini, potreba za što preciznijim određivanjem boje zuba sve je veća. To potiče dentalnu industriju na podizanje ljestvice u pogledu proizvodnje kvalitetnijih stomatoloških materijala i razvijanje tehnologije procjene boje. Danas su razvijene različite tehnike kojima se procjenjuje boja zuba, od vizualnih do digitalnih (14).

Početak dvadesetog stoljeća razvijaju se različite metode kojima se pokušava objektivizirati postupak određivanja boje. Sustav koji se danas najviše koristi te se smatra univerzalno prihvaćenom tehnikom određivanja boje je CIE-in (fr. Commission Internationale de l'Eclairage) L^*a^*b sustav – CIELAB. To je trodimenzionalni sustav u kojem su tri glavne osi x, y i z pretvorene u: vertikalnu L (eng. „*lightness*“), koja određuje svjetlinu, te dvije horizontalne osi a i b, koje određuju stupanj zasićenosti i nijansu boje. Time se postiže kvantifikacija pozicije svake boje. Svjetlina se, kao i stupanj zasićenosti i nijansa, radijalno povećava što se više udaljava od centra koji predstavlja akromatizam. Nijanse su raspoređene

oko središnje akromatske točke od plave prema crvenoj zatim žutoj i zelenoj. Tako se u gornjoj ravnini boje se doimaju svjetlije, a u donjoj tamnije (15).

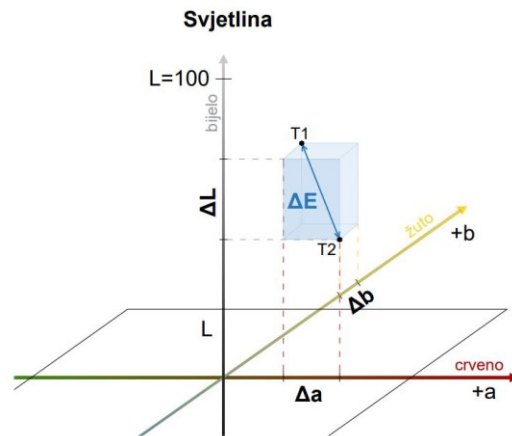
Vertikalna os je centralna, crno-bijela os, os a je zeleno-crvena os, a os b je plavo-žuta os. U ovoj ravnini boja, što se promatrana boja nalazi dalje od centra, to je ona intenzivnija i svjetlija, a što se nalazi bliže centru, to je tamnija (15).

Oznakom E (njem. „*Empfindung*“) označava se položaj određene boje u trodimenzionalnom koordinatnom sustavu koji je određen koordinatama L, a i b (Slika 1) (15).



Slika 1. Položaj boja u L*a*b* sustavu

ΔE označava udaljenost dviju točaka (tj. boja) u trodimenzionalnom koordinatnom sustavu, a matematički se može prikazati formulom: $\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$ (Slika 2) (15). Ako je vrijednost ΔE veća od 3.3, smatra se da je stabilnost boje ispitivanog materijala nedovoljna (16).



Slika 2. Matematički prikaz promjene boje

1.3. Cilj, nul hipoteze i svrha rada

Cilj istraživanja je utvrditi utjecaj stupnja maturacije i zaštitnog premazivanja (Scotchbond Universal, 3M ESPE i Equia Coat, GC) na promjenu boje restaurativnih materijala u uvjetima cikličkog izlaganja diskolorirajućem sredstvu.

Postavljene nulte hipoteze istraživanja su:

1. premazivanje materijala zaštitnim premazom na bazi smole neće utjecati na stupanj promjene boje ispuna
2. stupanj maturacije materijala u vrijeme cikličkog izlaganja diskolorirajućem sredstvu neće utjecati na stupanj promjene boje
3. razlika u promjeni boje između staklo-hibridnog i visoko-viskozno staklenoionomernog materijala neće biti značajna u istim uvjetima (premazivanje i stupanj maturacije).

Svrha istraživanja je utvrditi postojanost boje visokoviskoznog staklenoionomernog (Ketac Molar, 3M ESPE) i staklo-hibridnog materijala (Equia Forte HT Fil, GC) koji su indicirani za trajne ispune 5. razreda te manje trajne ispune 1. i 2. razreda.

2. MATERIJALI I POSTUPCI

2.1. Materijali

U ovom radu korištena su 2 materijala s pripadajućim zaštitnim premazima: Ketac Universal Aplicap (3M ESPE, Neuss, Njemačka) sa Scotchbond Universal Plus (3M ESPE, Neuss, Njemačka) te Equia Forte HT Fil (GC, Tokyo, Japan) s Equia Forte Coat (GC, Tokyo, Japan) (Tablica 1, Slika 3). Uzorci bili su podijeljeni su 8 eksperimentalnih skupina:

1. Ketac u nematuriranom obliku bez premaza (KM)
2. Ketac u nematuriranom obliku s premazom (KMC)
3. Ketac u maturiranom obliku bez premaza (mKM)
4. Ketac u maturiranom obliku s premazom (mKMC)
5. Equia u nematuriranom obliku bez premaza (Eq)
6. Equia u nematuriranom obliku s premazom (EqC)
7. Equia u maturiranom obliku bez premaza (mEq)
8. Equia u maturiranom obliku s premazom (mEqC).

Iako je Scotchbond Universal Plus prvenstveno adhezijsko sredstvo korišteno prilikom izrade kompozitnog ispuna, prema uputama proizvođača, može se koristiti i kao zaštitni premaz za zaštitu površine ispuna od staklenoionomernog cementa (10).

Tablica 1. Materijali korišteni u istraživanju

| Komercijalni naziv | Vrsta materijala | Proizvođač | Kemijski sastav |
|----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|--|
| Ketac Universal Aplicap | Konvencionalni visokoviskozni SIC | 3M ESPE, Neuss, Germany | Oksidno staklo, kopolimer akrilne kiseline – maleinske i vinske, voda |
| Equia Forte HT Fill | Staklohibrid | GC, Tokyo, Japan | 95% stroncijevu fluoroaluminosilikatno staklo, poliakrilna kiselina |
| Scotchbond Universal Plus | Adheziv 8. generacije | 3M ESPE, Neuss, Germany | Etanol, voda, HEMA, D3MA, 10-MDP, fotoinicijator |
| Equia Forte Coat | Zaštitni premaz | GC, Tokyo, Japan | 50% metil-metakrilat, monomer estera fosforne kiseline, fotoinicijator |



Slika 3. Korišteni materijali

2.2. Postupci

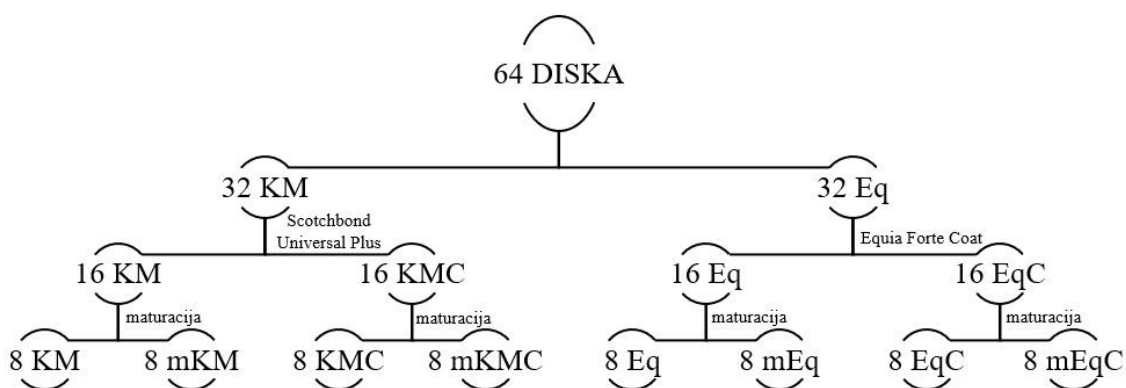
Istraživanje je izvršeno u nekoliko koraka. Prvi korak bila je izrada uzoraka u obliku diskova standardiziranih dimenzija. Zatim su isti podijeljeni u skupine te izlagani zelenom čaju tijekom 2 tjedna, prije i nakon čega im je izmjerena boja.

2.2.1. Izrada uzoraka

Ispitivani materijali pripadaju inkapsuliranim sustavima. Zamiješani su prema uputama proizvođača te su utisnuti u teflonske kalupe koji su s gornje i donje strane izolirani celuloidnim trakama. Tako su dobivena 64 diska promjera 8 mm i debljine 2 mm. 32 diska napravljena su od Ketac Universal Aplicapa, a drugih 32 od Equia Forte HT Fila. Nasumično je odabrano po 16 diskova iz svake skupine koji će se premazati odgovarajućim zaštitnim premazom – diskovi Ketac Universal Aplicapa premazat će se ScotchBondom, a diskovi napravljeni od Equia Forte HT Fila premazat će se Equia Forte Coatom (Slika 4). Potom je iz svake skupine od 16 uzoraka nasumično odabrano 8 uzoraka koji će biti izloženi cikličkom izlaganju zelenom čaju 24 sata nakon miješanja, svakodnevno tijekom 2 tjedna. Preostali uzorci držat će se u uvjetima 100% vlažnosti na 37°C u inkubatoru tijekom perioda maturacije materijala (6 tjedana) te će se izlagati diskolorirajućem sredstvu (zelenom čaju) nakon maturacije po istom protokolu kao nematurirani opisanom u potpoglavlju 2.2.3 (Slika 5).



Slika 4. Postupak izrade uzoraka



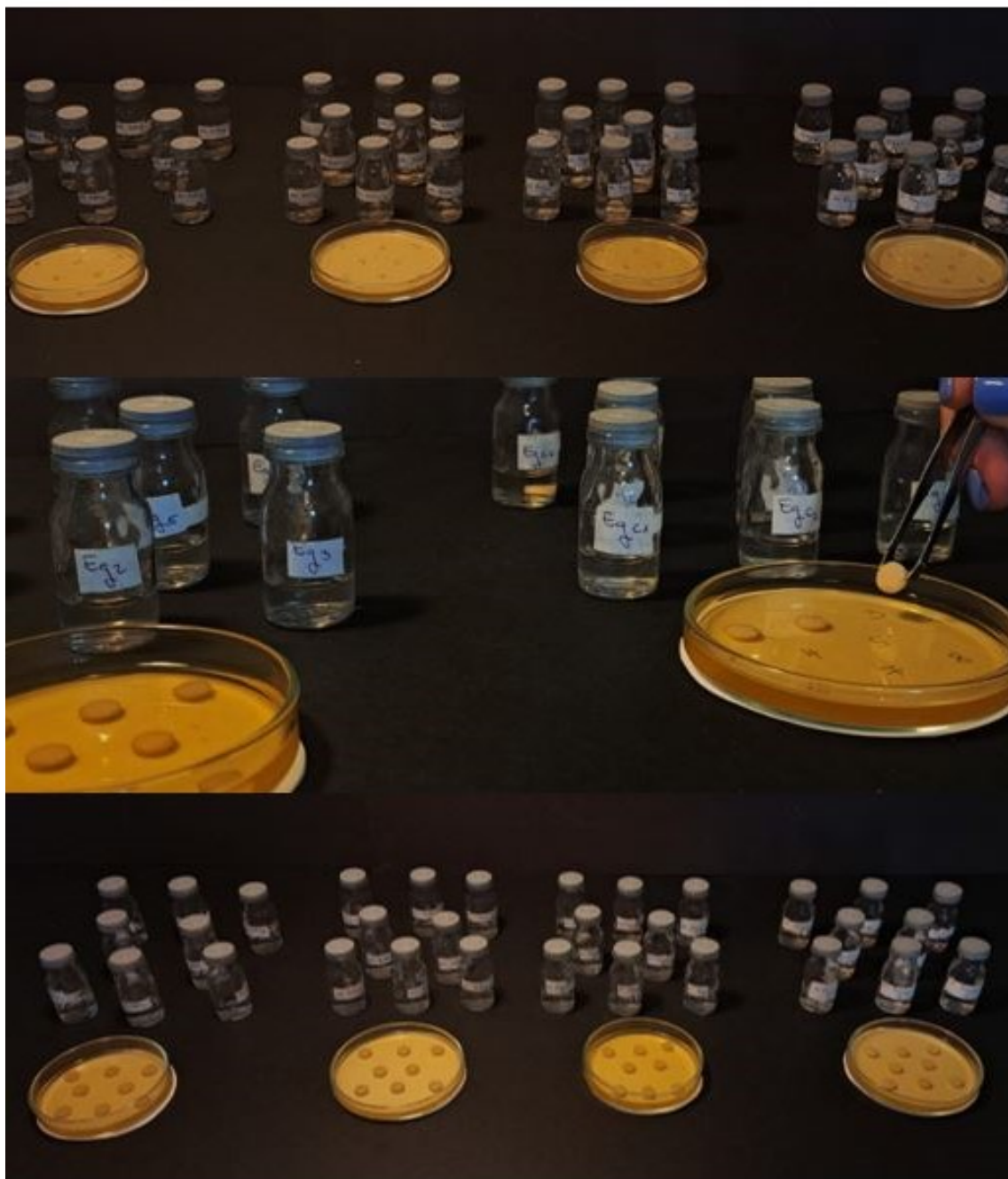
Slika 5. Shematski prikaz izrade uzoraka po skupinama

2.2.2. Priprema zelenog čaja

Zeleni čaj svaki se dan prije izlaganja svježe pripremao na način da se 2 g zelenog čaja (Ahmad, Poljska) kuha u 100 mililitara destilirane vode tijekom 5 minuta (17).

2.2.3. Izlaganje uzoraka

Prije početka izlaganja diskovima izmjerila se i zabilježila početna boja. Diskovi su ciklički izlagani zelenom čaju 3 puta dnevno po 10 minuta na sobnoj temperaturi (Slika 6). Svaki put nakon izlaganja, svaki disk je ispran fiziološkom otopinom te je u staklenim posudicama promijenjena fiziološka otopina. Ostatak vremena diskovi su se čuvali zasebno u brojevima označenim staklenim posudicama napunjenim fiziološkom otopinom u inkubatoru na temperaturi 37°C kako bi uvjeti bili što sličniji uvjetima u usnoj šupljini.



Slika 6. Izlaganje diskova zelenom čaju

2.2.4. Mjerenje boje

Svakom disku izmjerila se početna nijansa boje prije cikličkog izlaganja zelenom čaju pomoću VITA Easyshade Advance 4.0 (VITA Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany) digitalnog spektrofotometra te su se zapisala 3 parametra boje prema CIELAB sustavu. Prije mjerenja,

spektrofotometar bio je kalibriran prema uputama proizvođača. Nakon razdoblja od 2 tjedna cikličkog izlaganja ponovno se mjerila boja diskovima te su se odredili konačni parametri boje L, a i b (Slika 7). Promjena boje računala se prema formuli: $\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$ (15).



Slika 7. Mjerenje boje uzoraka

2.3. Statistička obrada podataka

Provedena je deskriptivna statistika. Homogenost varijanci i distribucija podataka testirani su Levenovim i Kolmogorov-Smirnovim testom. Dobiveni podatci analizirani su jednosmjernom analizom varijance (ANOVA). Post-hoc Bonfferoni testom s razinom značajnosti $\alpha=0.05$ utvrđeno je između kojih skupina su razlike značajne.

3. REZULTATI

Cikličko izlaganje uzoraka zelenom čaju različito je utjecalo na skupine uzoraka ovisno o varijabli koja se mijenja u pojedinoj skupini. Promjene boje uzoraka prikazane su u tablici (Tablica 2). U ovoj analizi vidljiva je najviša srednja vrijednost promjene boje uzoraka u skupini Eq, a najmanja u skupini mEqC. Ove srednje vrijednosti indiciraju da prosječne vrijednosti promjene boja variraju ovisno o dodatnim varijablama, odnosno postojanju zaštitnog premaza te stupnju maturacije.

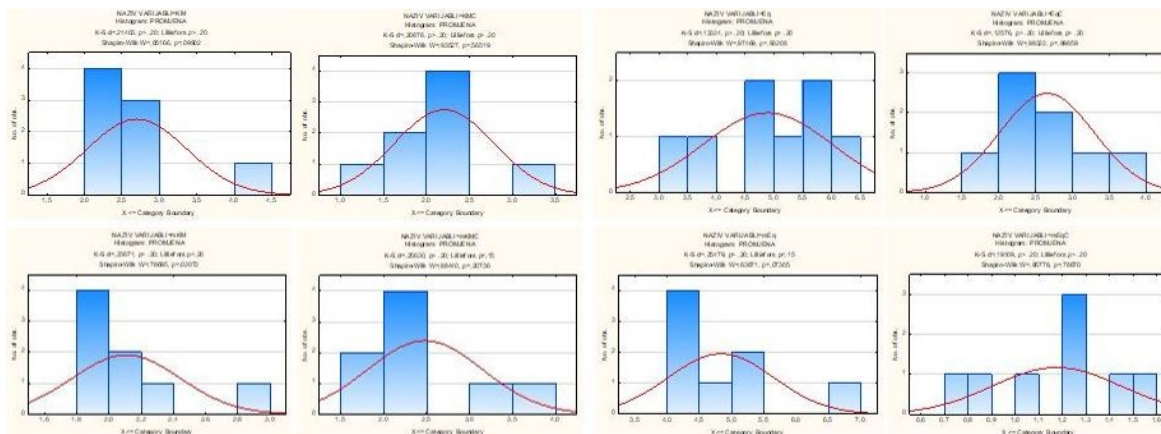
Tablica 2. Prikaz deskriptivnih podataka za promjenu boje u osam eksperimentalnih skupina

| SKUPINA | N | ΔE (M) | SD | SD error |
|----------------|----------|----------------------------------|-----------|-----------------|
| KM | 8 | 2.700133 | 0.665933 | 0.235443 |
| KMC | 8 | 2.206256 | 0.580574 | 0.205264 |
| Eq | 8 | 4.887252 | 1.118553 | 0.395468 |
| EqC | 8 | 2.650853 | 0.640737 | 0.226535 |
| mKM | 8 | 2.107779 | 0.33555 | 0.118635 |
| mKMC | 8 | 2.482427 | 0.669805 | 0.236812 |
| mEq | 8 | 4.834712 | 0.817182 | 0.288918 |
| mEqC | 8 | 1.17541 | 0.271841 | 0.09611 |

ΔE (M) – srednja vrijednost promjene boje, SD – standardna devijacija,

SD error – standardna pogreška

Iz Tablice 2 vidljivo je kako najviše variraju vrijednosti u skupini Eq (SD=1.119), a skupina s najnižom standardnom devijacijom je mEqC (SD=0.272). Zbog toga je potrebno testirati homogenost varijanci Levenovim testom. Kolmogorov-Smirnov test normaliteta zadovoljava uvjet normalne distribucije (Slika 8).



Slika 8. Kolmogorov-Smirnov test normalne distribucije

Tablica 3. Rezultati Levenovog testa

| | F | df1 | df2 | P |
|-----------------|----------|------------|------------|----------|
| PROMJENA | 2.269014 | 7 | 56 | 0.041690 |

Prema rezultatima Leveneovog testa varijance nisu homogene te ih je potrebno transformirati logaritmiranjem prije provođenja daljnje statističke analize (Tablica 3).

Tablica 4. Prikaz deskriptivnih podataka za promjenu boje u osam eksperimentalnih skupina nakon transformacije

| SKUPINA | N | ΔE (M) | SD |
|----------------|----------|----------------------------------|-----------|
| KM | 8 | 0.969946 | 0.224158 |
| KMC | 8 | 0.762054 | 0.257998 |
| Eq | 8 | 1.562165 | 0.240822 |
| EqC | 8 | 0.9478 | 0.253293 |
| mKM | 8 | 0.735706 | 0.146599 |
| mKMC | 8 | 0.87938 | 0.257437 |
| mEq | 8 | 1.564498 | 0.157055 |
| mEqC | 8 | 0.136636 | 0.243461 |

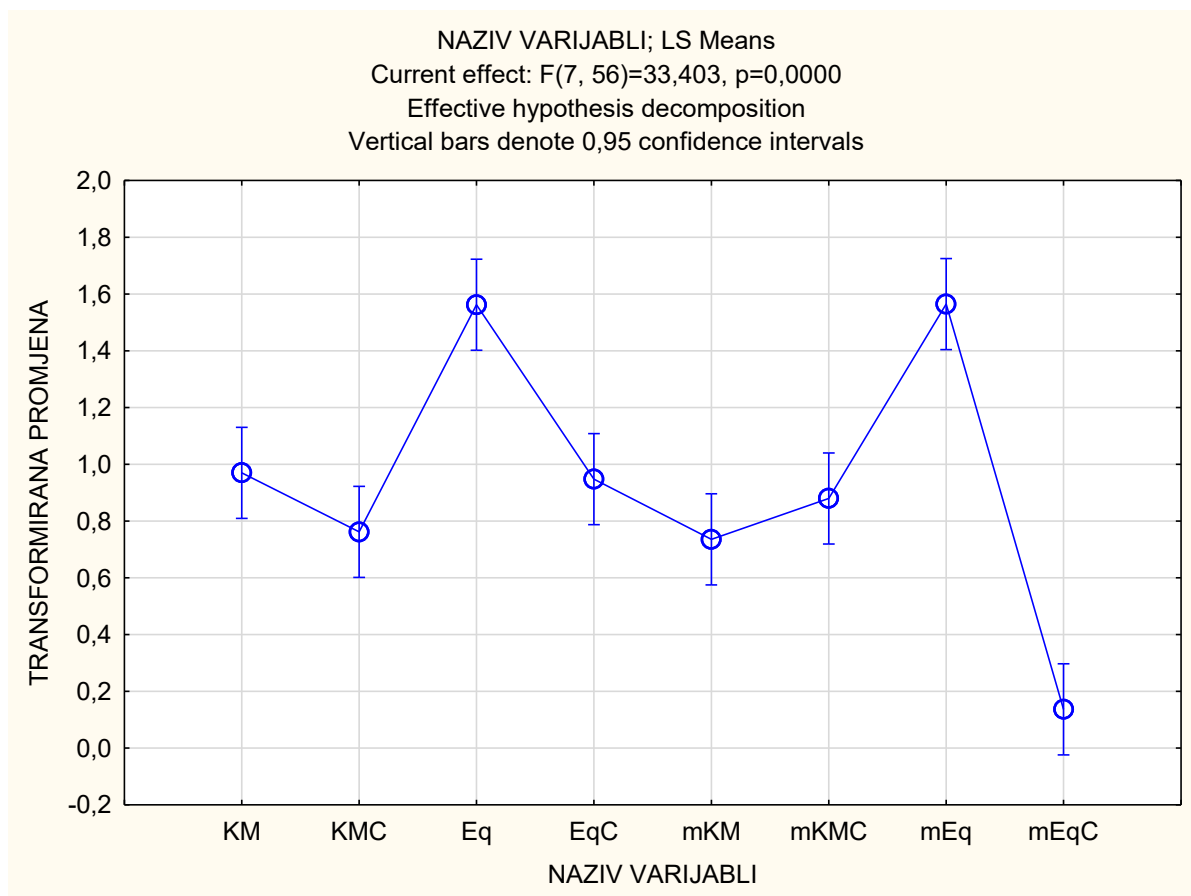
ΔE (M) – srednja vrijednost promjene boje, SD – standardna devijacija

Nakon provedene transformacije podataka vidljivo je da su standardne devijacije ujednačenije (Tablica 4). Levenovim testom potvrđena je homogenost varijanci te je moguće provesti ANOVA analizu za utvrđivanje postojanja statistički značajnih razlika (Tablica 5).

Tablica 5. Rezultati Levenovog testa nakon transformacije podataka

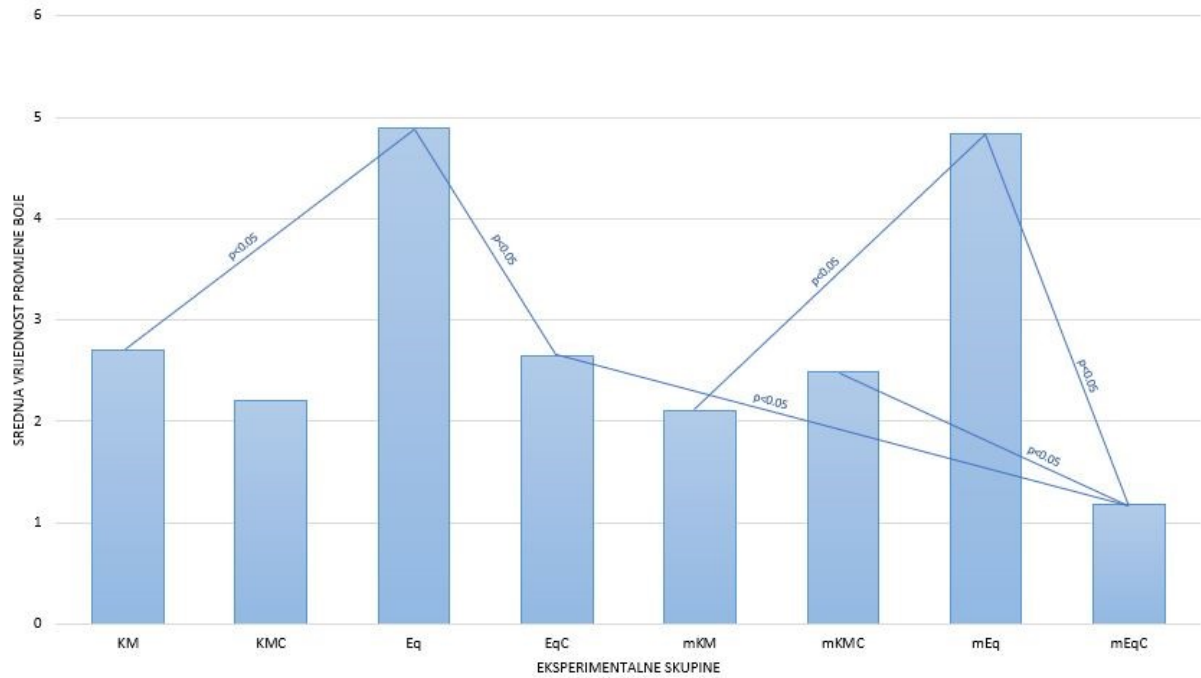
| | F | df1 | df2 | P |
|-----------------|----------|------------|------------|----------|
| PROMJENA | 0.495137 | 7 | 56 | 0.834125 |

Rezultati nakon provedene ANOVA-e prikazani su na slici (Slika 9). Pokazali su da postoji statistički značajna razlika između skupina. Kako bi se utvrdilo između kojih su skupina razlike značajne, potrebno je napraviti post-hoc test.



Slika 9. ANOVA analiza

Post-hoc Bonfferoni testom utvrđene su značajne razlike između nekoliko parova skupina. Eq i EqC ($p < 0.05$), mEq i mEqC ($p < 0.05$), EqC i mEqC ($p < 0.05$), KM i Eq ($p < 0.05$), mKM i mEq ($p < 0.05$), mKMC i mEqC ($p < 0.05$) (Slika 10).



Slika 10. Prikaz srednje vrijednosti promjene boje po skupinama sa statistički značajnim razlikama

U današnje vrijeme, estetika je vrlo bitan faktor svih zahvata u dentalnoj medicini. Promjena boje restaurativnih materijala uzrokovana vanjskim čimbenicima itekako utječe na estetiku samog ispuna. Kako bi se estetika poboljšala, taj se utjecaj vanjskih čimbenika danas pokušava smanjiti različitim postupcima. Cilj ovog znanstvenog istraživanja bio je utvrditi utjecaj stupnja maturacije i zaštitnog premazivanja (Scotchbond Universal Plus, 3M ESPE, i Equia Forte Coat, GC) na promjenu boje restaurativnih materijala temeljenih na staklenim ionomerima u uvjetima cikličkog izlaganja diskolorirajućem sredstvu. Postavljene su tri nulte hipoteze prema kojima zaštitni premaz i stupanj maturacije nemaju utjecaja na stupanj promjene boje te ista nije značajna između dviju ispitivanih skupina materijala u istim uvjetima. Statističkom analizom utvrđeno je da postoje značajne razlike u promjeni boje između određenih skupina, a stupanj maturacije, zaštitni premaz i tip materijala utjecali su na promjenu boje, no ne značajno u oba materijala. Time su sve nulte hipoteze djelomično ili potpuno odbačene.

Rezultati ovog istraživanja pokazali su da je boja manje stabilna kod Equia Forte HT Fil materijala, no promjene su zabilježene i kod skupina Ketac Univerzal Aplicapa. Mnogi autori u ranijim radovima također su potvrdili nestabilnost boje staklenoionomernih cemenata objašnjavajući ju posljedicom hidrolize i degeneracije površine materijala (16). U usporedbi s kompozitnim materijalima nestabilnost boje staklenoionomernih cemenata značajno je veća (18, 19). Ta promjena pogotovo je bila naglašena kod Equia Forte HT Fil materijala (20). U slučaju kad površina materijala nije bila zaštićena zaštitnim premazom, dolazilo je do površinske erozije i hidrolize stakleno-hibridnog restaurativnog materijala (21). Ti se rezultati podudaraju s rezultatima ove studije gdje je promjena boje bila značajno veća kod Equia Forte HT Fil materijala bez premaza, neovisno o stupnju maturacije.

Usporedbom promjene boje u skupinama koje su bile premazane odgovarajućim zaštitnim premazom s istim skupinama bez premaza, vidljivo je da je u skupinama sa zaštitnim premazom došlo do manje promjene boje. Ta promjena nije statistički značajna u skupinama Ketac Universal Aplicapa koji su premazani Scotchbond Universal Plusom, neovisno o stupnju maturacije. No, vidljiva je značajna razlika između skupina Equia Forte HT Fila i Equia Forte HT Fila s premazom (Eq i EqC) te maturiranih uzoraka Equia Forte HT Fila i maturiranih uzoraka Equia Forte HT Fila sa zaštitnim premazom (mEq i mEqC). Dakle, kod staklohibridnog materijala Equia Forte HT Fila primjena zaštitnog premaza Equia Forte Coata značajno utječe na smanjenje promjene boje, neovisno o stupnju maturacije materijala.

Usporedbom promjene boje u skupinama koje su ostavljene u inkubatoru 6 tjedana do potpune maturacije sa skupinama koje su odmah ciklički izlagane zelenom čaju može se uočiti manja promjena boje kod maturiranih skupina. Unatoč tome, te promjene nisu statistički značajne. Statistički značajna razlika uočena je u usporedbi skupina Equia Forte HT Fila sa zaštitnim premazom i maturiranih uzoraka Equia Forte HT Fila sa zaštitnim premazom (EqC i mEqC).

Usporedbom promjene boje viskoviskoznog staklenoionomernog materijala Ketac Universal Aplicapa s promjenom boje staklohibridnog materijala Equia Forte HT Fila u istim uvjetima može se uočiti da do manje promjene boje dolazi u skupinama Ketac Universal Aplicapa, sa statistički značajnim razlikama u uvjetima bez odgovarajućih zaštitnih premaza (KM i Eq) kao i kod maturiranih uzoraka (mKM i mEq). U skupinama koje su maturirane te premazane zaštitnim premazima također je uočena statistički značajna razlika, ali s manjom promjenom boje u skupini Equia Forte HT Fila (mEqC i mKMC).

Viskoviskozne staklenoionomerne cimente karakterizira osjetljivost na vlagu tijekom procesa maturacije što ima negativne posljedice na njihova mehanička i estetska svojstva (20). U nematuriranom materijalu soli kalcijeva poliakrilata visoko su topljive u vodi zbog čega cement može primiti još vode, a u slučaju da je u tom periodu izložen zraku, može izgubiti vodu isparavanjem (4). Pri tome mogu nastati mikro pukotine ili volumetrijske promjene u materijalu (21). U maturiranom obliku voda zauzima različite lokacije oko metalnih kationa (prvenstveno Ca^{2+} i Al^{3+}), koji imaju visoke koordinacijske brojeve, ili oko polianionskog lanca zbog čega svi specijesi u materijalu postaju maksimalno hidrirani. Iz tog razloga, maturirani materijal ne pokazuje osjetljivost na vlagu kao nematurirani. Samim time, maturirani cement ima bolja mehanička, fizikalna i estetska svojstva (4, 7). U slučaju kontakta cementa s vodom tijekom procesa maturacije, dolazi do gubitka kationa s površinskog sloja ispuna. To uzrokuje površinsku eroziju, tj. hidrolizu i degeneraciju površine materijala, i posljedično dovodi do pojave hrapavosti površine ispuna uzrokujući promjenu mehaničkih, fizikalnih i estetskih svojstva materijala (21). Isto se događa u kontaktu materijala s vanjskim faktorima čiji pH je manji od 7 kao što su različite tekućine, npr. zeleni čaj (16).

Kontaminaciju SIC-a vodom tijekom inicijalne faze maturacije uzrokuju i jetkajuće-ispirujući adhezivni sustavi zbog čega se povećava topljivost poliakrilnih lanaca u cementu dovodeći do promjene fizikalnih svojstva materijala (25). Za razliku od njih, za univerzalne se adhezive, kao što je ScotchBond Universal Plus, smatra da sa Ca^{2+} ionima iz staklenoionomernog cementa mogu ostvariti kemijsku vezu. Time se na površini ispuna stvara zaštitni sloj koji funkcionira

kao barijera između vlage i cementa štiteći ispun u fazi maturacije materijala od vlage iz usne šupljine (26). Kao što Jafarpour i sur. (27) objašnjavaju u svojem istraživanju, zaštita SIC-a zaštitnim premazom smanjuje apsorpciju vode u materijal s posljedično značajnom smanjenom promjenom boje. Dakle, stabilnost boje staklenoionomernih cemenata je poboljšana primjenom zaštitnog premaza (28).

Iako autor Nicholson (7) u svojem radu spominje da nakon maturacije nije potrebno materijal više zaštititi lakom ili zaštitnim premazom, naši su rezultati pokazali da dodatna zaštita materijala temeljenih na staklenim ionomerima odgovarajućim zaštitnim premazom značajno smanjuje promjenu boje samog materijala.

Rezultati dobiveni u ovom istraživanju mogu se objasniti svojstvima zaštitnog premaza Equia Forte Coata. Prema preporuci proizvođača taj se zaštitni premaz koristi za zaštitu ispuna napravljenog od staklohibridnog materijala Equia Forte HT Fila. Osmišljen je u svrhu zaštite površine ispuna od trošenja i kemijskih utjecaja te smanjenja mikropropuštanja. Ovim istraživanjem potvrđeno je statistički značajno smanjeno propuštanje obojenja uzorkovanog vanjskim čimbenicima i posljedično manja promjena boje ispuna zaštićenih tim premazom (13). Osim estetskog poboljšanja, različita istraživanja pokazala su da nanopunjeni premazi poboljšavaju i mehanička svojstva SIC-a (22, 23). Također, Brkanović i sur. (24) pokazali su da Equia Forte HT Fil sa Equia Forte Coatom ima bolja svojstva zahvaljujući tome što zaštitni premaz popunjava pukotine u materijalu zbog čega pigmenti ne mogu prodrijeti i uzrokovati promjenu boje.

Rezultati usporedbe promjene boje ispitivanih restaurativnih materijala pokazuju da Ketac Universal Aplicap ima statistički značajnu manju promjenu boje u uzorcima bez premaza, neovisno o stupnju maturacije. Stabilnost boje ovisi o sastavu praha restaurativnog materijala, tj. promjene u sastavu praha staklenoionomernih cemenata doprinose nestabilnosti boje uzrokujući značajno pogoršanje njihovih mehaničkih, fizikalnih i estetskih svojstva (29, 30). Također, autorica Zečević Čulina i sur. (16) u svojem istraživanju dokazuju da u tekućinama različite pH vrijednosti dolazi do oštećivanja materijala na površini ispuna što je više izraženo kod staklo-hibridnog materijala Equia Forte HT Fil, nego kod Ketac Universal Aplicapa. Samim time dolazi do veće apsorpcije pigmenta u materijal i posljedično veće promjene boje.

Uzorci koji su maturirani i zaštićeni zaštitnim premazom pokazuju statistički značajnu manju promjenu boje u skupinama staklohibridnog materijala Equia Forte HT Fil u odnosu na skupine Ketac Universal Aplicapa, što se može pripisati značajnom zaštitnom učinku Equia Forte Coata.

Prema navedenome, rezultati ovog istraživanja slažu se s istraživanjem autora Alebady i sur. (21) koji preporučaju premazivanje površine SIC-a zaštitnim premazom kako bi se izbjegao problem osjetljivosti materijala na vlagu te kako bi se sačuvala njegova mehanička i estetska svojstva.

Ispitivani materijali koriste se kao materijali za izradu ispuna 1., 2. i 5. razreda na stražnjim zubima. Na tim su mjestima estetski zahtjevi manji u odnosu na ostale razrede ispuna (3. i 4. razred) zbog čega prilikom odabira materijala za izradu ispuna, osim estetskih svojstva materijala, u obzir treba uzeti i njihova mehanička i fizikalna svojstva.

U okviru ovog istraživanja može se zaključiti da veći stupanj maturacije i primjena zaštitnog premaza pozitivno utječu na stabilnost boje restaurativnih materijala.

Equia Forte Coat ima značajan utjecaj na smanjenje promjene boje staklo-hibridnog materijala Equia Forte HT Fila. Stupanj maturacije, iako ima utjecaj na smanjenje promjene boje restaurativnih materijala, značajan je samo za skupinu staklo-hibridnog materijala sa zaštitnim premazom. A budući da u realnim uvjetima u svakodnevnoj praksi nakon postavljanja ispuna ne možemo osigurati potpunu maturaciju materijala tijekom koje materijal ne bi bio u dodiru s vodom i drugim vanjskim čimbenicima, maturaciji se ipak pridodaje manji značaj. U usporedbi promjene boje dvaju ispitivanih materijala, značajno manju promjenu boje ima viskoviskozni staklenoionomerni cement u odnosu na staklo-hibridni materijal.

6. LITERATURA

1. Tarle Z. i suradnici. Restaurativna dentalna medicina. Zagreb: Medicinska naklada; 2019.
2. Council Decision (EU) 2017/939 of 23 May 2017 on the conclusion, on behalf of the European Union, of the Minamata Convention on Mercury. EUR-Lex [Internet]. 2017 May 23 [cited 2024 Jun 2]. Available from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/?uri=celex%3A32017D0939>
3. Schwendicke F. Amalgam gone for good. Dental Tribune [Internet]. 2020 [cited 2024 May 10]. Available from: <https://www.dental-tribune.com/c/gc-international/news/amalgam-gone-for-good/>
4. Spajić J. Usporedba dimenzijskih promjena i mehaničkih svojstava bioaktivnih restaurativnih materijala [disertacija]. Zagreb: Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu; 2018.
5. ScienceDirect. Glass ionomer cement. ScienceDirect [Internet]. [cited 2024 Jun 2]. Available from: <https://www.sciencedirect.com/topics/chemistry/glass-ionomer-cement>
6. Mount GJ. An Atlas of glass-ionomer cements: A Clinician's Guide. 3rd ed. London: Martin Dunitz; 2001.
7. Nicholson JW. Maturation processes in glass-ionomer dental cements. Acta Biomater Odontol Scand. 2018;4(1):63-71.
8. Lohbauer U. Dental Glass Ionomer Cements as Permanent Filling Materials? — Properties, Limitations Future Trends. Materials (Basel). 2009;3(1):76-96.
9. Tyas MJ, Burrow MF. Adhesive restorative materials: a review. Aust Dent J. 2004;49(3):112-21.
10. 3M. 3M Filtek Universal Restorative. 3M [Internet]. [cited 2024 Jun 2]. Available from: https://www.3m.com/3M/en_US/p/dc/v101189045/
11. Parić K, Bavrka G, Marović D. Univerzalni adhezivi – napredak u tehnologiji adhezijskih sustav. Sonda. 2018;35(2):38-40.
12. Miletić I, Baraba A, Krmek SJ, Perić T, Marković D, Basso M et al. Clinical performance of a glass-hybrid system in comparison with a resin composite in two-surface class II restorations: a 5-year randomised multi-centre study. Clin Oral Investig. 2024;28(1):104.

13. Proclinic. Equia Forte HT Instructions for Use [Internet]. [cited 2024 May 20]. Available from: https://d3tfk74cijzum.cloudfront.net/proclinic-es/annexes/equia_forte_ht_ifu_es_en_de_fr_it.pdf
14. Knezović-Zlatarić D. Postupci određivanja prirodne boje zuba [Nastavni tekst za studente Stomatološkog fakulteta sveučilišta u Zagrebu]. Zagreb: Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu; 2020.
15. Baltzer A, Kaufmann-Jinoian V. The Determination of the Tooth Colors – Special Reprint. *Quintessenz Zahntech.* 2004;30(7):726-740.
16. Zečević Čulina M, Brzović Rajić V, Šalinović I, Klarić E, Marković L, Ivanišević A. Influence of pH Cycling on Erosive Wear and Color Stability of High-Viscosity Glass Ionomer Cements. *Materials (Basel).* 2022;15(3):923.
17. Sulieman M, Addy M, Rees JS. Development and evaluation of a method in vitro to study the effectiveness of tooth bleaching. *J Dent.* 2003;31(6):415-22.
18. Inokoshi S, Burrow MF, Kataumi M, Yamada T, Takatsu T. Opacity and color changes of tooth-colored restorative materials. *Oper Dent.* 1996;21(2):73-80.
19. Sidhu SK, Ikeda T, Omata Y, Fujita M, Sano H. Change of color and translucency by light curing in resin composites. *Oper. Dent.* 2006;31(5):598–603.
20. Ozkanoglu S, G Akin EG. Evaluation of the effect of various beverages on the color stability and microhardness of restorative materials. *Niger J Clin Pract.* 2020;23(3):322-328
21. Alebady M.H., Hamama H.H., Mahmoud S.H. Effect of various surface coating methods on surface roughness, micromorphological analysis and fluoride release from contemporary glass ionomer restorations. *BMC Oral Health.* 2024;24(1):504.
22. Diem VTK, Tyas MJ, Hien CN, Phuong LH, Khanh ND. The effect of a nano-filled coating on the 3-year clinical performance of a conventional high-viscosity glass ionomer cement. *Clin Oral Investig.* 2014;18(3):753-9.
23. Kanik O, Turkun S, Walter W. In vitro abrasion of resin-coated highly viscous glass ionomer cements: a confocal laser scanning microscopy study. *Clin Oral Investig.* 2017;21(3):821–9.
24. Brkanović S, Ivanišević A, Miletić I, Mezdić D, Jukić Krmek S. Effect of Nano-Filled Protective Coating and Different pH Environment on Wear Resistance of New Glass Hybrid Restorative Material. *Materials.* 2021;14(4):755.

25. Arandi NZ. Choosing the Right Adhesive: A Review of Strategies for Composite Bonding to Glass Ionomers and Calcium Silicate-based Cements. *The Open Dentistry Journal*. 2024;18.
26. Zhang Y, Burrow MF, Palamara JEA, Thomas CDL. Bonding to Glass Ionomer Cements Using Resin-based Adhesives. *Operative Dentistry*. 2011;36(6): 618–625.
27. Jafarpour D, Mese A, Ferooz M, Bagheri R. The effects of nanofilled resin-based coatings on the physical properties of glass ionomer cement restorative materials. *Journal of Dentistry*. 2019;89(11):103177.
28. Hotta M, Hirukawa H, Yamamoto K. Effect of coating materials on restorative glass-ionomer cement surface. *Oper Dent*. 1992;17(2):57-61.
29. Pani SC, Aljammaz MT, Alrugi AM, Aljumaah AM, Alkahtani YM, AlKhuraif A. Color Stability of Glass Ionomer Cement after Reinforced with Two Different Nanoparticles. *International Journal of Dentistry*. 2020;2020(2):1-5.
30. Cattani-Lorente MA, Dupuis V, Payan J, Moya F, Meyer JM. Effect of water on the physical properties of resin-modified glass ionomer cements. *Dent Mater*. 1999;15(1):71-8.

7. ŽIVOTOPIS

Klara Vresk rođena je 25. svibnja 1999. godine u Varaždinu. Nakon završene osnovne škole 2014. godine u Maruševcu, upisala je prirodoslovno matematički smjer u Prvoj gimnaziji Varaždin te isti završila 2018. godine. Iste godine upisala je Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Ljeto 2022. godine provodi u Madridu pohađajući *Summer School of Dental medicine* u svrhu dodatne edukacije i stjecanja znanja.

Od druge godine aktivna je članica, te kasnije i dio vodstva, preventivnog projekta Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod nazivom Zubić. Na četvrtoj godini studija, postaje dio organizacijskog tima Javnozdravstvenog odbora.

Akadske godine 2020./2021. osvojila je Rektorovu nagradu za društveno koristan rad u akademskoj i široj zajednici.

Od treće godine studija asistira u privatnoj ordinaciji dentalne medicine.