# SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

STOMATOLOŠKI FAKULTET

Klio Marinković

OPTIČKA SVOJSTVA ESTETSKIH GRADIVNIH MATERIJALA U DENTALNOJ PROTETICI

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, rujan 2014.

Rad je izrađen na Zavodu za fiksnu protetiku

Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

Voditeljica rada: prof. dr. sc. Ketij Mehulić

Zavod za fiksnu protetiku Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

Lektor hrvatski jezik: Senka Škrnjug, prof. hrvatskog jezika i književnosti

 Kazotićev trg 5a, Zagreb. Mob. 091 53 68 850

Lektor engleski jezik: Renata Keber, prof. engleskog jezika i književnosti

 Pustoselina 12, Zagreb. Mob. 091 57 83 339

Rad sadrži: 39 stranica

 7 slika

 1 CD

Zahvaljujem prof. dr. sc. Ketij Mehulić na iznimnoj ljubaznosti, susretljivosti, strpljenju te pregrštu korisnih savjeta koje mi je udijelila tijekom izrade ovog diplomskog rada.

Zahvaljujem svojim roditeljima, kumovima i mojoj mlađoj sestri na brizi, podršci i razumijevanju tijekom školovanja te prijateljima koji su kao i moja obitelj uvijek bili prisutni.

**SADRŽAJ**

1. UVOD 1
2. SVRHA 2
3. FENOMEN BOJE 3

3.1. Fizikalna pozadina fenomena 3

3.2. Psihofiziološka pozadina fenomena 4

1. BOJA U DENTALNOJ MEDICINI 6

4.1. Boja zuba 6

4.1.1. Dimenzije boja 8

4.1.2. Boje pigmenta 9

4.1.3. Percepcija boje 9

4.1.4. Kontrastni učinci 11

4.2. Sekundarna optička svojstva koja utječu na percepciju boja 13

4.2.1. Translucencija i opacitet 13

4.2.2. Opalescencija 14

4.2.3. Fluorescencija 15

4.2.4. Površinska tekstura i sjaj 15

4.3. Vanjski čimbenici koji utječu na percepciju boja 15

4.3.1. Osvjetljenje 15

4.3.2. Standardni izvori svjetla 16

4.3.3. Metamerija 17

1. METODE ODREĐIVANJA BOJE U DENTALNOJ MEDICINI 18

5.1. Vizualna metoda određivanja boja 18

5.1.1. Ključ boja 19

5.2. Instrumentalne metode određivanja boje 21

5.2.1. Kolorimetar 21

5.2.2. Spektroradiometar 22

5.2.3. Spektrofotometar 23

5.2.4. Digitalna kamera 24

1. OPONAŠANJE BOJE ZUBA POTPUNO KERAMIČKIM MATERIJALOM 25

6.1. Odabir gradivnog materijala 25

6.2. Dentalne keramike i njihova optička svojstva 26

6.3. Utjecaj translucencije i debljine keramike i njihova optička svojstva 28

6.4. Utjecaj podloge na boju nadomjeska 29

6.5. Utjecaj cementa na boju nadomjeska 30

1. RASPRAVA 31
2. ZAKLJUČAK 32
3. SAŽETAK 33
4. SUMMARY 34
5. LITERATURA 35
6. ŽIVOTOPIS 39

**1. UVOD**

Optička svojstva predstavljaju parametre koji su izuzetno važni u dentalnoj medicini, a posebice u protetici. Njih čini skup fizikalnih činitelja koji predstavljaju osnovu za određivanje boje zuba kao i postizanje prirodnog izgleda, boje i teksture površine nadomjeska. Boja je složen psihofizikalni fenomen induciran svjetlošću ili osjećaj koji u mozgu izaziva svjetlost koju emitira neki izvor, odnosno svjetlost reflektirana s površine nekog tijela. Boja kao osjetilni doživljaj podražuje receptore u mrežnici oka, što čovjek percipira kao spektar boja. Za doživljaj boje nužna je interakcija između triju elemenata: svjetlosti, objekta i promatrača. Krivo je boju percipirati kao jednostavnu i jednodimenzionalnu. Ona je složen doživljaj i moguće ju je razmatrati kroz ton, nijansu i boju u užem smislu. Boje se dijele na: primarne, sekundarne i komplementarne. U razmatranju boje u užem smislu potrebno je razmotriti i kontraste.

Iako svaki doktor dentalne medicine želi postići što bolju funkciju i fonetiku, primijećeno je da pacijente više zanima estetski aspekt protetskih radova. S obzirom na rastuća očekivanja naših pacijenata u pogledu estetike, te sve veći pristup informacijama u današnje vrijeme, sve se više pažnje posvećuje upravo izgledu nadomjeska. **2. SVRHA RADA**

 Svrha rada je objasniti psihofiziološki fenomen boje, način njezina odabira, fizikalne fenomene vezane uz nju, poput translucencije, transparencije, opalescencije te napokon izbor estetski prihvatljivijeg materijala za određeni klinički slučaj. Veliki naglasak stavljen je na keramičke materijale koji predstavljaju materijal izbora u današnjim fiksnoprotetskim radovima.

**3. FENOMEN BOJE**

**3.1. Fizikalna pozadina fenomena boje**

Boja je prema definiciji svojstvo svjetlosti određene valne dužine koje se reflektira od objekta, odnosno to je psihofizikalni fenomen induciran svjetlošću. Boja je svjetlost koju objekt reflektira u oko promatrača. Stoga je za doživljaj boje nužna interakcija između svjetlosti, objekta i promatrača. Svjetlost je elektromagnetsko zračenje koje se opaža vidnim osjetnim sustavom. Oko može percipirati boje valne dužine od 400 nm do 700 nm te se taj dio spektra naziva vidljivim dijelom spektra. Pod pojmom svjetlosti podrazumijeva se „bijela svjetlost“. Još u 17. stoljeću utvrđeno je da je bijela svjetlost mješavina svih boja valnih duljina vidljivog dijela spektra (slika 1.) (1).



Slika 1.Boje vidljivog dijela spektra. Preuzeto iz: (2)

Boja se pripisuje površinama objekta, materijalima, svjetlosnim izvorima, ovisno o njihovim svojstvima apsorpcije, refleksije ili emisije svjetlosnog spektra. Objekt obasjan svjetlošću reagira s njom na nekoliko načina: svjetlost se može apsorbirati unutar objekta i pri tome se može zadržati unutar njega uz veći ili manji lom ili se reflektira o površinu objekta. Ako se svjetlost u potpunosti reflektira, to jest ako se reflektiraju sve valne duljine svjetlosti, objekt se doima bijelim. Ako neki objekt apsorbira sve valne duljine, doima se crnim. Određene valne duljine se apsorbiraju, određene reflektiraju, a to uvelike ovisi o molekularnoj strukturi objekta na koje zrake svjetlosti padaju (3) . Godine 1676. Isaak Newton opisao je prirodnu pojavu boje i beskonačni niz boja razgraničio u njih sedam – crvenu, narančastu, žutu, zelenu, svijetloplavu, tamnoplavu, ljubičastu. Prije crvene nalazi se nama nevidljiva infracrvena, a poslije ljubičaste nama nevidljiva ultraljubičasta (4). Broj boja u prirodi je neizmjeran, svaka promjena valne duljine stvara novu boju.

**3.2. Psihofiziološka pozadina fenomena**

Boja je osjetilni doživljaj koji nastaje kada svjetlost određenog spektra pobudi receptore u mrežnici ljudskog oka. Zraka bijele svjetlosti ulaskom u oko lomi se i raspršuje u spektar boja koje pritom stimuliraju reakciju fotoosjetljivih čunjića (4). Ljudsko oko kao organ upija elektromagnetske valove određene valne duljine. Oko se sastoji od leće koja fokusira primljenu svjetlost, zatim od zjenice koja fokusira količinu primljene svjetlosti te milijun receptora osjetljivih na svjetlost raspoređenih po unutrašnjoj površini mrežnice. Fotoosjetljivi receptori, nazivom štapići i čunjići, pretvaraju svjetlosnu energiju u živčane impulse koji se prenose putem optičkih živaca do zatiljne kore velikog mozga. Štapići se nalaze na vanjskoj površini mrežnice, dok se čunjići nalaze na malom, centralnom području mrežnice nazvanom žuta pjega. Štapići su neosjetljivi na boju, a osjetljivi na niske razine svjetlosti. Čunjići, pak, omogućuju osjet boje (slika 2.). Gledanje čunjićima znatno je jasnije nago gledanje štapićima (3).

 

Slika 2.Fotoreceptori ljudskog oka - štapići i čunjići. Preuzeto iz: (5)

Čovjek percipira boju ovisno o tome jesu li podraženi crveni, plavi ili zeleni receptori. Vjeruje se da su ti receptori nejednoliko raspoređeni na mrežnici. Normalni promatrač boju percipira kao mješavinu tih triju različitih valnih duljina. Crvena, plava i zelena boja ne mogu nastati miješanjem drugih boja te se nazivaju osnovnim bojama. Te tri boje nazivaju se još i aditivnim primarima jer njihovim miješanjem nastaje bijela boja. Zbrajanjem svih boja u različitim omjerima mogu nastati sve boje u različitim nijansama i svjetlinama. Treba napomenuti da doživljaj svake pojedinačne boje ovisi o stimulaciji mozga u danom trenutku te se smatra subjektivnim (3).

**4. BOJA U DENTALNOJ MEDICINI**

Kao posljedica sve većem pristupu informacijama iz svih područja ljudskog života, promijenili su se zahtjevi pacijenata u pogledu izgleda i primjene fiksnoprotetske terapije. Iako je cilj svakog doktora dentalne medicine postići što bolju žvačnu, te fonetsku funkciju, pacijentima estetika postaje presudan faktor u procjenjivanju zadovoljstva terapijom. Toliko željan estetski uspjeh ovisi uvelike o površini, teksturi materijala, odnosno nadomjeska i, dakako, o boji. Boja kao jedan od presudnih činitelja za uspjeh protetske ili restaurativne terapije i ovisi prvenstveno o poznavanju prirode boje te o pravilnom određivanju nijanse. Estetski uspjeh uvelike pridonosi pacijentovom prihvaćanju terapije (3).

**4.1. Boja zuba**

Boja zuba ovisi o vanjskim čimbenicima, histološkoj građi zuba, optičkim svojstvima, vitalnosti zuba, dobi i spolu pacijenta, različitim vanjskim utjecajima (karijes, pigmentacije, erozije, degenerativne bolesti, intervencije), okolnim tkivima, svojstvima izvora svjetlosti.

Indeks prelamanja svjetlosti kroz caklinu je različit (sastav cakline: prizme, matriks). Svjetlost se razlaže refleksijom i prelamanjem, što tvori translucentni učinak i dubinu boje. Dio svjetlosti dopire u dentin, gdje se dio reflektira, a dio apsorbira. Boju zuba najvećim dijelom determinira dentin. Problemi u određivanju boje zuba nastaju zbog:

- polikromatske prirode zuba

- subjektivnosti promatrača

- ograničenosti ključeva boja

- zamora oka

- različitog osvjetljenja i pojave metamerizma

- nijansiranosti pojedinog zuba

- nijansiranosti zuba u zubnom nizu.

Prirodnost nadomjeska, uz boju, određuju i translucencija, oblik, površinska morfologija, sjaj. Zub je slojevite građe i dentinska jezgra zuba okružena je caklinom. Dentin je visoko kalcificirano tkivo žućkaste boje. Caklina je poluprozirna, sive do plavkastobijele boje te je najdeblja na žvačnoj plohi postraničnih zubi i griznim bridovima prednjih zubi. Caklina je izuzetno translucentna, tako da na samu boju zuba utječe boja dentina, dok je caklina samo modificira (slika 3.). Nijedan zub nije jednolične boje. Prednji zubi znatno su svjetliji od stražnjih. Boja zuba znatno se mijenja s dobi, pri čemu starenjem postaje tamnija zbog odlaganja sekundarnog dentina, vanjskih obojenja i postupnog trošenja cakline, zbog čega dentin ima sve veći utjecaj na boju zuba (3).



Slika 3**.** Građa zuba. Preuzeto iz: (6)

**4.1.1. Dimenzije boja**

Razumijevanje boje zahtijeva poznavanje njezinih dimenzija, odnosno nijanse, stupnja zasićenosti, svjetline i translucencije. U Munsellovoj analizi boje translucencija se ne spominje, ali ona predstavlja jedan od najvažnijih čimbenika u postizanju zadovoljavajućeg ishoda estetskog nadomjeska. Neprozirniji zubi ne dopuštaju veliki prodor svjetlosti; posjeduju veću sposobnost refleksije te stoga izgledaju svjetliji. Translucencija i svjetlina predstavljaju najvažnija svojstva odabira boje, s obzirom na to da je nijansu teško opaziti, a svjetlije nijanse posjeduju vrlo nizak stupanj zasićenosti (poput boje A1 i B1 - Vitapan Classical). Razlike u svjetlini vrlo je lako zamijetiti jer se u ljudskom oku nalazi više štapića nego čunjića. Kromatografska vrijednost i svjetlina obrnuto su proporcionalne. Porastom stupnja zasićenja (veći intenzitet) smanjuje se svjetlina (tamniji izgled) (3).

**4.1.2. Boje pigmenta**

U dentalnoj medicini potrebno je dobro poznavati boje pigmenta jer restaurativni materijali - keramički, akrilatni ili kompozitni, posjeduju određenu boju. Uzajamno djelovanje boja ima važnu ulogu u estetskom kontinuumu. Važno je znati da postoje primarne, sekundarne i komplementarne boje te da se one koriste pri provjeri i promjeni nijanse te predviđanju estetskog ishoda terapije. Primarne boje se pojavljuju u prirodi kao takve i ne mogu se dobiti miješanjem boja, a čine ih: crvena, žuta i plava. Sekundarne boje nastaju miješanjem primarnih boja; na primjer: crvena + žuta = narančasta, i tako dalje. Komplementarne boje slažu se jedne s drugima. Kada se komplementarne boje međusobno miješaju, one oblikuju akromatsku sivu boju. Dodatak komplementarnih boja može mijenjati svjetlinu nadomjeska. Ako se želi smanjiti svjetlina, to jest zatamniti nadomjestak, osnovnom se tonu nijanse dodaje komplementarna boja. Suprotno tome, pojačanu svjetlinu nadomjeska nemoguće je postići ovim postupkom ( 3).

**4.1.3. Percepcija boje**

Svi objekti posjeduju određenu boju. Boja se opaža zbog apsorpcije i refleksije različitih valnih duljina vidljive svjetlosti. Primjerice, crni objekt u potpunosti apsorbira sve valne duljine vidljive svjetlosti, dok ih bijeli objekt u potpunosti reflektira. Žuti objekt apsorbira crvene, zelene, plave, indigo i ljubičaste valne duljine svjetlosti, a reflektira narančastu. Svjetlosni valovi sami po sebi nisu obojeni. Boja se stvara u ljudskom mozgu, uz pomoć očnih čunjića koji predstavljaju receptore boje. Boje nastaju iz kvalitativnih razlika u fotoosjetljivost. Oko i um stvaraju određenu percepciju usporedbom kontrasta. Percepcija boje predstavlja psihofizičku stvarnost boje. Premda neki objekt zrači svjetlost određenog spektra, percepcija se boje kod različitih osoba može značajno razlikovati. Istraživanja tijekom godina pokazuju velike razlike u vizualnom odabiru nijansi s negativnom kliničkom predvidljivošću. Izvor pogrešaka nalazi se u različitim okruženjima u kojima se nijanse odabiru, što značajno utječe na percepciju boje. Veliku važnost treba posvetiti fenomenu binokularne percepcije boje, a predstavlja razliku u percepciji desnog i lijevog oka. Razlika u percepciji oba oka kod nekih osoba vrlo je malena, no ako postoji, potrebno ju je kompenzirati. Kad se dva objekta istog oblika i boje stave jedan pokraj drugoga, mogu se činiti različitima, odnosno jedan se može doimati nešto svjetlijim od drugog. Binokularne razlike u percepciji boja uzrokuju nerazmjer u odabiru nijanse i podudaranju boje. Postavljanje uzorka iz ključa boja na stranu na kojoj se nalazi zub, pomoći će u otklanjanju mogućih pogrešaka i kompenzirati nastali učinak.

Na zubima se starenjem zbivaju dvije osnovne promjene. Prva je da zubi starenjem postaju sve tamniji, što je vjerojatno uzrokovano odlaganjem sekundarnog dentina. Druga je da leće ljudskog oka postaju sve više žućkastosmeđe, pridonoseći tako žuto smeđem tonu promatranih predmeta. Pritom razlikovanje bijele i žute boje postaje iznimno teško. Ovaj proces počinje u 30-im godinama, a primjetnim postaje u 50-im godinama. Nepovoljna vizualna percepcija predstavlja posljedicu sistemskog, lokalnog ili mentalnog zamora. Nesposobnost preciznog razlikovanja nijanse i njezinog stupnja zasićenosti najprimjetnije je u vrijeme zamora, kad se boja može procijeniti izblijedjelo. Dugotrajno promatranje neke nijanse, te loše osvjetljenje, najčešći su uzroci pogrešaka i zamora oka. Korištenje droge, alkohola i kofeina, također može utjecati na odabir boje. Bez uporabe kvalitetne svjetlosti i osvjetljenja, boju nije moguće ni zamijeniti ni procijeniti. Ključevi boja, promatrani u različitim uvjetima osvjetljenja, posjeduju potpuno različite tonove, stupanj zasićenosti i svjetlinu (3).

**4.1.4. Kontrastni efekti**

Fenomen kontrastnog učinka može značajno utjecati na percepciju boje te na sposobnost njezine objektivne procjene. Kako bi se boje koristile što učinkovitije, važno je razumjeti razlike u svjetlini, stupnju zasićenosti i tonu boje objekta i njegove okoline. Postoje četiri skupine kontrastnih efekata: simultani, površinski, prostorni i uzastopni kontrast.

Simultani se kontrast pojavljuje pri simultanom promatranju dvaju objekata. Može se dodatno podijeliti na svijetlo-tamni kontrast i kontrast boje. Vizualna procjena svjetline mora biti potpuno neovisna, s obzirom na to da na relativnu svjetlinu objekta može utjecati sjaj kontrastne podloge ili okoline. Na primjer, ako je okolna pozadina tamna, objekt se doima svjetlijim; u suprotnom, kad je okolna podloga svijetla, objekt se čini tamnijim. Pri kombiniranju kromatskih boja, određena je nijansa sličnija komplementarnoj boji nego boji podloge. Kontrast nijanse je fenomen koji se koristi kao pomoćno sredstvo pri točnijem određivanju boja, postupkom pripremanja oka za promatranje nijansa. Kontrast stupnja zasićenosti je fenomen koji se oslanja na učinke stvorene svijetlo-tamnim kontrastom, poput nijanse. Objekt na sivoj podlozi čini se svjetlijim ako podloga posjeduje nizak stupanj zasićenosti. Objekt na podlozi iste nijanse čini se tamnijim ako podloga posjeduje povišen stupanj zasićenosti te blagi plavkasti ton. Vizualna percepcija također je ovisna o veličini objekta. Optička je iluzija prisutna čak i kad objekt reflektira istu valnu duljinu svjetlosti u vidljivom spektru. Prostorni se kontrast također može poistovjetiti sa sjajem i veličinom. Uvučeniji objekt izgledat će manji i ne tako svijetao; objekt bliži promatraču doimat će se većim i svjetlijim. Ovaj fenomen je vidljiv kod rotiranih ili preklopljenih zubi. Retrudirani se zubi često čine tamnijima i teško dostupnima čišćenju. Stražnji se zubi također doimaju tamnijima jer su postavljeni u dubljim dijelovima usne šupljine. Sjene usnica dodatno pojačavaju tamniji dojam. Uzastopni kontrast predstavlja fenomen koji se pojavljuje pri promatranju jedne boje neposredno nakon promatranja druge boje. Vizualno iskustvo, to jest slika koja preostaje nakon promatranja objekta, primjer je uzastopnog kontrasta jer ona postoji i nakon prestanka promatranja kontrasta. Slike koje ostaju nakon promatranja dijele se na pozitivne i negativne. Pozitivne slike posjeduju istu boju kao i originalna percepcija; negativne slike posjeduju nasuprotnu komplementarnu boju originalne percepcije. Pozitivne slike pojavljuju se kod kratkog vizualnog djelovanja, a negativne nakon dugotrajnog vizualnog kontakta s objektom (3).

**4.2. SEKUNDARNA OPTIČKA SVOJSTVA KOJA UTJEČU NA PERCEPCIJU BOJA**

**4.2.1. Translucencija i opacitet**

Translucencija i opacitet izuzetno su kompleksni parametri, kako za njihovo objašnjavanje, tako i za njihovo određivanje. Opacitet ili neprozračnost, predstavlja fenomen u kojem se većina svjetlosnih zraka reflektira ili apsorbira zbog prisutnosti gustog, neprozračnog dijela unutar objekta. Translucencija postoji kad se zrake propuštaju i reflektiraju zbog prisutnosti nekih manjih dijelova unutar objekta. Prema definiciji translucentni materijal mora imati takav sastav koji omogućava reflektiranje i rasijavanje zraka svjetlosti kad se osvijetli. Kod prirodnih zuba zbog translucencije, zrake kraćih valnih duljina (zrake plave svjetlost) reflektiraju se od površine objekta, u ovom slučaju zuba, i od tuda se javlja površinski sjaj i vitalan izgled zuba, poznatiji kao opalescencija (7). Translucencija je zapravo jedno od najvažnijih svojstava u estetskoj restaurativnoj dentalnoj medicini i treba obratiti posebnu pozornost na postizanje translucentnosti zuba pri nadogradnji njegovih pojedinih izgubljenih dijelova. Izgled zuba ovisi prvenstveno o odnosu zraka svjetlosti različitih valnih duljina s dentinom i caklinom. Unutar dentina postoje dijelovi s niskom i visokom zasićenosti neprozirne boje što uvelike utječe na nijansu, osvijetljenost i boju zuba. Literatura upućuje na činjenicu da su zubi predominantno žućkastocrvene do žute boje, između 76% i 86 %. Građa dentinskih tubula te njihova zbijenost utječe na pojavu prostora s jačom mineralizacijom unutar dentina i onih sa slabijom, što utječe na pojavu nehomogene refleksije i rasijavanja zraka. Zbog svega navedenog javljaju se područja s gustom neprozirnošću boje, što dentinu daje polikromatski učinak. Dr. Vanini je godine 1996. napisao rad koji se bavio polikromatskim efektom te je definirao pojam „kromatske grupacije“. Dijele se na tri grupacije: cervikalna, srednja i incizalna. Boja je najzasićenija u cervikalnoj trećini pa se postepeno smanjuje kroz srednju, da bi bila najmanja u incizalnoj trećini. Dr. Vanini je ustanovio da organski pigmenti koji se nalaze u sastavu zuba dovode do fluorescencije pa se tako na zubu javljaju dijelovi s plavičastim i bijelim sjajem (8).

**4.2.2. Opalescencija**

Opalescencija je optički fenomen, dikroizam, koji nastaje prilikom dvoloma zrake svjetlosti na kristalima ili draguljima. Svjetlost se odbija u dva smjera međusobno polarizirana za 90 stupnjeva te se prema tome kreće različitim brzinama i smjerovima kroz materijal, što rezultira selektivnom apsorpcijom i različitim bojama svjetla pri izlasku. Tako se kristali ili materijali druge strukture čine drugačije obojeni. Kod prirodnih zubi opalescencija je vidljiva u incizalnoj trećini zuba u kojoj ima malo dentina, pri čemu incizalna trećina ima plavičasti „halo“ učinak. Što se više primičemo srednjoj i cervikalnoj trećini, povećava se debljina dentina, što dovodi do refleksije svjetlosti kraćih valnih duljina te zub zbog toga izgleda sivkastobjelkasto. Zbog svojstva opalescencije vrlo je teško napraviti kompozitni ispun te treba biti jako vješt u kombiniranju boja.

**4.2.3.** **Fluorescencija**

Fluorescencija je posljedica apsorpcije zraka nevidljivog dijela spektra i njihove spontane remisije u zrake vidljivog dijela spektra. Fluorescencija je jača u dentinu nego u caklini zbog većeg sadržaja organske tvari. Povećanjem fluorescencije smanjuje se zasićenost boje, dok se svjetlina povećava.

**4.2.4. Površinska tekstura i sjaj**

Uspješnost svih radova u stomatologiji ovisi ponajprije o površinskoj teksturi i sjaju. Tekstura je prije svega odgovorna za refleksiju same boje koja se razlikuje ovisno o tome je li površina glatka ili hrapava. Svjetlost se od hrapave površine odbija difuzno, a od glatke zrcalno. Različita refleksija boje te tekstura materijala koja je uzrokuje, dovodi do promjena u percepciji boje. Sjajne glatke površine doimaju se tamnijima. Veliku važnost u izgledu gotovog protetskog rada čini završna obrada površine nadomjeska (glazura, poliranje).

**4.3. VANJSKI ČIMBENICI KOJI UTJEČU NA PERCEPCIJU BOJA**

**4.3.1. Osvjetljenje**

U stomatološkoj praksi izuzetno je bitno osvjetljenje jer ono doprinosi dobroj percepciji i interpretaciji boje. Svjetlost se procjenjuje prema intenzitetu i kakvoći. Za percepciju svjetlosti ključnu ulogu igra kakvoća svjetlosti. Svaki izvor svjetlosti ima točno definiranu krivulju spektralne energije zračenja. Optimalni izvor svjetlosti je dnevno svjetlo s jednakim omjerom svih valnih duljina. Valja napomenuti da se energija zračenja tijekom dana mijenja te je na početku dana drugačija nego na kraju dana. Energija zračenja ovisi i o promjeni klimatskih uvjeta u prirodi te o godišnjem dobu. U stomatološkim ordinacijama se koriste različiti izvori svjetlosti različitih proizvođača; kao što su volframove žarulje, fluorescentne lampe te visokotlačne ksenonske cijevi. U industriji je postala presudna temperatura boje zračenja izvora svjetlosti. Problem temperature opisala je CIE 1970. godine: „Temperatura boje zračenja izvora svjetlosti je učinak koji izvor svjetlosti ima na izgled objekta u usporedbi s izgledom objekta pod referentnim izvorom svjetlosti.„ (9).

**4.3.2. Standardni izvori svjetlosti**

Kod umjetnih izvora svjetlosti energija zračenja ovisi o vrsti izvora. Izvori svjetlosti su prema CIE-i podijeljeni prema definiranim spektralnim energijama zračenja. U skladu s tom podjelom, izvori svjetlosti se dijele na standardne izvore A, B, C, D, E i F. Standardni izvor A predstavlja izvor s volframovom niti koji je žućkastocrven. Standardni izvor B simulira direktnu Sunčevu svjetlost, dok standardni izvor C predstavlja indirektnu Sunčevu svjetlost. Standardni izvor E predstavljaju seriju izvora svjetlosti različitih valnih duljina. Spektralna energija zračenja slična je zračenju prirodne svjetlosti od direktne Sunčeve svjetlosti do oblačnog dana. U dentalnoj medicini se za određivanje boje zuba koriste izvori svjetlosti od 5500 K koji spadaju u skupinu D standardnih izvora svjetlosti. Standardni izvor E predstavlja teoretski idealan izvor svjetlosti, to jest izvor svjetlosti idealne valne duljine koji zrači jednako na svim valnim duljinama, dok standardni izvor svjetlosti F predstavlja različite izvore fluorescentne svjetlosti (10).

**4.3.3. Metamerija**

Metamerija je pojava kada dvije boje ostvaruju jednake stimulanse u određenim uvjetima, no kad su ti uvjeti promijenjeni, primaju različite stimulanse. Svaka svjetlost koja dopire do određenog objekta apsorbira se ili reflektira te zbog toga percipirana boja ovisi o spektralnom sastavu svjetlosti koja se reflektira o površinu objekta. Metamerija predstavlja problem zbog različitih izvora svjetlosti kojima smo okruženi te se može smanjiti ako se koriste standardni izvori svjetlosti pri određivanju boje zuba. Najbolji primjer metamerije su dva objekta koja oba reflektiraju zelenu svjetlost na jednak način, dok plavu svjetlost jedan apsorbira, a drugi reflektira. Kad se oba objekta stave pod umjetni izvor svjetlosti, izgledat će približno jednake boje. Razlog tome je što svjetlost koja obasjava objekte ne sadrži valne duljine plavog spektra te ti objekti zbog toga neće izgledati različito. Međutim, kada bi se ova dva objekta promatrala na dnevnoj svjetlosti, u podne, objekt koji je plav, reflektirao bi plavo, a zeleni objekt ostao bi zelen jer dnevno svjetlo sadrži sve valne duljine. Osim metamerije izazvane različitim izvorima svjetlosti, ona može nastati kao posljedica metamerije izazvane promatračem, zbog individualnih razlika u percepciji ili promatranjem geometrije promatranja uzroka (11).



Slika 4. Prikaz metamerije: Dva objekta pod umjetnim svjetlom izgledaju kao da su iste boje, a pod Sunčevim svjetlom koje sadrži sve valne duljine, uočava se razlika u bojama. Preuzeto iz: (12)

**5. METODE ODREĐIVANJA BOJE U DENTALNOJ MEDICINI**

**5.1. Vizualna metoda određivanja boje**

Vizualna metoda određivanja boje temelji se na uspoređivanju boje protetskog rada s nekim fizičkim standardom koji je već unaprijed određen kao referentan. U dentalnoj medicini se u tu svrhu koriste ključevi boja, pomoću kojih se i danas najčešće određuje boja zuba. Glavni problem u određivanju boje zuba je njihova polikromatska priroda, subjektivnost promatrača te ograničenja ključeva boja. Razvojem materijala u dentalnoj medicini povećala su se i očekivanja pacijenata te je određivanje boje postalo složenije. Neki kliničari određivanje boje nadomjeska prepuštaju zubnim tehničarima, no i u toj odluci treba biti vrlo oprezan jer neodgovarajuća boja podrazumijeva ponovnu izradu nadomjeska te gubitak vremena i novca, što posljedično može dovesti i do frustracije svih članova protetskog tima, kao i pacijenta (13).

**5.1.1. Ključ boja**

Ključevi boja se koriste kao vizualna pomagala, a ne pružaju definitivno odgovor. Neutralno okruženje, postizanje dostatne količine i kvalitete osvjetljenja te izostanak zamora oka, važni su preduvjeti za pravilno određivanje nijanse. Miller je dokazao kako ključ boja Vita Classic posjeduje nizak stupanj zasićenosti u usporedbi s ekstrahiranim zubima (7).



Slika 5. Vita Classic ključ boja. Preuzeto iz: (14)

Miller također opisuje kako u proizvodnji konvencionalnih ključeva boja dolazi do pogrešaka u proizvodnji koje onda mogu utjecati na pogreške pri određivanju nijanse nadomjeska. Najčešće upotrebljavani i najpopularniji ključevi boja danas su Vitapan Classical, Ivoclar, Chromoscop, i Vitapan ED Shade Master. Kod Vitapan Classical ključa boja nijanse su podijeljene prema skupinama i označene su slovima:

A – narančasta, B – žuta, C – žućkastosiva, D – narančastosiva (smeđa)

Vitapan Classical i Ivoclar Chromoscop System razlikuju stupnjeve zasićenosti i označavaju ih brojevima. Vitapan Classical: 1 do 4. 1 predstavlja najniži, a 4 najviši stupanj zasićenosti.

Chromoscop: 10 do 40 – 10 predstavlja najniži stupanj, a 40 najviši stupanj vrijednosti.

Vitapan 3D ShadeMaster jedinstveni je ključ boja koji se u imenovanju nijanse ne služi konvencionalnim obilježavanjem slovima ili brojkama. Zasniva se na pionirskom radu Millera i kasnijem radu Mc Larena koji je razrađivao ovu problematiku detaljnije u svojem radu. Ključevi boja temeljeni na određivanju svjetline precizniji su u smislu određivanja nijanse, jer naše oči osjetljivije su na promjene svjetlosti i tame te zasićenost. To se posebno odnosi na svjetlije nijanse koje su sve zastupljenije u modernoj dentalnoj medicini. Svjetlije nijanse posjeduju malu zasićenost tonom boje, a ton boje nije dovoljno jasan te predstavlja važan čimbenik u postupku odabira nijanse. Odabir boje kod konvencionalnih sustava prepušten je subjektivnom znanju i vještini svakog stomatologa te u takvom slučaju postoje velika odstupanja. S obzirom na veliki broj kliničkih nedostataka konvencionalnog određivanja nijanse, znanost se u današnje vrijeme okrenula razvoju pouzdanijih metoda (7).

**5.2. Instrumentalne metode određivanja boje**

Instrumentalnom metodom određivanja boje eliminira se subjektivnost te se ona smatra znatno pouzdanijom metodom. Prednosti ovakvog određivanja boje nad konvencionalnim načinom su višestruke: objektivniji je, ne ovisi o liječniku ili zubnom tehničaru, kvalitetniji je, slikanje zuba je kratkotrajno, ne dolazi do dehidracije zuba, mogućnost provjere nijanse u laboratoriju te nije pod utjecajem okoline i svjetla. Nedostaci ovakvog načina određivanja boje nad konvencionalnim načinom su: znatno viša cijena, tumačenje dobivenih rezultata je subjektivno, ovisi o iskustvu, znanju i vještini tehničara, a neki aparati nisu lako prenosivi.

**5.2.1. Kolorimetar**

Kolorimetar je instrument koji mjeri tri-stimulusne vrijednosti boja te je podešen prema krivulji standardnog promatrača. Mjerenje boja temelji se na uspoređivanju boje koja se ispituje s bojom u kolorimetru koja nastaje miješanjem osnovnih boja aditivne sinteze. Većina kolorimetara prikazuje boju u jednom od prostora boja. Prednost kolorimetra je što omogućava izračunavanje razlike boja na temelju razlike u svjetlini, nijansi i zasićenosti. Glavni nedostatak je što su ograničeni na standardnog promatrača i na jedan standardni izvor svjetla pa ne mogu provjeriti poklapaju li se međusobno dva različita uzorka. Predstavnik skupine je

ShadeVision (slika 6.) (15).

 

Slika 6. Shade Vision (X- Rite, Glenville, SAD) kompaktni bežični kolorimetar. Preuzeto iz: (16)

**5.2.2. Spektroradiometar**

Spektroradiometri su uređaji koji se koriste za mjerenje radiometrijskih parametara: iradijacije ili radijacije. Radiometrijska se energija mjeri u intervalima od 5, 10 ili 20 nm kod vidljivog dijela spektra. U praksi se koristi i telespektroradiometar za reprodukciju boje, a sastoji se od teleskopa, monokromatora i fotoreceptora. Ovaj uređaj omogućuje mjerenje boje bez kontakta, a boje se mjere pod jednakim uvjetima kao da su gledane ljudskim okom. Nedostatak uređaja je što male promjene položaja mogu dovesti do pogrešaka u očitanju (17).

**5.2.3. Spektrofotometar**

Spektrofotometar je uređaj koji mjeri promjene u refleksiji, transmisiji ili zračenju duž valnih duljina vidljivog dijela spektra. Mjerenjem se dobiva spektrofotometrijska krivulja koja predstavlja rezultat mjerenja refleksije ili transmisije u pojedinim valnim duljinama (15). Rad uređaja temelji se na rastavljanju bijele svjetlosti na pojedinačne valne duljine uz pomoć monokromatora. Kao monokromator služi optička rešetka ili prizma. Pojedinim valnim duljinama izdvojenim monokromatorom osvjetljava se ispitivani uzorak boje i bijeli standard. Postupak se redom provodi s monokromatskim svjetlima duž čitavog dijela spektra. Svjetlost koja se reflektira dolazi do fotoćelije koja je pretvara u električne impulse. Impulsi se zatim preračunavaju tako da se na skali može očitati faktor refleksije i transmisije pri određenoj valnoj duljini. Svi suvremeni spektrofotometri sadrže informacije o CIE standardnom promatraču, krivuljama spektralne emisije za mnoge standardne izvore svjetla. Podaci dobiveni mjerenjem prevode se na jezik razumljiv svakom praktičaru pomoću softvera koji je ugrađen u uređaj. Neki od najpoznatijih predstavnika su Crystaleye (Olympus, Tokyo, Japan), Vita Eyeshade Compact (Vita Zahnfabrik) (slika 7.) (18,19).



Slika 7. Dentalni spektrofotometar VITA Easyshade Compact. Preuzeto iz: (20)

**5.2.4. Digitalna kamera**

Digitalne fotografije imaju sve veću ulogu u dentalnoj medicini. Veliki broj novih uređaja za mjerenje boje zasniva se na tehnologiji digitalnih kamera. Digitalne kamere stvaraju slike uz pomoć CCD (Color Capture Device) koji se sastoje od velikog broja fotodioda – sićušnih elemenata osjetljivih na svjetlost. Digitalna fotografija predstavlja sredstvo prijenosa informacija o boji zuba u zubotehničkom laboratoriju. Kakvoća same fotografije ovisi o različitim činiteljima, između ostalog kakvoći osvjetljenja te vještini fotografa. Problem predstavlja i subjektivnost interpretacije same slike. U novije vrijeme razvijaju se posebni softveri za analizu boje zubi i usporedbe sa standardima, kao na primjer ClearMatch (21).

**6. OPONAŠANJE BOJE ZUBA POTPUNO KERAMIČKIM MATERIJALOM**

**6.1. Odabir gradivnog materijala**

U prošlosti je odabir gradivnog materijala kojim su se koristili pri izradi nadomjeska bio ograničen te se metal-keramika nametnula kao osnovni izbor prvenstveno zbog svoje čvrstoće i strukturne trajnosti. Metal-keramika, premda dobar izbor, ima i svoje nedostatke, prvenstveno u optičkim svojstvima. Zbog nedostatka osnovnih optičkih svojstava poput translucencije, ovaj nadomjesak poprima beživotan izgled (22). Veliku ulogu u razvoju gradivnih materijala igrali su i zahtjevi pacijenata kao i samih terapeuta koji su željeli da protetski nadomjesci izgledaju što prirodnije.

Pri odabiru gradivnog materijala treba uzeti u obzir stanje nosača (vitalnost zuba, količina očuvanog dentina i cakline), sile koje se razvijaju u tom području te mogućnost izvođenja cementiranja. Uz to, važni čimbenici su čvrstoća gradivnog materijala, njegova translucencija, rubno prilijeganje nadomjeska te količina izbrušenog zuba (23). Pri odabiru estetskih materijala izuzetno je bitno voditi računa o kompatibilnosti samog materijala s prirodnom bojom zuba, o ujednačenom starenju materijala u ustima te nepromjenjivosti boje tijekom izrade i nošenja nadomjeska te o optičkim svojstvima materijala poput translucencije i sposobnosti maskiranja podloge (24).

**6.2. Dentalne keramike i njihova optička svojstva**

Keramika se definira kao nemetalna i anorganska. Kvalificira se kao ljudska tvorevina koja se dobiva pečenjem minerala na visokoj temperaturi. Keramika se sastoji od kvarca, glinice i kaolina. U većini keramičkih materijala glinica čini 75 - 85% težinskih dijelova i uglavnom je riječ o α-lancima. Kvarc je, kao i glinica, onečišćen željezom koje se mora očistiti uz pomoć magneta jer željezo mijenja boju keramičkog objekta. Kaolin, hidratizirani aluminijev silikat, najčistiji je oblik gline. U prirodi nastaje atmosferskim utjecajem na glinicu. Intenzivno upija vodu i lako se oblikuje. Kaolinom se svi ostali gradivni elementi povezuju u cjelinu, on omogućava lakše modeliranje, osigurava potrebnu čvrstoću te daje opacitet keramičkom nadomjesku. Dodatkom organskih tvari keramičkom materijalu poboljšava se njegova plastičnost, a dodatkom oksida poboljšava se estetika nadomjeska. Fluorescenciji keramike pridonose uranov oksid, cerij i samarij (3). Zubna keramika je izotropna, što znači da nema talište nego interval omekšavanja. Kvaliteta bilo kojeg keramičkog materijala ovisi o sastavnicama, njihovoj veličini, distribuciji, ali također ovisi i o postupcima izradbe, obrade, ciklusima i temperaturi pečenja te hlađenju. Keramički materijali se smatraju estetski najboljim materijalima upravo zbog optičkih svojstava koja postižu. Keramički materijal se sastoji od kristala i staklene matrice, logično je da dolazi do interakcije između upadne svjetlosti i keramičkog materijala kroz ta dva medija. Zbog toga se keramički materijali čine sličniji prirodnoj caklini. Prema sastavu, suvremeni se keramički materijali mogu podijeliti na silikatne i oksidne keramike. Prema namjeni keramički se materijali dijele na one koje se koriste za oblaganje čvršćih osnovnih konstrukcija, na one iz kojih se izrađuju osnovne konstrukcije, materijali za glazure, korekture i na one kojima se dobivaju posebni estetski učinci. Prema načinu izrade, keramički se materijali dijele na one s laboratorijskim tijekom izrade u užem smislu i na keramičke blokove za tehniku frezanja (22). Razvijeni su različiti keramički sustavi za sanacije u svim indikacijskim područjima (25).

Uvriježena podjela keramičkih materijala je sljedeća:

**Konvencionalne (silikatne) keramike** imaju veliki udio stakla, što ih čini visoko estetskima zbog optičkog ponašanja najsličnijeg caklini i dentinu. Ova vrsta keramike ima najmanju savojnu čvrstoću. U ovu grupu spadaju glinične i staklokeramike. **Staklokeramike** sadrže 35 do 70% čestica punila koja se dodaju staklenoj matrici kako bi se poboljšala mehanička svojstva. U ovoj skupini keramika postignut je kompromis između estetskih svojstava i čvrstoće (3).

**Polikrikristalične keramike** su keramike koje sadrže veliki udio kristalne komponente, a minimalan udio stakla ili ga uopće ne sadrže. Ove vrste keramika su uglavnom neprozirne jer metalni oksidi djeluju kao sredstva za zamućivanje (26).

Superiorna optička svojstva keramike pokazuju zbog svoje dualne prirode te svaka od sastavnica ima različiti indeks loma svjetlosti. Ovi materijali sadrže čestice većih ili manjih valnih duljina. Na česticama koje su veće od valne duljine svjetlosti dolazi do loma i refleksije svjetlosti, što uzrokuje promjenu njenog smjera. Količina kristala uklopljenih u matricu direktno utječe na količinu apsorbirane, reflektirane i propuštene svjetlosti. Veličina ili udio kristala utječu na stupanj zamućenos, pri čemu velika veličina čestica utječe na opacitet. Što je veći udio staklene komponente, keramika je translucentnija. Poželjno je da postoji određena količina kristala na kojima će se lomiti svjetlost, kako bi se što bolje oponašalo optičko svojstvo caklinskih prizmi. Boja i translucencija keramičkog materijala isto tako ovisi i o pigmentima koji se dodaju materijalu. Željezovi oksidi djeluju kao smeđi pigment, bakreni kao zeleni pigment, titanijevi kao žućkasti pigment, dok je kobaltov oksid plave boje. Pojedine keramike sadrže fluorescentne tvari koje služe boljoj reprodukciji optičkih svojstva prirodnih zubi (27).

**6.3. Utjecaj translucencije i debljine keramike na boju nadomjeska**

Kako bi se izradio kvalitetan fiksnoprotetski rad potrebno je postići optimalna estetska svojstva, a to ujedno znači postići optimalni stupanj translucencije i najvažnije, pogoditi boju. Najvećim neuspjehom smatra se nepostizanje zadovoljavajućeg stupnja translucencije. Translucencija ovisi uvelike o debljini keramike, o vrsti kristala, njihovoj veličini i distribuciji, sadržaju pigmenta, vrsti, broju i veličini strukturalnih pogrešaka unutar same keramike (28). Debljina osnovnog mateijala uvelike utječe na optička svojstva nadomjeska, posebice na translucenciju. Što je veća debljina nadomjeska, stupanj translucencije je manji. Prosječna debljina nadomjeska obično je 1,5 mm, čime se tvrdo zubno tkivo reducira upravo za taj iznos. Potrebno je voditi računa o tvorničkim odrednicama pri preparaciji zuba, kako bi se postigla željena čvrstoća materijala. Kako bi kompenzirali veći stupanj opaciteta, napeče se tanji sloj keramike (3).

**6.4. Utjecaj podloge na boju nadomjeska**

Priodabiru keramičkog sustava od kojeg će se izraditi protetski rad, potrebno je voditi računa o podlozi na kojoj se on izrađuje. Primjerice, ako se izrađuje staklokeramička krunica na potamnjelom zubu uslijed endodontske terapije, njegova boja će se negativno odraziti na boju nadomjeska. Ova pojava je posebno vidljiva u cervikalnom dijelu. Unatoč pravilnom odabiru boje, nadomjestak će zbog svih prethodno navedenih razloga u ustima izgledati potpuno drugačije od očekivanog. Ovaj nepoželjan utjecaj ponajviše se kontrolira debljinom same keramike. Debljina keramike od 2 mm eliminira utjecaj podloge na boju nadomjeska, a kod nadomjeska tanjih od 1,5 mm potrebno je voditi računa o boji podloge i boji cementa. Ako je nemoguće zamaskirati podlogu odgovarajućom debljinom keramike ili je prostor kojim se raspolaže premalen, potrebno je odabrati odgovarajući keramički sustav nižeg stupnja translucencije.

U današnje vrijeme postoje materijali kojim se maskira boja bataljka. Naime, proizvođači su počeli izrađivati svjetlosno polimerizirajuće kompozite pomoću kojih se izrađuje zubni bataljak. Zubni tehničar koristi ove materijale kako bi izradio model pomoću kojega može kontrolirati boju nadomjeska u odnosu na boju bataljka tijekom cijelog procesa izrade. Najpoznatiji materijali iz te skupine su: IPS Natural Die Material (Ivoclar Vivadent), VITA Simulate Preparation Material (VITA Zahnfabrik) (3).

**6.5. Utjecaj cementa na boju nadomjeska**

Prilikom cementiranja fiksnoprotetskih radova preporuča se korištenje kvalitetnih cemenata kako bi se unaprijedila mehanička svojstva cjelokupnog kompleksa povezivanjem nadomjeska i uporišnog zuba u jednu cjelinu. Kompozitni cementi razvijaju kemijsku vezu s nadomjeskom te se odlikuju boljim fizikalnim i mehaničkim svojstvima. Kompozitni cementi proizvode se u različitim bojama kako bi se modificirala boja nadomjeska i kako bi se postigla odgovarajuća boja. Sloj cementa vrlo je tanak te ne bi trebao biti deblji od 120 mikrometara i zbog toga je dosta upitno koliko sam cement može utjecati na izgled nadomjeska. Vrlo je bitno voditi računa o njegovoj debljini jer prevelika debljina može doprinijeti beživotnom izgledu jer se gubi osjećaj dubine. Sve navedeno dovodi u pitanje je li uistinu potrebno koristiti različite nijanse kompozitnog cementa (3).

**7. RASPRAVA**

Boja predstavlja vrstu govora, a njezino shvaćanje podrazumijeva poznavanje jezika boje. Početkom prošlog stoljeća otkriveno je kako postoji problem u pravilnom određivanju boje nadomjeska zbog velike rezlike i neusklađenosti u sustavima boja. U isto vrijeme stomatolozi su nastojali ujednačiti norme pri određivanju boje nadomjeska pri čemu je naglasak stavljen na blisku suradnju između zubnog tehničara i stomatologa. Danas prilikom određivanja boje stomatolog je u mogućnosti koristiti dva pristupa- objektivan i subjektivan. Subjektivan pristup, najčešće je korišten no, neprecizan je zbog utjecaja ljudskih čimbenika. Objektivan pristup, temeljen na kompjuterskim sustavima, prevladava ljudske nesavršenosti, no zahtjeva određenu vještinu vezanu uz uporabu opreme. Ako nije odabran pravi gradivni materijal za određeni klinički slučaj, ako nije odabrana prava nijansa gradivnog materijala ili pak nije se oponašao oblik prirodnih zubi završni rezultat s nadomjeskom će izostati. Ne smijemo zaboraviti niti najnovije cementne sustave bez kojih bismo vrlo teško postigli zadovoljavajuću vezu između nadomjeska i uporišnog zuba.

**8. ZAKLJUČAK**

Cilj protetske terapije je protetskim radom osigurati što bolju funkciju i fonetiku, no izuzetno je važan i estetski aspekt. Prilikom izrade protetskog rada potrebno je obratiti pozornost na pravilan odabir boje i na što prirodniji izgled nadomjeska.

Odabir boje protetskog rada bitan je korak u izradi svakog nadomjeska. Boju je moguće odabrati vizualnim, pomoću ključa boja, ili instrumentalnim metodama pomoću uređaja poput spekrofotometra, kolorimetra, spektroradiometra ili rjeđe, digitalne kamere. Vizualne metode se najčešće koriste, no vrlo često su podložne pogreškama zbog subjektivnosti promatrača, dok su instrumentalne metode objektivnije.

Uspjeh protetske terapije uvelike ovisi i o odabiru materijala. U današnje vrijeme velika se pažnja posvećuje odabiru estetski prihvatljivijeg materijala. Estetski najprihvatljiviji su keramički materijali, koji ujedno ostvaruju potrebnu čvrstoću te kompatibilnost s biološkim tkivima.

**9. SAŽETAK**

Optička svojstva estetskih gradivnih materijala u fiksnoj protetici su parametri koji igraju ključnu ulogu u postizanju boje nadomjeska. Najbitniji optički parametar u dentalnoj medicini svakako je translucenscija. Translucencija i opacitet izuzetno su kompleksni, kako za njihovo objašnjavanje, tako i za određivanje. Translucencija je mogućnost djelomičnog prolaska zraka kroz neki predmet, odnosno pojava koja se javlja pri prolasku zraka kroz caklinu zuba. Opacitet ili neprozračnost predstavlja fenomen u kojem se većina svjetlosnih zraka reflektira ili apsorbira zbog prisutnosti gustog, neprozračnog dijela unutar objekta. Prilikom izrade protetskog rada potrebno je obratiti pozornost na pravilan odabir boje zuba, odabir gradivnog materijala i postizanje što prirodnijeg izgleda nadomjeska. Na prirodnost utječe i površinska tekstura nadomjeska. Optimum estetskih i mehaničkih svojstava postiže se jedinstvenošću nadomjeska i uporišnog zuba. Pri tome bitnu ulogu ima boja podloge, odnosno uporišne žvačne jedinice, boja i debljina cementa te dimenzioniranost pojedinih keramičkih slojeva koji tvore nadomjestak.

**10. SUMMARY**

**Optical properties of aesthetic materials in prosthodontics**

Optical properties are parameters which play a crucial part in the process of choosing the colour of the restoration. The most important parameter in dental medicine is surely translucency. Translucency and opacity are extremely complex parameters partly because of the difficult nature of explaining and determining them. Translucency is a phenomenon which occurs when beams of light pass through a certain object or to be exact a phenomenon which occurs when beams of light pass through the enamel of the tooth. Opacity represents a phenomenon in which the majority of the light beams is reflected or absorbed due to the presence of dense, opaque portion inside the object. It is very important to pay attention to the proper selection of colours and the natural look of the restoration. The natural appearance of the restoration is also affected by the surface texture of the restoration.

Optimum of aesthetic qualities is achieved by monolithic unity of the restoration and the abutment tooth, where the background colour plays an important role as well as the trust masticatory units, colour, dimensions and the individual layers of ceramics that form the restoration.

.

**11. LITERATURA**

1. Ćatović A. Klinička fiksna protetika. Zagreb:Sveučilište u Zagrebu, Stomatološki fakultet; 1999; 4:138-40.

2. Kemijski rječnik [homepage on the Internet]. Zagreb: Kemijski rječnik; c2014 [cited 2014 Aug 25] Vidljivo zračenje,visible radiation; [about 2 screens] Available from: http://www.periodni.com/gallery/visible\_radiation.png

3. Milardović Ortolan S. Utjecaj biološke osnove optičkih svojstava i debljine gradivnih i fiksacijskih materijala na boju nadomjesaka od litij- disilikatne staklokeramike [dissertation]. Zagreb.Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu; 2014.

4. Zlatarić Knezović D. Osnove estetike u dentalnoj medicini. Zagreb: Hrvatska komora dentalne medicine; 2013; 4: 42-57.

5. Wikimedia Commons [homepage on the Internet].Zagreb: Wikimedia Commons c2009[cited 2014 Aug 25] Retina- diagram; [about 1 screen] Available from: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Retina-diagram.svg

6. Cybermed [homepage on the Internet]. Zagreb: Cybermed; c2006 [cited 2014 Aug 2014] Što je parodont?; [about 1 screen] Available from:http://www.cybermed.hr/centri\_a\_z/parodontna\_bolest/sto\_je\_parodont

7. Gürel G. Znanje i vještine u izradi estetskih keramičkih ljuski. Zagreb: Media ogled d.o.o.; 2009; 6: 159- 70.

8. Klaff D. Priroda boje: Deo 2: elementi određivanja boje. Dental Tribune, Srbija i Crna Gora.2013; 10-11.

9. Judd DB, Wyszceki G. Color in Business, Science and Industry. 3 rd edition. New York: John Wiley and Sons; 1975. 388.

10. Chu SJ. Fundamentals of color: Shade Matching and Communication in Esthetic Dentistry. 2. nd ed. Hanover Park: Quintessence Publishing; 2010.

11. Zjakić I. Utjecaj metamerije u tisku. Zagreb: Grafički Fakultet Sveučilišta u Zagrebu; 2002;5: 35-8.

12. University of South Carolina School of medicine [homepage on the Internet]. South Carolina: University of South Carolina; c2000 [cited 2014 Aug 25]. Perception variables; [about 1 screen]. Available from:http://dba.med.sc.edu/price/irf/Adobe\_tg/color/variables.html

13. Milardović Ortolan S, Bergman L, Viskić J, Mehulić K, Salarić I. Određivanje boje zubi u okviru fiksnoprotetske terapije. Sonda.2012; 13 (23): 85-7.

14. Dental Tribune [homepage on the Internet]. Chicago: Dental tribune International; c2014 [cited 2014 Aug 25]. Ljepljenje fragmenata i nadogradnja frakturiranog maksilarnog centralnog sjektića; [about 3 screens]. Available from: http://www.dental-tribune.com/articles/specialities/cosmetic\_dentistry/5026\_lepljenje\_fragmenta\_i\_nadogradnja\_frakturiranog\_maksilarnog\_centralnog\_sekutia.html

15. Paravina R, Powers JM. Esthetic Color Training in Dentistry. St. Louis: Elsevier Mosby; 2001;13:254.

16. Khurana R, Tredwin CJ, Weisbloom M, Moles DR. A clinical evaluation of the individual repeatability of three commercially available colour measuring devices. Brit Dent J. 2007;203:675-80.

17. Kielbassa AM, Beheim-Schwarzbach NJ, Neumann K, Zantner C. In vitro comparisonof visual and computer-aided pre- and post-tooth shade determination using various home bleaching procedures. J Prosth Dent. 2009;101:92-100.

18. Vident A VITA company [ homepage on the Internet].USA: Vident A VITA company; c 2014 [ cited 2014 Aug 25 ]. VITA Easyshade Compact overview; [about 1 screen]. Available from: http://vident.com/products/shade-management/vita-easyshade-compact/easyshade-compact-overview/

19. Jarad FD, Russell MD, Moss BW. The use of digital imaging for colour matching and communication in restorative dentistry. Br Dent J. 2005;199:43-9.

20. Mehulić K. Keramički materijali u stomatološkoj protetici, Zagreb: Školska knjiga d.o.o.; 2010; 5: 73- 83.

21. Stomatološka ordinacija Ivan Šarunić [homepage on the Internet]. Zagreb: Ivan Šarunić; c 2014 [ cited 2014 Aug 25 ]. Estetska i rekonstruktivna stomatologija; [about 1 screen ].Available from: http://www.stomatologsarunic.hr/estetska.php

22. Raigrodski J. Contemporary materials and technologies for all-ceramic fixed partial dentures: a review of the literature. J Prosthet Dent. 2004;92(6):557-62.

23. McLaren E, Whiteman Y. Ceramics: Rationale for material selection. Compend Contin Educ Dent. 2010;31(9):668.

24. Chu SJ. Fundamentals of color: Shade Matching and Communication in Esthetic Dentistry. 2. izdanje. Hanover Park: Quintessence Publishing; 2010; 38: 2-16.

25. Kunzelmann KH, Kern M, Prospiech P, Mehl A, Frankenberger R, Reiss B, and Wiedhahn K. Vollkeramik auf einen Blick, 2nd ed. Ettlingen: Arbeitsgemainschaft für Keramik in der Zahnheilkunde; 2006.

26. Kelly JR. Dental ceramics: Current thinking and trends. Dent Clin North Am.

2004;48(2):513-30.

27. Heffernan MJ, Aquilino SA, Diaz-Arnold AM, Haselton DR, Stanford CM, Vargas MA. Relative translucency of six all-ceramic systems. Part I: Core materials. J Prosthet Dent. 2002;88:4-9.

28. O’Brien WJ, Kay KS, Boenke KM, Groh CL. Sources of color variation on firing porcelain. Dent Mater. 1991;7:170–3.

**12. ŽIVOTOPIS**

Klio Marinković rođena je 04. 01. 1989**.** godine u Zagrebu, gdje je završila osnovnu školu. Godine 2003. upisuje Klasičnu gimnaziju u Zagrebu, na kojoj je maturirala 2007.godine. Iste godine upisuje Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Apsolvira 2014. godine.