

Procjena boje zuba

Tooth color assessment

Daniela Kovačević Pavičić^{1*}, Marina Tomišić², Sunčana Simonić-Kocijan¹, Vlatka Lajnert¹

¹Studij Dentalna medicina, Medicinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka

²Privatna ordinacija dentalne medicine, Rijeka

Sažetak. Boja zuba u dentalnoj medicini značajno utječe na doživljaj cjelokupne estetike zubi i lica. Percepcija boje ovisi o mnogim čimbenicima, kao što su ljudski faktor, osvjetljenje, okolina, boja pozadine i drugi optički fenomeni. Odabir boje u dentalnoj medicini najčešće se vrši vizualno, pomoću tvorničkih ključeva boja koji se temelje na tonu boje, zasićenosti ili svjetlini. Boje iz ključa uspoređuju se s bojom zubnog niza pacijenta. Takav način odabira boje vrlo je subjektivan te je tako odabranu boju teško reproducirati. Stoga su kreirane objektivne, instrumentalne metode određivanja boje pomoću različitih uređaja, kao što su digitalne kamere, kolorimetar i spektrofotometar. Boja zuba odabrana ovim metodama daje rezultate koji su kvantificirani, objektivizirani, lako ponovljivi i moguće ih je reproducirati u dentalnom laboratoriju.

Ključne riječi: estetika; percepcija boje; zubi

Abstract. The teeth color in dental medicine significantly affects the overall aesthetics of the teeth and face. Color perception depends on many factors, such as human factor, lighting, environment, background color, and other optical phenomena. Choosing the color in dental medicine is most often done visually using the factory-made color shade guide that is based on the tone of color, saturation or brightness. Colors from the prefabricated shade guide are compared to the color of the dental arch of the patient. Such a color assessment mode is very subjective and the selected color is difficult to reproduce. Therefore, objective and instrumental methods of determining the color were created using different devices such as digital cameras, a colorimeter and a spectrophotometer. Tooth color selected by these methods give results that are quantified, objectified, easily repeatable and reproduced in dental laboratory.

Key words: color perception; esthetics; teeth

***Dopisni autor:**

Prof. dr. sc. Daniela Kovačević Pavičić
Studij Dentalna medicina
Medicinski fakultet Sveučilišta u Rijeci
Krešimirova 40, Rijeka
e-mail: daniela.kovacevic@medri.uniri.hr

<http://hrcak.srce.hr/medicina>

UVOD

Estetika osmijeha ovisi o mnogo čimbenika, kao što su oblik zuba, veličina, vidljivost zubi i gingive pri osmijehu, a kao jedan od važnijih čimbenika za postizanje ljepote osmijeha zasigurno je i boja zuba¹⁻³. Boja zuba pojedinog pacijenta određena je nizom unutarnjih i vanjskih čimbenika, kao što su dob, atricija zuba, sama optička svojstva dentina i cakline, konzumiranje određene hrane i pića ili nekih lijekova⁴. Cilj odabira boje protetskog namjesta ili restorativnog materijala u dentalnoj medicini je da boja bude što bliža boji prirodnog zuba, kako bi se postigla unificiranost i prirodnost zubnog niza, a samim time i visoka estetika. Danas postoji mnogo načina kako se boja zuba odabire u ordinaciji dentalne medicine. Najčešće primjenjivana metoda je klasično uspoređivanje boje zuba s bojama u ključu boja⁵⁻⁷. Kako je ova metoda subjektivna i ovisi o mnogo čimbenika, danas se sve češće koriste digitalne metode odabira boje pomoću spektrofotometra, kolorimetra ili digitalnih kamera. U ovim sustavima boja je određena u tri dimenzije, pa su rezultati objektivni, pouzdani i lako ponovljivi^{8,9}. Stoga je svrha ovog rada bila opisati i objasniti fenomen boje, svojstva boje i optičke fenomene te kako oni utječu na odabir boje zuba u ordinaciji dentalne medicine. Također, cilj je bio opisati različite načine odabira boje, ukazati na prednosti i nedostatke odabira boje na različite načine.

BOJA

Boju možemo definirati kao složeni psihofizički doživljaj koji nastaje kada svjetlost karakterističnog spektra pobudi fotoreceptorske stanice u mrežnici oka. Doživljaj boje je subjektivan jer ovisi o reakciji mozga na podražaje koje primaju receptorske stanice mrežnice^{10,11}.

Boja koju neki objekt ima nije nastala zbog samog objekta, već zbog svojstava apsorpcije svjetlosti, refleksije ili emisije određenog dijela svjetlosnog spektra koje posjeduje taj objekt. Dio svjetlosnog spektra vidljiv ljudskom oku je valne duljine od 400 do 700 nm, a različite valne duljine ljudsko oko raspoznaje kao različite boje. Ako objekt ima svojstva da reflektira sve valne duljine bijele svjetlosti, on će izgledati kao da je bijele boje, a ako

sve valne duljine apsorbira, u oku promatrača bit će crn. Boje vidljivog spektra u oku promatrača nastaju kada objekt apsorbira boje svih valnih duljina, osim jedne koju reflektira. Tako će, ako određeni predmet apsorbira sve valne duljine osim one koja odgovara, npr. plavoj boji (480 – 460 nm), predmet izgledati plav. Koju će valnu duljinu reflektirati, a koju apsorbirati određeni predmet, te posljedično koje će boje predmet biti u oku promatrača, ovisi o molekularnom sastavu materijala od kojeg je predmet građen. Dakle,

U dentalnoj medicini odabir boje moguć je vizualnom ili instrumentalnom metodom. Vizualna metoda je subjektivna, ovisi o čimbenicima okoline i iskustvu ispitivača.

boja nekog objekta ovisi o izvoru svjetlosti, samom objektu te o promatračevoj vizualnoj i psihološkoj interpretaciji boje^{12,13}. Kako bismo bolje razumjeli boju, potrebno je poznavati dimenzije boje, to jest svojstva od kojih se pojedina boja sastoji. Albert Henry Munsell¹⁴ definirao je boju trijima svojstvima – nijansom (engl. *hue*), stupnjem zasićenosti (engl. *chroma*) i svjetlinom (engl. *value*). Ton je Munsell opisao kao sustav boja gdje razlikujemo jedan sustav boja od drugog, kao što je crvena od žute ili zelena od plave. Postoji deset sustava boja u Munsellovu modelu i one su označene sljedećim velikim slovima: R za crvenu, YR za žuto-crvenu, Y za žutu, GY za zeleno-žuto, G za zelenu, BG za plavo-zelenu, B za plavu, PB za ljubičasto-plavu, P za ljubičastu, a RP za crveno-ljubičastu. Svaka od tih deset nijansi dalje je podijeljena na deset numeriranih. Na primjer, srednja crvena je 5R. Svjetlina je osobina po kojoj razlikujemo svijetlu boju od tamne. Drugim riječima, to je bezbojna razlika. Mogući raspon vrijednosti koji se koristi u opisivanju svjetlijih ili tamnijih površina u Munsellovu sustavu boja proteže se od nula do deset. Crna je nula, a bijelo je deset s nizom sivih između. Vrijednost boje određuje se po tome s kojom sivom se podudara na ljestvici. Boje niskih vrijednosti označavaju se kao tamne, a boje visokih vrijednosti kao svijetle boje. Zasićenost (*chroma*) je osobina boje po kojoj razlikujemo intenzivnu od blijede boje.

Chroma skala počinje od nule, ili bezbojna, s povećanjem brojčane vrijednosti koje ukazuju na

jače boje. Prema Munsellu se kromatičnost dijeli na slabu, umjerenu i jaku. Snažna zasićenost je u rasponu od sedam do deset. Zasićenost objedinjuje sve tri dimenzije i opisuje se kao intenzitet tona na određenoj svjetlini^{14,15}. Sve boje koje nastaju u oku promatrača percipiraju se kao mješavina triju primarnih boja: zelene, plave i crvene. Radi lakše vizualizacije i komunikacije među stručnjacima danas se boja opisuje pomoću $L^*a^*b^*$ prostora boja¹⁶.

$L^*a^*b^*$ prostor boja je 1970-ih uvela Međunarodna komisija za osvjetljenje (CIE) i trenutno je najčešće korišten način kvantifikacije elemenata boje. Definiran je s tri koordinate. Vrijednost L^* predstavlja svjetlinu, kreće od 0 = crno do 100 = bijelo i nalazi se na y osi. U ovom prostoru a^* se nalazi na x-osi koordinatnog sustava, a b^* na z-osi i predstavljaju koordinate kromatičnosti. a^* označava crveno ($+a^*$) zelenu ($-a^*$) osi b^* žuto ($+b^*$) plavu ($-b^*$) os. Kada se vrijednosti a^* i b^* kreću od ishodišta prema rubu sustava dolazi do pomicanja boja te kromatičnost raste. Upravo ta udaljenost između ishodišta i položaja boje označava kromatičnost boje, C^* i računa se kao: $C^*_{ab} = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ (23,24). Kolorimetrijska razlika, odnosno ukupna razlika boja označava se s Delta E, a izračunava se pomoću formule: $\Delta E_{ab} = [(L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$ (28,28). Definira se kao euklidska razlika između koordinate za dva položaja boja (referentnog i uspoređenog) (30). Stoga je Lee¹⁷ na temelju literature zaključio da ΔE manji od 1 ljudsko oko ne može raspoznati kao razliku u boji, ΔE manji od 2 je klinički prihvatljivo, a veće od 3,3 jedinice pokazuje znatne razlike u boji, odnosno odstupanje reprodukcije od originala.

Percepcija određene boje ovisi o oku promatrača, ali i o mnogo drugih čimbenika kao što su osvjetljenje, položaj objekta, podloga i dr.¹⁸ Kako se boja percipira prijenosom impulsa s fotoreceptora u mozak, kod svakog pojedinca imamo različite rezultate u percepciji boje. Istraživanje Nakagawe i sur.¹⁹ pokazalo je da su tri doktora dentalne medicine pri vizualnom odabiru boja odabrala jednaku boju u samo 14 % slučajeva. Iz tog razloga, kako bi nam vizualni odabir boje bio što precizniji, moramo imati na umu neke od fenomena koji se javljaju pri percepciji boje, kako bismo ih znali izbjeći. Pri određivanju boje zuba može doći do pogreške zbog: nejednolične boje zuba, zamora

oka, subjektivne percepcije promatrača, ograničenja koja pružaju ključevi boja, nijansiranosti pojedinih zuba ili više zuba u zubnom nizu i utjecaja različitih izvora svjetlosti te posljedične pojave metamerizma²⁰. Metamerizam je optički fenomen koji se javlja kada dvije boje ostvaruju identične stimulanse u određenim uvjetima, no prilikom promjene tih uvjeta poprimaju različite stimulanse. Kako bi se smanjio problem zbog pojave metamerizma poželjno je koristiti standardne izvore svjetlosti pri postupku određivanja boje zuba. Tako se izbjegava različit stupanj apsorpcije ili refleksije svjetlosti od određenog objekta, a samim time ostvaruju se pogodni uvjeti za korektnu procjenu boje²¹.

ODABIR BOJE ZUBA

Odabir boje u ordinaciji podrazumijeva prijenos fenomena i doživljaja boje u određeni standardizirani jezik, kako bi kasnije zubni tehničar po tom standardu mogao izraditi protetski nadomjestak. Danas postoje mnogi sustavi za odabir boje, a možemo ih podijeliti na konvencionalne (vizualne) i kompjutorske ili digitalne sustave^{9,13,22-26}.

VIZUALNO ODREĐIVANJE BOJE ZUBA

Vizualni odabir boje zuba je najučestalija metoda odabira boje u ordinaciji dentalne medicine³. Temelji se na subjektivnom procesu usporedbe zuba i standardizirane nijanse iz ključa boja u jednakim uvjetima osvjetljenja. Boja se odabire prema najbližoj standardiziranoj boji u ključu boja te se oslanja na učinkovitost ljudskog oka u detektiranju manjih razlika u boji dvaju objekata (slika 1). Unatoč tome, pri ovakvom odabiru često može doći do pogrešaka uzrokovanih raznim čimbenicima kao što su uvjeti osvjetljenja, iskustvo, dob i zamor oka promatrača i neke optičke iluzije koje nas mogu navesti na pogrešan odabir boje. Uz to, dokazalo se da boja zuba često odgovara upravo boji između dviju standardiziranih boja u ključu boja, pa ju je nemoguće reproducirati na točan način^{22,27}. Bez obzira na pogreške koje se događaju pri odabiru boje vizualnom metodom, kod iskusnih praktičara ova metoda je i dalje učinkovit način odabira boje, s obzirom na jednostavnost i nisku cijenu primjene^{8,20}. Postoji nekoliko uvjeta kojih bi se pri odabiru boje doktor

Tablica 1. Smjernice kojih se treba pridržavati pri vizualnom odabiru boje zuba

- Pacijenta je potrebno pripremiti: ako pacijentica nosi ruž na usnama, potrebno ga je skinuti, ako pacijent nosi suviše svijetlu ili tamnu odjeću, pokriti ga kompresom sive boje, a zube očistiti od eventualnih naslaga.
- Odabir boje treba raditi na početku, prije brušenja zuba, kako bi se spriječio zamor oka, ali i promjena boje zbog isušivanja dentina.
- Boju odabirati u neutralnom okruženju, zidova sivkaste boje, pri pravilnom osvjetljenju.
- Boju promatrati pri više različitih izvora svjetlosti kako bismo izbjegli metameriju.
- Koristiti ključ boja koji odgovara materijalu koji ćemo koristiti u restauraciji.
- Pri odabiru koristiti samo jednu boju iz ključa boja, a ne cijeli ključ sa svim bojama.
- Boju iz ključa prisloniti ispod zuba koji uspoređujemo, a ne pored, kako bismo izbjegli binokularni fenomen.
- Boju promatrati na udaljenosti oko 50 cm.
- Ne uspoređivati boje dulje od 7 sekundi da izbjegnemo zamor oka. Ako je potrebno, nekoliko sekundi gledati u neutralnu sivu podlogu pa ponoviti proces.
- Imati na umu da je prva odabrana boja vjerojatno i najtočnija.

dentalne medicine trebao pridržavati kako bi vizualni odabir boje bio što točniji, tj. kako bi se standardizirali uvjeti pri kojima se boja odabire. Smjernice za optimalan proces odabira boje navedene su u tablici 1.

INSTRUMENTALNO ODREĐIVANJE BOJE PROTETSKOG NADOMJESTKA

S obzirom na subjektivnost vizualnog određivanja boje, često i netočnost, razvile su se instrumentalne metode odabira boje u ordinaciji dentalne medicine raznim vrstama digitalnih instrumenata kao što su spektrofotometar, kolorimetar i digitalna kamera. Objektiviziranjem i standardiziranjem boje olakšan je odabir boje praktičaru, a olakšana je i komunikacija s dentalnim tehničarom. Ove novije metode odabira boje su pouzdanije, brže, lako ponovljive i ne ovise o samom promatraču i optičkim fenomenima. Unatoč tome, još uvijek se premalo koriste, a razlog je vjerojatno visoka cijena pojedinih uređaja^{19,28}.

SPEKTROFOTOMETAR

Spektrofotometri spadaju među najpreciznije instrumenta za odabir boje u dentalnoj medicini. Njihovo djelovanje temelji se na mjerenju količine svjetlosne energije koju objekt reflektira u intervalima vidljivog spektra. Svjetlost koja se reflektira uređaj pretvara u električne impulse. Kao rezultat mjerenja dobivamo spektrofotometrijsku krivulju, te se na zaslonu uređaja prikaže rezultat mjerenja. Ovisno o odabranom uređaju i načinu mjerenja



Slika 1. Vizualni odabir boje zuba prema ključu boja

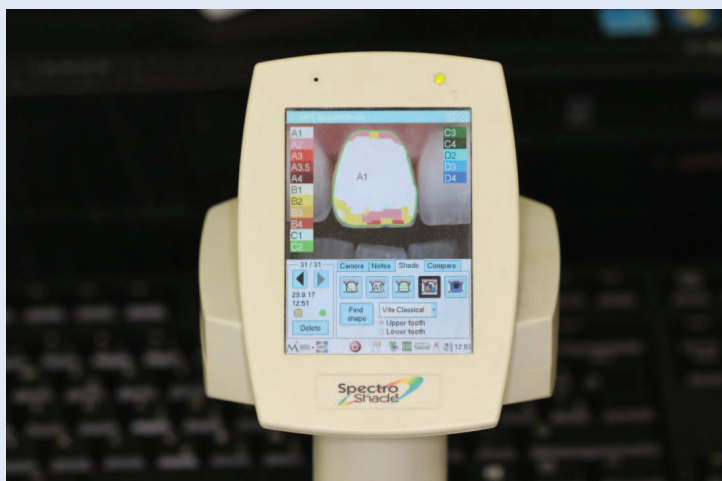
dobivamo boju cijelog zuba, boje svake trećine zuba, ili točkasto mjerenje pojedinih dijelova zuba. Kod uređaja za dentalnu primjenu rezultati su prikazani u šiframa odabranog ključa boja, kako bi bili razumljivi svakom praktičaru. Tako, primjerice, dobivamo rezultate mjerenja – A1, A2, A3 itd. Slika mjerenja i rezultat izražen brojačno mogu se pohraniti u uređaju ili elektroničkim putem dostaviti dentalnom tehničaru²⁸. Neki od najpoznatijih spektrofotometara koji se koriste u dentalnoj medicini su Crystaleye (Olympus, Japan), koji kombinira dobre strane spektrofotometra i digitalne

fotografije; Vita Easyshade V (Vita Zahnfabrik, Njemačka), mali, bežični, kompaktni i ergonomski prilagođen uređaj, relativno niske cijene, pomoću kojeg je moguće mjeriti cjelokupnu površinu zuba, pojedine dijelove, ali i provjeriti boju restaurativnog materijala ili keramičkog materijala protetskog nadomjestka u ustima te pojednostaviti dnevnu rutinu izrade slojevitih nadomjestaka; zatim Shade X (X-Rite, SAD), uređaj koji je također malen i praktičan, ima promjer vrha senzora od 3 mm te boju zuba mjeri točkasto, u više dijelova. Jedan od često

Instrumentalna metoda odabira boje zuba precizna je, objektivna i više puta ponovljiva. Uporabom različitih instrumenata omogućen je i odabir boje po trećinama ili/i manjim segmentima zuba.



Slika 2. Odabir boje zuba SpectroShade Micro spektrofotometrom



Slika 3. Vizualni prikaz rezultata mjerenja boje zuba SpectroShade Micro spektrofotometrom

korištenih uređaja je i Spectroshade Micro (MHT, Švicarska) koji rezultate mjerenja prikazuje vizualno na ekranu. Također kombinira tehnologiju spektrofotometra i digitalne kamere te posjeduje interno računalo s analitičkim softverom^{11,28} (slika 2 i 3).

KOLORIMETAR

Kolorimetri su uređaji manje precizni od spektrofotometra, a temelje se na mjerenju tristimulusnih vrijednosti boja, slično ljudskoj percepciji boja, te uspoređivanju mjerenih boja s bojom nastalom u kolorimetru miješanjem osnovnih boja. Najkorišteniji kolorimetar u praksi je ShadeVision (X-Rite, SAD), koji boje na zubu mjeri u svakoj trećini zasebno – incizalna, srednja, cervikalna, te ima i slikovni prikaz na ekranu²⁸.

DIGITALNA KAMERA

U odabiru boje u ordinaciji dentalne medicine sve se više koriste digitalne kamere ili uređaji za određivanje boja koji su temeljeni na tehnologiji digitalnih kamera. Nedostatak prijenosa informacije o boji dentalnom tehničaru pomoću digitalnih fotografija je u tome što kvaliteta fotografije ovisi o vještini fotografa i vrsti osvjetljenja, a i reprodukcija fotografije je subjektivna. Primjer digitalne kamere koja se često koristi u dentalnoj medicini je ClearMatch (Smart Technology, SAD) uređaj za odabir boje koji se temelji na digitalnoj kameri, ali fotografirane boje uspoređuje sa standardiziranim ključevima boja koje sadrži u bazi podataka, te je taj rezultat lako moguće objektivno reproducirati²⁸.

RASPRAVA

Tehnologija u dentalnoj medicini značajno se razvija u posljednjih nekoliko godina, te nam uporaba raznih uređaja postaje sve dostupnija za korištenje u ordinaciji. Među novijim tehnološkim ostvarenjima su i mnogobrojni uređaji za odabiranje pravilne boje pri izradi protetskih ili restaurativnih nadomjestaka u dentalnoj medicini, koji značajno olakšavaju rad te objektiviziraju rezultate pri odabiru boje. Kako je estetika u dentalnoj medicini u posljednje desetljeće postala vrlo važan dio rada doktora dentalne medicine, tako je i odabir boje, koja je jedan od značajnijih

faktora dentalne estetike, a možda i najzahtjevniji za reprodukciju, postao vrlo važan korak u restauraciji zuba restaurativnim materijalima ili protetskim nadomjestkom^{11,19,28-31}. Uređaji kao što su kolorimetar ili spektrofotometar najčešće su korištene naprave za određivanje boje u ordinacijama dentalne medicine. Njihovo korištenje ima brojne prednosti kao što su točnost, ponovljivost, objektivnost, brzina odabira i lakoća reproduciranja boje^{11,28,29}. Pomoću uređaja za instrumentalno određivanje boje možemo točno i objektivno odabrati boju, bez obzira o uvjetima u okolini kao što su osvjetljenje, boja zidova ordinacije, bez obzira na promatrača, njegovu dob, treniranost oka, optičke fenomene i ostale fenomene koji se događaju pri gledanju i percepciji boje koji mogu utjecati na naš odabir^{2,21,29}. Pomoću spektrofotometra, jednog od najtočnijih uređaja za odabir boje u dentalnoj medicini, boja se određuje tako da se senzor prisloni na zub kojem želimo odrediti boju, a uređaj refleksiju svjetlosti prenosi u električne impulse, te rezultate dobivamo u digitalnom obliku na ekranu. Rezultat je kod nekih spektrofotometara prikazan slikovno, s prikazom boje različitih dijelova zuba. Na taj način možemo objektivno dentalnom tehničaru prenijeti točne informacije o boji na pojedinom dijelu zuba, te on može zub reproducirati tako da nije jednolične boje^{11,28}. Osim što olakšava odabir boje doktoru dentalne medicine, korištenje uređaja za instrumentalno određivanje boje pojednostavljuje i prijenos informacija dentalnom tehničaru. Objektivne podatke može prenijeti u izradu nadomjestka, s ciljem izrade nadomjestka precizne boje koji u potpunosti odgovara zubnom nizu pacijenta. S ključevima boje također možemo dobiti dobre rezultate, ako slijedimo neke smjernice u radu s tim pomagalicama za odabir boje. Vrlo je važno poznavati sam fenomen boje, ali i razne kontraste i druge optičke iluzije koje nas mogu navesti na pogrešan odabir boje, a posljedično i nezadovoljstvo pacijenta te financijski gubitak zbog ponavljanja rada^{2,29,30}.

ZAKLJUČAK

Odabir boje u dentalnoj medicini moguć je na dva načina; vizualnim ili instrumentalnim metodom. Vizualna metoda je subjektivna i ovisi o vizualnim čimbenicima i iskustvu ispitivača. Nasu-

prot tome, instrumentalna metoda je točna, objektivna i više puta ponovljiva. Kod odabira boje pomoću uređaja ne dolazi do pogrešaka zbog utjecaja okoline, a i značajno je skraćeno vrijeme odabira boje u ordinaciji.

Izjava o sukobu interesa: autori izjavljuju da ne postoji sukob interesa.

LITERATURA

1. Tin-Oo MM, Saddki N, Hassan N. Factors influencing patient satisfaction with dental appearance and treatments they desire to improve aesthetics. *BMC Oral Health* 2011;23:11-6.
2. Zlatarić Knežević D. Osnove estetike u dentalnoj medicini. 1. izdanje. Zagreb: Hrvatska komora dentalne medicine, 2013;4:42-57.
3. Mayekar SM. Shades of a colour illusion or reality? *Dental Clinics of North America* 2001;45:155-72.
4. Watts A, Addy M. Tooth discolouration and staining: a review of the literature. *British Dental Journal* 2001;190:309-16.
5. Paravina R, Powers JM. *Esthetic Color Training in Dentistry*. 1st edition. St. Louis: Elsevier Mosby, 2004.
6. Clark EB. Tooth Color Selection. *J Am Dent Assoc* 1933;20:1065-73.
7. Hall NR. Tooth colour selection: The application of colour science to dental colour matching. *Aust Prosthodont J* 1991;5:41.
8. Van der Burgt TP, Ten Bosch JJ, Borsboom PCF, Kortsmit WJPM. A comparison of new and conventional methods for quantification of tooth colour. *J Prosth Dent* 1990;63:155-62.
9. Tung FF, Goldstein GR, Jang S, Hittelman E. The repeatability of an intraoral dental colorimeter. *J Prosth Dent* 2002;88:585-90.
10. Bridgeman I. The nature of light and its interaction with matter. 1st edition. In: McDonald R (ed.) *Colour physics for industry*. Huddersfield: H. Charlesworth & Co Ltd, 1987;1-34.
11. Chu SJ. *Fundamentals of color: Shade Matching and Communication in Esthetic Dentistry*. 2nd edition. Hanover Park: Quintessence Publishing; 2010.
12. O'Brien WJ, Groh CL, Boenke KM. A one-dimensional color order system for dental shade guides. *Dent Mater* 1989;5:371-4.
13. Stephen J. Precision shade technology: Contemporary strategies in shade selection. *Pract Proced Aesthet Dent* 2002;14:79-83.
14. Munsell AH. *A color notation*. 11th edition. Baltimore: Munsell Color Co.; 1961.
15. Sproull RC. Color matching in Dentistry. Part I. The three-dimensional nature of color. *J Prosthet Dent* 1973;29:416-23.
16. CIE Publication x015:2004. *Colorimetry*, 3rd edition. Vienna: CIE Central Bureau, 2004.
17. Lee SY, Nathanson D, Giordano R. Colour stability of a new light-cured ceramic stain system subjected to glazing temperature. *J Oral Rehabil* 2001;28:457-62.

18. Watts A, Addy M. Tooth discolouration and staining: a review of the literature. *Brit Dent J* 2001;190:309-16.
19. Nakagawa Y. Color analysis of shade guides. *Shikal Tenbo* 1976;48:1-9.
20. Westland S, Luo W, Ellwood R, Brunton P, Pretty I. Colour assessment in dentistry. *Annals of the BMVA* 2007;2007:1-10.
21. Fortunato M, Sa T, Rodrigues Neto DJ, Pamato S, Pereira JR. Evaluation of perception of dental color by students and professors of dentistry. *Journal of Research in Dentistry* 2014;2:278-84.
22. Okubo SR, Kanawati A, Richards MW, Childress S. Evaluation of visual and instrumental shade matching. *J Prosthet Dent* 1998;80:642-48.
23. Johnston WH, Kao EC. Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. *J Dent Res* 1989;68:819-22.
24. Meireles SS, Demarco FF, Santos IS, Dumith Sde C, Bona AD. Validation and reliability of visual assessment with a shade guide for tooth-colour classification. *Oper Dent* 2008;33:121-6.
25. Chen H, Huang J, Dong X, Qian J, He J, Qu X et al. A systematic review of visual and instrumental measurements for tooth shade matching. *Quintessence Int* 2012;43:649-59.
26. Sikri VK. Color: Implications in dentistry. *J Conserv Dent* 2010;13:249-55.
27. Berns RS, Billmeyer FW, Saltzman M. Measuring Color. 3rd edition *In: Berns RS (ed). Billmeyer and Saltzman's principles of colour technology.* New York: John Wiley & Sons, 2000;75-106.
28. Chu SJ, Trushkowski RD, Paravina RD. Dental color matching instruments and systems: Review of clinical and research aspects. *J Dent* 2010;38:2-16.
29. Gürel G. Znanje i vještine u izradi estetskih keramičkih ljuski. 1. izdanje. Zagreb: Media ogled, 2009;6:159-70.
30. Pitel M. Optimizing Your Shade-Matching Success: Tips, Tools, And Clinical Techniques. *Dentistry Today* 2015;34: 116, 118-21.
31. Vanini L, Mangani FM. Determination and communication of color using in five color dimensions of teeth. *Pract Proced Aesthet Dent* 2001;13:19-26.