

Prilog poznavanju utjecaja refleksije svjetlosti na boju zuba

Renata Poljak-Guberina, Zvonimir Kosovel, Zdenko Šternberg

Zavod za fiksnu protetiku Stomatološkog fakulteta u Zagrebu
Laboratorij za ionizirane plinove Instituta »Ruđer Bošković« u Zagrebu

Primljeno 29. 10. 1984.

Sažetak

Boja zuba znanstveno se počela ispitivati početkom 20-og stoljeća. Zapostavljena su kvantitativna ispitivanja refleksije zuba. Stoga su provedena ispitivanja koeficijenta refleksije zuba na spektrofotometru vlastite konstrukcije. Kao izvor zračenja korištene su različite žarulje: živina, argonska, helijeva i neonska, a kao detektor korišten je fotomultiplikator tipa RCA 6342A. Izračuna koeficijent refleksije koji se kreće između 3,5% u ljubičastom području i 7,9% u plavozelenom području vidljive svjetlosti uglavnom potvrđuje nalaze drugih autora. Posebno je zanimljiv nalaz maksimuma u plavozelenom i žutonarančastom dijelu spektra, što bjeličastom zubu može dati plavu odnosno žutu nijansu.

Ključne riječi: refleksija svjetlosti, boja zuba

UVOD

Prema definiciji Kolorimetrijskog komiteta boja je svojstvo svjetlosti koja se s objekta reflektira, a boja reflektirane svjetlosti ovisi od boje upadne svjetlosti i od specijalnog načina na koji se boja modificira u procesu refleksije. Refleksija svjetlosti s površine zuba, najutjecajnije optičko svojstvo zuba u formiranju boje zuba, poznato je odavno. Već prvi zubni nadomjesci od slonovače bili su maksimalno zaglađeni, čime se postizao visoki sjaj i refleksija. Budući da prirodni zub posjeduje i svojstvo fluorescencije, njegova boja je rezultat komplementarnog djelovanja reflektirane svjetlosti i fluorescencije.

Početak 20-og stoljeća razvojem spektrometrije, raste zanimanje za boju prirodnog zuba, te je velik broj autora dao doprinos ispitivanju tog fenomena (La Bella¹, Mancehicz i Hoerman², Laurila i Forziati³, Mc Devitt⁴, Hall, Hefferren i Olsen⁵). Njihovi radovi uglavnom predstavljaju kvalitativna spek-

trofluorimetrijska ispitivanja. Neki autori smatraju značajnim utjecaj fluorescencije na formiranje boje zuba, dok drugi taj utjecaj omalovažavaju. U najranijim istraživanjima pojam fluorescencije različito je shvaćan, te je koji put zamijenjen s pojmom refleksije ili pak prikazan pod sasvim novim pojmom npr. »lumin efekt (Hilterbrandt⁶).

Značajna spektrofluorimetrijska ispitivanja proveli su i naši autori (Kosovel⁷, Stipić⁸).

Žuljević⁹ je mjerio koeficijent refleksije određenih restorativnih materijala koji su kod nas u upotrebi. Povećanjem debljine ispitivanih uzoraka smanjuje se procent refleksije po krivuljama svojstvenim za svaki materijal i boju. Kod svih ispitivanih materijala uočljiva je »kritična debljina« koja se nalazi kod 1,5 mm. Iznad te debljine procent neznatno opada, što znači da se i boja u sva tri parametra neznatno mijenja. Dobiveni koeficijenti refleksije kreću se od 27% do 47%, dok se koeficijent refleksije prirodnog zuba prema Lemire-u i Burk-u¹⁰ kreće između 4 i 8%

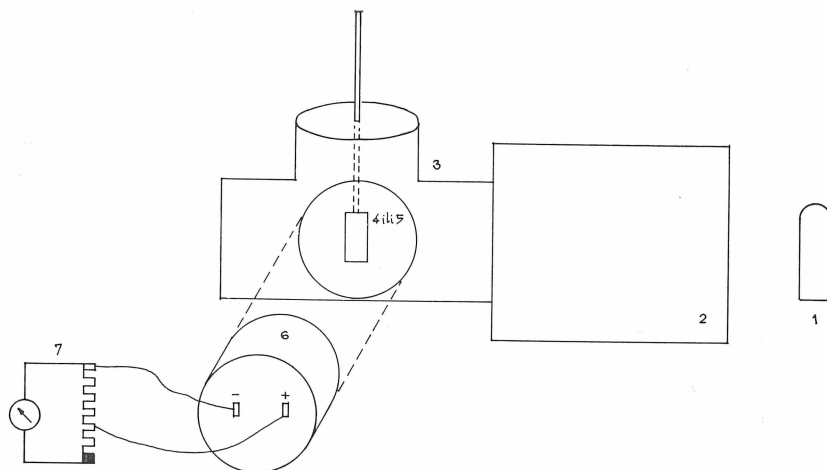
Koeficijent refleksije kompozita se mijenja ovisno o različitim faktorima. Marx¹¹ 1976. opisuje promjene boje nastale kao posljedica izlaganju svjetlu i vlazi. Moser, Wozniak i Müller¹² 1978. promatraju promjene boje različitih kompozita nastale djelovanjem otopina čaja i kave. Zaključuju da su najveće promjene kod zasićenosti i svjetline boje, dok su kod tona boje vrlo male.

Rezultati svih spomenutih kao i mnogih drugih dosadašnjih ispitivanja na području boje zuba omogućili su suvremenu spoznaju o boji zuba i njenoj imitaciji, koju je Mc Lean¹³ dao u svojoj opširnoj studiji. On potvrđuje mišljenje mnogih autora da je glavni izvor boje dentin, a caklina s obzirom na svoju debljinu dodatno modificira svjetlost. Shematski prikazuje princip refleksije na kruni zuba, te smatra da je nužno ista načela primijeniti pri izradi umjetne.

Literaturni podaci uglavnom se odnose na kvalitativna ispitivanja refleksije zuba. Mali broj kvantitativnih ispitivanja refleksije zuba i njihovi različiti rezultati potakli su nas da aparatom vlastite modifikacije i sami provedemo niz kvantitativnih mjerenja refleksije sa površine prirodnog zuba i na taj način pokušamo pridonijeti udio rezultatima do sada provedenih istraživanja.

MATERIJAL I METODA ISPITIVANJA

Ispitivanja su vršena na 8 humanih, trajnih, zdravih zubi bez pigmentacija i naslaga kamenca. Upotrijebljeni su samo gornji krupniji incizivi, koji imaju najveću i najravniju površinu, što je važno za točnost mjerenja. Refleksija ispitivanih uzoraka mjerena je fotometrom konstruiranom na Institutu »Ruđer Bošković« u Laboratoriju za ionizirane plinove. Shema aparata prikazana je na sl. 1.



Slika 1. Fotometar konstruiran u Laboratoriju za ionizirane plinove Instituta »Ruđer Bošković«.

Kao izvor svjetlosti korištene su živina, argonska, helijeva i neonska žarulja (1). Svaka od njih ima izrazito jake linije u drugom dijelu spektra. Kombinacijom tih četiri izvora dobivene su unutar cijelog vidljivog spektra dovoljno jake linije da se intenzitet refleksije može očitavati sa zadovoljavajućom točnošću. Monokromatorom (2) se izdvaja određena valna duljina svjetlosti koja dalje prolazi kroz komoru (3) u kojoj se nalazi zub (4) i sa zubom zamjenjivo aluminijsko zrcalo (5) poznatog koeficijenta refleksije. Fotostruja izazvana u detektoru tj. fotomultiplikatoru tipa RCA 6342A (6) očitava se na elektrometru Keithley 610C (7).

Koeficijent refleksije mjereno je uspoređivanjem refleksije s površine zuba na određenoj valnoj dužini svjetlosti sa refleksijom s aluminijskog zrcala, čiji je koeficijent poznat.

REZULTATI

Na reprezentativnom uzorku izmjeren je i izračunat koeficijent refleksije na sl. 2.

Koeficijent refleksije zuba kreće se u rasponu od 3,5% u ljubičastom području do 7,9 u plavozelenom području. Na krivulji su izražena dva maksimuma; prvi izraženiji u plavozelenom spektru na $\lambda = 495,7$ nm i nešto slabiji u žutonarančastom području $\lambda = 579,1$ nm.

Statističkom obradom pomoću t testa ($t = 0,304$; $P \equiv 0,386$) nije uočena statistički značajna razlika u vrijednostima koeficijenta refleksije za pojedine zube. Dobivene vrijednosti podudaraju se sa zapažanjima ljudskog oka bez optičkih pomagala. Prema tim najstarijim i najdirektnijim zapažanjima humani zub je plavičastobijele boje s lagano naglašenom žutom nijansom, što potvrđuju i rezultati izneseni u ovom radu.

trofluorimetrijska ispitivanja. Neki autori smatraju značajnim utjecaj fluorescencije na formiranje boje zuba, dok drugi taj utjecaj omalovažavaju. U najranijim istraživanjima pojam fluorescencije različito je shvaćan, te je koji put zamijenjen s pojmom refleksije ili pak prikazan pod sasvim novim pojmom npr. »lumin efekt (Hilterbrandt⁶).

Značajna spektrofluorimetrijska ispitivanja proveli su i naši autori (Kosovel⁷, Stipić⁸).

Žuljević⁹ je mjerio koeficijent refleksije određenih restorativnih materijala koji su kod nas u upotrebi. Povećanjem debljine ispitivanih uzoraka smanjuje se procent refleksije po krivuljama svojstvenim za svaki materijal i boju. Kod svih ispitivanih materijala uočljiva je »kritična debljina« koja se nalazi kod 1,5 mm. Iznad te debljine procent neznatno opada, što znači da se i boja u sva tri parametra neznatno mijenja. Dobiveni koeficijenti refleksije kreću se od 27% do 47%, dok se koeficijent refleksije prirodnog zuba prema Lemire-u i Burk-u¹⁰ kreće između i 4 i 8%

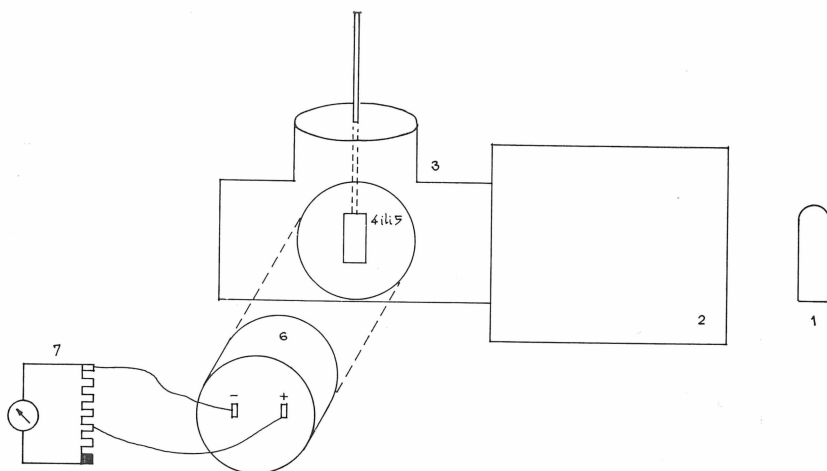
Koeficijent refleksije kompozita se mijenja ovisno o različitim faktorima. Marx¹¹ 1976. opisuje promjene boje nastale kao posljedica izlaganju svjetlu i vlazi. Moser, Wozniak i Müller¹² 1978. promatraju promjene boje različitih kompozita nastale djelovanjem otopina čaja i kave. Zaključuju da su najveće promjene kod zasićenosti i svjetline boje, dok su kod tona boje vrlo male.

Rezultati svih spomenutih kao i mnogih drugih dosadašnjih ispitivanja na području boje zuba omogućili su suvremenu spoznaju o boji zuba i njenoj imitaciji, koju je Mc Lean¹³ dao u svojoj opširnoj studiji. On potvrđuje mišljenje mnogih autora da je glavni izvor boje dentin, a caklina s obzirom na svoju debljinu dodatno modificira svjetlost. Shematski prikazuje princip refleksije na kruni zuba, te smatra da je nužno ista načela primijeniti pri izradi umjetne.

Literaturni podaci uglavnom se odnose na kvalitativna ispitivanja refleksije zuba. Mali broj kvantitativnih ispitivanja refleksije zuba i njihovi različiti rezultati potakli su nas da aparatom vlastite modifikacije i sami provedemo niz kvantitativnih mjerenja refleksije sa površine prirodnog zuba i na taj način pokušamo pridonijeti udio rezultatima do sada provedenih istraživanja.

MATERIJAL I METODA ISPITIVANJA

Ispitivanja su vršena na 8 humanih, trajnih, zdravih zubi bez pigmentacija i naslaga kamenca. Upotrijebljeni su samo gornji krupniji incizivi, koji imaju najveću i najravniju površinu, što je važno za točnost mjerenja. Refleksija ispitivanih uzoraka mjerena je fotometrom konstruiranom na Institutu »Ruđer Bošković« u Laboratoriju za ionizirane plinove. Shema aparata prikazana je na sl. 1.



Slika 1. Fotometar konstruiran u Laboratoriju za ionizirane plinove Instituta »Ruđer Bošković«.

Kao izvor svjetlosti korištene su živina, argonska, helijeva i neonska žarulja (1). Svaka od njih ima izrazito jake linije u drugom dijelu spektra. Kombinacijom tih četiri izvora dobivene su unutar cijelog vidljivog spektra dovoljno jake linije da se intenzitet refleksije može očitavati sa zadovoljavajućom točnošću. Monokromatorom (2) se izdvaja određena valna duljina svjetlosti koja dalje prolazi kroz komoru (3) u kojoj se nalazi zub (4) i sa zubom zamjenjivo aluminijsko zrcalo (5) poznatog koeficijenta refleksije. Fotostruja izazvana u detektoru tj. fotomultiplikatoru tipa RCA 6342A (6) očitava se na elektrometru Keithley 610C (7).

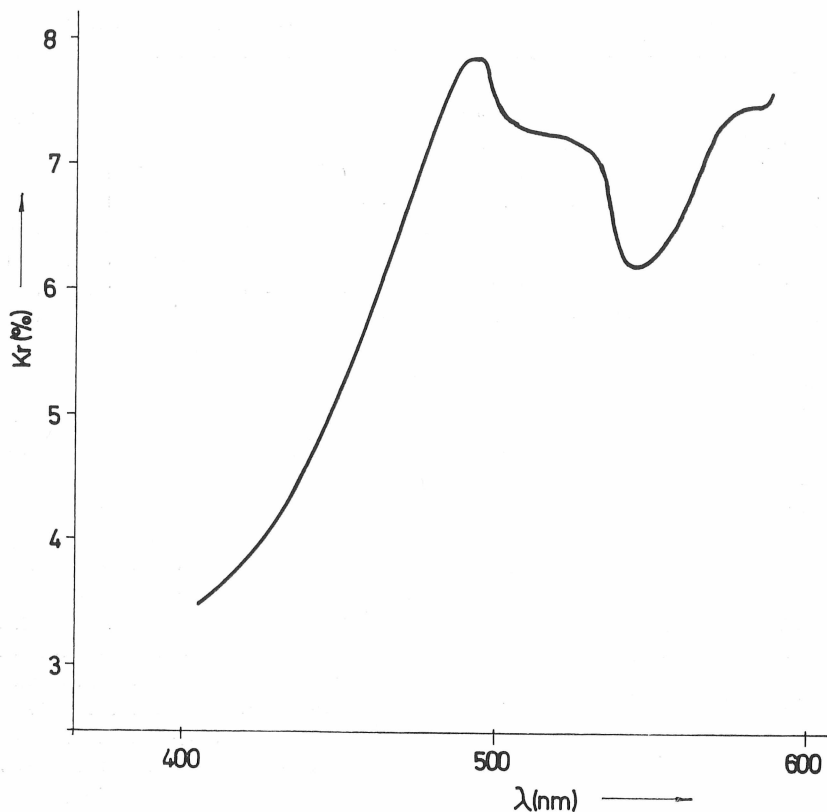
Koeficijent refleksije mjereno je uspoređivanjem refleksije s površine zuba na određenoj valnoj dužini svjetlosti sa refleksijom s aluminijskog zrcala, čiji je koeficijent poznat.

REZULTATI

Na reprezentativnom uzorku izmjeren je i izračunat koeficijent refleksije na sl. 2.

Koeficijent refleksije zuba kreće se u rasponu od 3,5% u ljubičastom području do 7,9 u plavozelenom području. Na krivulji su izražena dva maksimuma: prvi izraženiji u plavozelenom spektru na $\lambda = 495,7$ nm i nešto slabiji u žutonarančastom području $\lambda = 579,1$ nm.

Statističkom obradom pomoću t testa ($t = 0,304$; $P \equiv 0,386$) nije uočena statistički značajna razlika u vrijednostima koeficijenta refleksije za pojedine zube. Dobivene vrijednosti podudaraju se sa zapažanjima ljudskog oka bez optičkih pomagala. Prema tim najstarijim i najdirektnijim zapažanjima humani zub je plavičastobijele boje s lagano naglašenom žutom nijansom, što potvrđuju i rezultati izneseni u ovom radu.



Slika 2. Vrijednosti koeficijenta refleksije K_r humanog zuba u ovisnosti o valnoj dužini svjetlosti.

RASPRAVA I ZAKLJUČCI

Rezultati ovih ispitivanja poklapaju se s literaturnim podacima Lemire-a i Burk-a¹⁰, a djelomično odstupaju od rezultata Spitzer-a i Ten Bosch-a¹⁴. Ta odstupanja mogu se objasniti činjenicom da smo mjerili refleksiju pod kutem od 45° , dok su Spitzer i Ten Bosch¹⁴ vršili mjerenja uz integraciju reflektirane plus raspršene svjetlosti u fotometrijskoj kugli.

Dojam prirodne boje zuba ovisi o percepcijskim sposobnostima promatrača, osvjetljenju, utjecaju okoline i o svojstvima zubnih tkiva. Da bi se mogli nepovoljni utjecaj raznih činitelja umanjiti, potrebno je izraditi materijale za umjetne zube identičnih optičkih svojstava prirodnim. Kvantitativna i kvalitativna ispitivanja refleksije svjetlosti s prirodnog zuba nalaze praktično značenje u izradi materijala protetskih izdjelaka, dajući osnovne parametre proizvođačima dentalnih materijala koje treba uzeti u obzir pri uspješnoj imitaciji prirodne boje zuba. Razvojem tehnologije stvorena je

mogućnost da se izrade zubni nadomjesci s gotovo idealno glatkim površinama, koje posjeduju sve češće preveliki stupanj refleksije, što stvara dojam neprirodnosti.

Iz rezultata naših ispitivanja očito je da prirodni zub ne reflektira sve valne dužine svjetlosti vidljivog spektra uniformno. Iako s različitim intenzitetom, ali s ne prevelikim odstupanjem, reflektirane su sve valne dužine vidljive svjetlosti, što zubu daje opći dojam bjeličaste boje. Najizraženija je refleksija u plavozelenom području i iznosi 7,9%, dok je najslabija u ljubičastom području, svega 3,5%. Izradom zubnih nadomjestaka takvih refleksijskih sposobnosti, uz odgovarajuću zaglađenost površine, sposobnost fluorescencije i transparentije može se očekivati zadovoljavajući estetski efekt.

Literatura

1. LA BELLA, F. S.: Analysis of fluorescence in elastin, collagen and procollagens, *Con. Arthritis and Rheumatism Soc. Toronto*, 1961.
2. MANCEWICZ, S. A., HOERMAN, K. C.: Characteristics of insoluble protein of tooth and bone, *I. Arch. Oral Biol.* 9; 535, 1964.
3. LAURILA, U. R., FORZIATI, A. F.: Isolation and partial fractionation of fluorescent material from human teeth, *J. Dent. Res.* 39:714, 1966.
4. MC DEVITT, C. A.: Isolation and characterisation studies on the fluorescent compounds in calcified tissues, *M. Phil. Thesis University of London*, 1970.
5. HALL, J. B., HEFFERREN, J. J., OLSEN, N. H.: Study of fluorescent characteristics of extracted human teeth by use of clinical fluorimeter, *J. Dent. Res.* 49:1431, 1970.
6. HILTERBRANDT, C.: Fotooptische Untersuchungen zur Farbestimmung, *Zahnärztliche Welt*, vol. 5, No. 8, 1950.
7. KOSOVEL, Z.: Studij fluorescencije humanog zuba s osobitim obzirom na krunu, *Disertacija, Zagreb*, 1973.
8. STIPIĆ, LJ.: Ustanovljenje ultraljubičaste emisije suvremenih svjetiljaka u vezi fluorescencije zubi, *Magistarski rad, Zagreb*, 1976.
9. ŽULJEVIĆ, P.: Ispitivanje refleksije i transparentije polimerizata za estetske fiksno-protetske nadomjestke, *Magistarski rad, Zagreb*, 1980.
10. LEMIRE, J., BURK, G.: *Color in dentistry*, The J. M. Ney Co, Hartford, 1969.
11. MARX, H.: Zur Farbbeständigkeitsprüfung zahnärztlicher Kunststoffe, *Dtsch. Zahnärztl. Z.* 31:616, 1976.
12. MOSER, C., WOZNIAK, S., MÜLLER, H.: Use of the Munsell system to compute color differences in composite resins, *J. Dent. Res.* 57:598, 1978.
13. MC LEAN, J. W.: *The science and art of dental ceramics*, M. C. S. New Orleans, 1978.
14. SPITZER, D., TEN BOSCH, J. J.: The absorption and scattering of light in bovine and human dental enamel, *Calcif. Tiss. Res.* 17, 129, 1975.

Summary**A CONTRIBUTION TO THE KNOWLEDGE ON THE EFFECT OF LIGHT REFLECTION ON THE COLOR OF TEETH**

Scientific investigations of the color of the teeth began at the beginning of the 20th century, however, quantitative studies of the reflection of teeth have been rather neglected. Therefore, a study was undertaken to investigate the coefficients of reflection of teeth using a spectrophotometer constructed by the authors. The light sources used were mercury, argon, helium and neon bulbs and light was detected by a RCA 6342A photomultiplier. The coefficient of reflection calculated ranged from 3.5% in the purple spectrum and 7.9% in the bluish green spectrum of visible light, which finding mainly confirms the values found by other researchers. Especially interesting were the maxima found in the bluish green and yellowish orange parts of the spectrum, which can give a bluish or yellowish hue to whitish teeth.

Key words: light reflection, color teeth