

## REFLEKTANCIJE NEKIH POLIMERIZATA NA BIJELOJ PODLOZI

**Zvonimir Kosovel, Helena Percač, Branko Čelustka, Petar Žuljević,**

Zavod za fiksnu protetiku, Stomatološki fakultet Zagreb i Zavod za fiziku,  
Medicinski fakultet Zagreb\*

Primljeno: 17. 6. 1986.

### Sažetak

Ovo istraživanje izvršeno je na polimernim materijalima iz rutinske stomatološke prakse: Galodent, Ivocron i Isopast. Od svakog materijala u laboratoriju je izrađeno 5 pločica raznih debljina. Definitivno oblikovane pločice stavljene su na bijelu podlogu  $Al_2O_3$  čija je reflektancija blizu 100%. Reflektancija polimernih materijala na bijeloj podlozi mjerena je spektrofotometrom. Rezultati istraživanja pokazuju da su proučavani materijali: Galdent i Isopast, međusobno vrlo slični po svojim optičkim svojstvima. Debljina materijala Galodent i Isopast na podlozi, mora biti veća od 1,0 mm, da boja podloge više ne utječe na fenomen refleksije. Rezultati mjerenja na Ivocronu ne mogu se prilagoditi KM teoriji.

**Cljučne riječi:** polimerizati, reflektancija

Protetski izdjelak je funkcionalno, estetsko i profilaktičko terapijsko sredstvo. Izvorni morfološki oblici, dimenzije, međusobni odnosi i prirodna boja zubi, moraju se uočiti, prenijeti, ponoviti i zadržati u protetskom izdjelku. Forma dimenzije i usklađeni međusobni odnosi primarno su podređeni funkciji i profilaksi a svojom skladnošću izvedbe pridonose esteti. Boja zubi nema nikakvi značaj za funkciju ali ona u sebi nosi najdublji značaj i ključ estetike (1).

Svjetlost otkriva boju ona je njen izvor a boja njezino svojstvo. Boja je svojstvo svjetlosti što se reflektira s nekog objekta. Kada svjetlost pada na predmete, djelomično se apsorbira a djelomično reflektira. Predmeti se zapravo vide pomoću reflektirane svjetlosti, a boja ovisi o sastavu svjetlosti kojom su predmeti obasjani (2, 3, 4, 5). Pri izboru boje prilikom izvedbe rekonstruktivnih zahvata u stomatologiji, posebnu pozornost treba posvetiti kvaliteti izvora svjetlosti (6).

Istraživanju tog problema dato je u posljednje vrijeme značajno mjesto u stručnoj literaturi (7, 8, 9, 10). Boja prirodnih zubi ovisi o refleksiji, transparentiji, translucenciji, opalescenciji i fluorescenciji zubnih strukture. Na stvaranje dojma boje utječu i meka tkiva usne šupljine, (11).

Materijali u protetici koji su nosioci estetskih osebina i koji utječu na prirodni izgled trebali bi posjedovati svojstva prirodnih zubi. Svjetlost koja pada na estetsku krunicu ili fasetu, dijelom se reflektira s površine, dijelom prolazi u unutrašnjost gdje biva apsorbirana ili raspršena na nehomogenostima materijala. Disperzija svjetlosti se događa na sitnim prepolimernim zrcima koja se djelomično zadržavaju u polimeriziranom materijalu. Na disperziju svjetlosti utječu vjerojatno i primjese anorganskih oksida u spomenutim materijalima (12).

Tako dispergirana svjetlost vraća se natrag i pridružuje reflektiranoj svjetlosti s površine zuba što zajedno predstavlja reflektanciju. Ispod stjenke krunice ili fasete nalazi se obično bijela podloga cementa odnosno opakera koja također ima svoj utjecaj na refleksiju (13, 14).

Cilj je ovog rada izmjeriti reflektancije pločica izabranih polimerizata na bijeloj podlozi te utvrditi ovisnost između debljine pločice i stupnja reflektancije.

## MATERIJAL I METODA RADA

Za ovo istraživanje odabrani su polimerni materijali iz rutinske stomatološke prakse koji se koriste za izradu estetskih krunica, faseta i ispuna. To su materijali poznati pod komercijalnim imenom Galodent, Ivocron, Isopast. Od svakog materijala u laboratoriju je izrađeno pet pločica. Pločice su oblikovane u dimenzijama 20x20 mm, u pet različitih debljina i to od 0,5, 1,0, 1,5, 2,0 2,5 mm. Dimenzije pločica mjerene su i određene mikrometrom TESA, Rens Lousanne, 1 Div 0,001 mm. Nakon definitivnog oblikovanja pločice su stavljene na bijelu podlogu od  $Al_2O_3$  čija je reflektancija vrlo blizu 100%.

Snimanje reflektancije izvršeno je na spektrofotometru Perkin-Elmer model 124 s dodatnim dijelom za refleksiju i pisačem, model 56. Izvor svjetlosti predstavljala je svjetiljka Tungsten 139—0130. Kao standard upotrebljena je tabela  $Al_2O_3$  s difuznom refleksijom od najmanje 97,0% od 400 do 700 nm. Površina ispod krivulje refleksije izmjerena je pomoću planimetra R. Reiss, G. mb. H. Liebenwerda i izražena u postotku. Reflektancija uzorka definirana je kao omjer reflektiranog toka svjetlosti s pločice polimerizata na bijeloj podlozi i toka reflektirane svjetlosti s bijele podloge od čistog  $Al_2O_3$ .

## REZULTATI I RASPRAVA

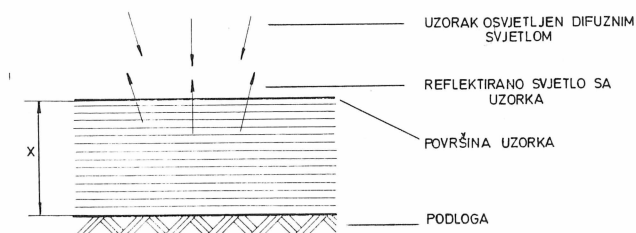
Rezultati istraživanja su prikazani tablički i grafički.

U tablici I prikazana je reflektancija uzoraka izražena u postotku za sve tri vrste materijala u pet debljina koje su izražene u milimetrima. Rezultati mjerenja pokazuju slična refleksijska svojstva u sve tri tvari. U najtanjih uzoraka vrijednosti reflektancije su visoke zbog utjecaja bi-

Tablica I

GALODENT		IVOCRON		ISOPAST	
debljina mm	reflektancija %	debljina mm	reflektancija %	debljina mm	reflektancija %
0,484	60,30	0,508	51,42	0,512	65,14
0,992	50,24	0,988	42,28	1,020	54,36
1,513	46,70	1,494	39,22	1,502	44,44
2,019	44,32	2,010	26,20	2,012	43,78
2,251	43,88	2,475	21,82	2,545	43,24

jele podloge. Kad debljina uzoraka dostigne 2 odnosno 2,5 milimetara vrijednosti reflektancije više ne rastu već se stabiliziraju. To je osobito izraženo za materijale Galodent i Isopast. Na pločicama Ivocrona dolazi također u izvjesnoj mjeri do zasićenja ali se vrijednosti reflektancije ne stabiliziraju već pokazuju stalno postepeno smanjenje sve do najdebljih uzoraka.



Slika 1. Skica uzorka na kojima su načinjena mjerenja

Na slici 1 prikazana je skica eksperimenta. Svjetlo koje pada na ležuću pločicu polimerizata na bijeloj podlozi, prvo se djelom reflektira sa same površine. Dio svjetlosti koji prodire u pločicu se apsorbira i raspršuje. Raspršeno svjetlo ide na sve strane, a dio koji je usmjeren prema površini sudjeluje u reflektiranom toku koji izlazi iz uzorka. Jedan dio svjetlosti prodire i do podloge s koje se djelomično reflektira i vraća u volumen pločice u kojoj se apsorbira i raspršuje. Dio tog raspršenog svjetla ide prema površini uzorka gdje nakon izlaza također sudjeluje u reflektiranom toku.

Na difuznu refleksiju svjetla u volumenu tvari nanosene na podlogu primjenjuje se teorija Kubelke i Munka (u daljnjem tekstu KM), koja je objavljena prvi put 1931. godine (15). U teoriji KM zanemaruje se refleksija s površine uzorka. Reflektornom toku svjetla doprinosi samo difuzna refleksija u volumenu uzorka koje uključuje i svjetlo reflektirano s podloge na kojoj leži pločica. Vrlo brzo su publicirani prvi pokušaji primjene KM teorije i na silikatne cemente (16).

Prema teoriji KM reflektancija ( $R$ ) sa sloja debljine  $X$ , na podlozi može se izračunati iz izraza

$$R = \frac{(R_g - R_\infty) / R_\infty - R_\infty (R_g - 1/R_\infty) e^{SX (1/R_\infty - R_\infty)}}{R_g - R_\infty - R_g - 1/R_\infty) e^{SX (1/R_\infty - R_\infty)}} \quad (1)$$

U ovoj formuli  $R_g$  označava reflektanciju s podloge bez uzorka a  $R_\infty$  predstavlja reflektanciju s pločice koja je toliko debela da  $R$  više ne ovisi o njenoj debljini. Iz izraza 1 se vidi da za  $X = \infty$  dobivamo da je  $R = R_\infty$ .

Koeficijent apsorpcije  $K$  i koeficijent raspršenja  $S$  povezani su s  $R_a$  u izrazu

$$K/S = \frac{(1 - R_\infty)^2}{2 R_\infty} \quad (2)$$

Budući da su mjerenja reflektancije izvršena na bijeloj podlozi onda se uzima da je  $R_g = 1$ . Uzevši to u obzir izraz 1 se pojednostavljuje na slijedeći način

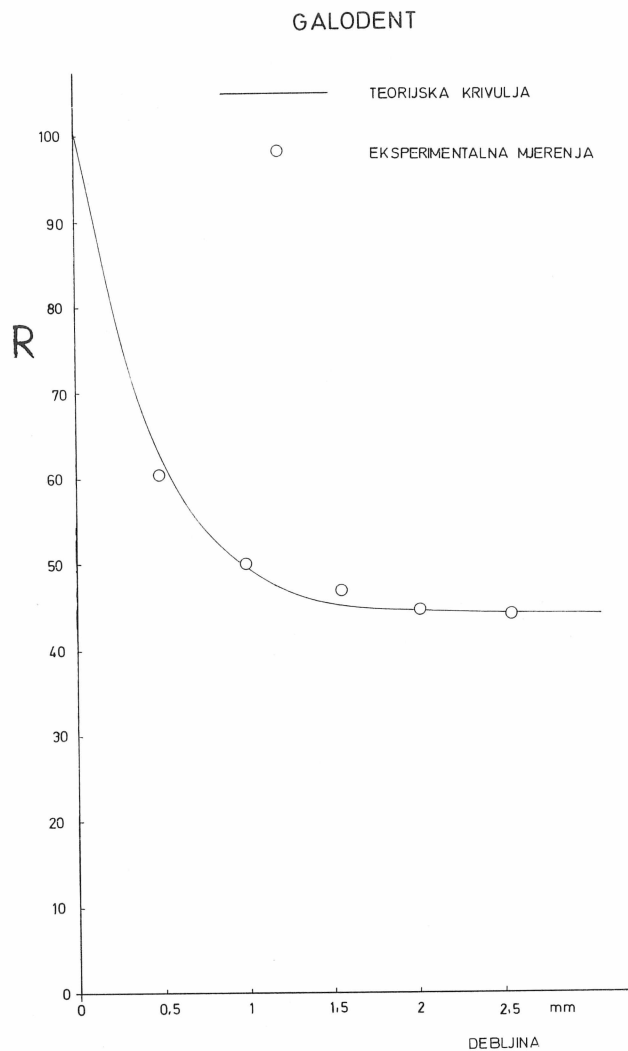
$$R = \frac{1 + R_\infty e^{SX (1/R_\infty - R_\infty)}}{R_\infty + e^{SX (1/R_\infty - R_\infty)}} \quad (3)$$

Iz jednadžbe 2 može se uočiti da  $R_\infty$  ovisi samo o međusobnom odnosu koeficijenta  $K$  i  $S$ . To se može objasniti na taj način da kod jako debele pločice svjetlo uopće ne prodire do podloge te u reflektiranom toku sudjeluje samo raspršeno svjetlo iz volumena pločice.

Za debele uzorke se predpostavlja da je  $X = \infty$  pa izraz 3 daje da je  $R = R_\infty$

O koeficijentu apsorpcije  $K$  i raspršenja  $S$  ovisi na kojoj će se debljini sloja uzorak ponašati kao da je pločica beskonačno debela. Iz mjerenja je vidljivo da kritična debljina za materijale Galodent i Izopast iznosi oko 1,5 mm. Svojstva Ivocrona su nešto drugačija. Opisana teorija KM može se primjeniti na rezultate mjerenja dobivene za uzorke Galodenta i Isopasta.

Svakom uzorku određene debljine pločice odgovara izmjerena vrijednost reflektancije. Iz rezultata mjerenja može se odrediti vrijednost za  $R_\infty$ . Za uzorak Galodenta  $R_{a\infty} = 0,44 \text{ mm}^{-1}$  odnosno 44,0%, a za Izopast  $R_\infty = 0,4324 \text{ mm}^{-1}$  odnosno 43,24%.



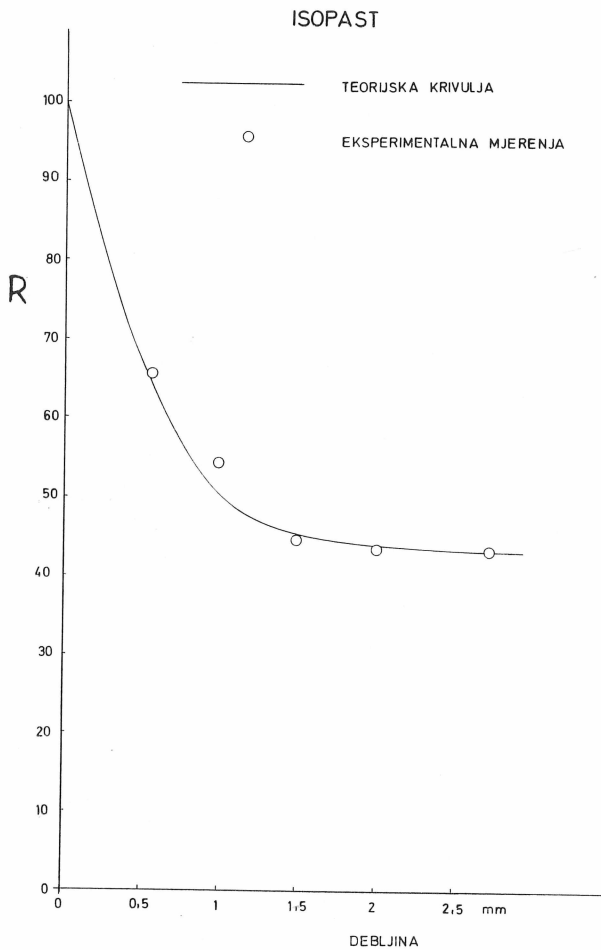
Slika 2. Eksperimentalna mjerenja i teorijska ovisnost reflektancije o debljini pločice za GALODENT

Koristeći eksperimentalne vrijednosti za  $X$ ,  $R$  i  $R_{\infty}$  za svaki uzorak može se izračunati koeficijent raspršenja  $S$ . Srednja vrijednost koeficijenta raspršenja ( $S$ ) za Galodent iznosi  $1,44 \text{ mm}^{-1}$  a za Izopast  $1,26 \text{ mm}^{-1}$ .

Koristeći srednje vrijednosti za koeficijente raspršenja ( $S$ ) možemo izračunati teoretsku ovisnost reflektancije ( $R$ ) o debljini pločice. Rezultati izračunavanja prikazani su u tablici II.

Tablica II

GALODENT			ISOPAST		
debljina mm	S mm <sup>-1</sup>	R %	debljina mm	S mm <sup>-1</sup>	R %
0,484	1,697	64,0	0,512	1,234	64,6
0,992	1,388	50,0	1,020	1,006	50,1
1,513	1,219	45,0	1,502	1,491	45,5
2,019	1,493	44,4	2,012	1,325	43,9
2,251	—	44,0	2,545	—	43,3



Slika 3. Eksperimentalna mjerenja i teorijska ovisnost reflektancije o debljini pločice za ISOPAST

Na slici 2 i 3 prikazane su ovisnosti izračunate reflektancije (puna crta) o debljini pločice zajedno s eksperimentalnim mjerenjima (kružići). Iz toga je vidljivo da se naša eksperimentalna mjerenja mogu prilagoditi teoriji KM. Nadalje se izraz 2 može iskroistiti za izračunavanje koeficijenta apsorpcije  $K$ . Za Galodent koeficijent apsorpcije iznosi  $K = 0,513 \text{ mm}^{-1}$  a za Izopast  $K = 0,471 \text{ mm}^{-1}$ . Budući da je srednja vrijednost koeficijenta raspršenja skoro tri puta veća od koeficijenta apsorpcije to izlazi da je efekt raspršenja za isto toliko veći od efekta apsorpcije.

Teoriju KM nije se moglo primjeniti na Ivocron jer se eksperimentalno nije mogla odrediti vrijednost za  $R_{\infty}$ . Već se u tablici I moglo uočiti da se kod Ivocrona reflektancija smanjuje s određenim zasićenjem ali bez izrazite tendencije stabilizaciji dobivenih vrijednosti, kao što je to slučaj kod Galodenta i Isopasta.

Granične vrijednosti reflektancije za Galodent i Isopast koje iznose između 0,41—0,43 vrlo su blizu srednjim vrijednostima od 0,46 dobivenim na caklini prirodnih zuba (17).

## ZAKLJUČAK

Rezultati ovog istraživanja pokazuju da su proučavani materijali, Galodent i Isopast, međusobno vrlo slični po svojim optičkim svojstvima.

Mjerenja ukazuju na dominaciju raspršenja prema apsorpciji. Ivocron se od spomenutih materijala razlikuje nešto većim učešćem apsorpcije s obzirom na raspršenje.

Debljina materijala Galodent i Isopast na podlozi, mora biti veća od 1,0 mm, da boja podloge više ne utječe na fenomen refleksije svjetlosti.

Rezultati mjerenja na Ivocronu ne mogu se prilagoditi KM teoriji.

### DETERMINATION OF REFRACTION OF SOME POLYMERISATES AGAINST A WHITE MEDIUM

#### Summary

The study was carried out with Galodent, Ivocron and Isopast, polymeric materials routinely used in dental practice. Five plates of various thickness were made from each of the materials. When definitely formed, the plates were placed over a white  $\text{Al}_2\text{O}_3$  medium with a refraction of nearly 100%. The polymeric material refraction on the white medium was measured by means of a spectrophotometer. The results have shown Galodent and Isopast to be very similar by their optical features. It was shown that the thickness of Galodent and Isopast applied over the medium had to exceed 1.0 mm in order to prevent the color of medium to affect their refraction. The results of measurements with Ivocron, however, could not be adapted to the KM theory.

**Key words:** polymerisates, refraction.

## Literatura

1. KOSOVEL Z, SUVIN M. Fiksna protetika. Školska knjiga Zagreb, 1986.
2. KULUŠIĆ P. Geometrijska optika. Fizika I, Školska knjiga Zagreb, 1975.
3. SUPEK I. Fresnelove jednadžbe za refleksiju i lom. Teorijska fizika i struktura materijala I, Školska knjiga Zagreb, 1974.
4. CINDORO N. Refleksija valova. Fizika I, Školska knjiga Zagreb, 1975.
5. KULUŠIĆ P, ETEROVIĆ M. Refleksija svjetlosti, Fizika, Vojno izdavački zavod, Beograd, 1978.
6. STIPANIĆ Lj, KOSOVEL Z. Prilog poznavanju utjecaja ultraljubičaste komponente umjetnih izvora svjetla na fluorescenciju prirodnih i umjetnih zuba. Acta stom croat 1977; 11:121.
7. Fallschüssel G K H. Die Lichtfarbe zahnärztlicher Leuchten. Dtsch Zahnärztl Z 1985; 40: 416—428.
8. Fallschüssel G K H. Das Licht der Spezialleuchte Color-i-Dent (Waldmann-Leuchte). Dtsch Zahnärztl Z. 1985; 40: 495—500.
9. Fallschüssel G K H. Die Lichtfeld zahnärztlicher Operationsleuchten. Dtsch Zahnärztl Z. 1985; 40: 1027—1030.
10. Fallschüssel G K H. Die Warmebelastung des Patienten durch Zahnärztliche Operationsleuchten. Dtsch Zahnärztl Z. 1985; 40: 1235—1242.
11. KOSOVEL Z. Studija fluorescencije humanog zuba s osobitim obzirom na krunu. Disertacija Zagreb 1973.
12. SEDEJ R, LADJIĆ J. Strukturne in površinske lastnosti isositnih materijalov. Zobozdravstveni vestnik 1978; XXXIII: 77—83.
13. IVANIŠ T, KOSOVEL Z, LAZIĆ B. Utjecaj podloge na promjenu boje akrilatne i keramičke krunice. 1975; 9: 167—171.
14. ŽULJEVIĆ P. Ispitivanje refleksije i transparentije polimerizata za estetske fiksnoprotetske nadomjestke. Magistarski rad, Zagreb, 1980.
15. KUBELKA P, MUNK F. Z techn Physik 1931; 12: 593.
16. JUD D B. Optical specification of light-scattering materials. Natl Bur Std 1937; 19: 287.
17. SPITZER D. J J Ten Bosch Calcif Tiss Res 1975; 17: 129.