

## Protetski značaj primarne fluorescencije humanih zubi

Z. Kosovel

### UVOD

Neka biološka tkiva među kojima i zubi, bogata keratinskim i kolagenskim sastojcima, ispoljavaju svojstvo fluoresciranja kad su izložena ultravioletnom zračenju. Intenzitet njihove fluorescencije razmjeran je sadržaju fluorescentnih tvari i podražajnoj moći određenih valnih dužina sadržanih u snopovima ekscitirajućeg izvora zračenja.

Biolozima i paleontolozima već je odavno poznato da zubi čovjeka i velikog broja životinja, osobito nekih sisavaca, pokazuju svojstvo relativno intenzivne fluorescencije. Fluorescencija se može vidjeti na zubnim tkivima čak i najstarijih poznatih ljudskih nalaza, kao što je među ostalim i Krapinski pračovjek, za kojega se smatra da je živio prije više od trideset tisuća godina. Ovo optičko svojstvo zuba, iako već davno otkriveno, postalo je za protetičare vrlo interesantno tek zadnjih godina u vezi s uvođenjem šireg asortimana izvora svjetlosti. Osobito modernija rasvjetna tijela kao što su fluorescentne cijevi i živine svjetiljke emitiraju veću količinu svjetla kraćih valnih dužina pa i onih nevidljivih ultravioletnih ispod  $400 \mu\text{m}$ , koja imaju snažan utjecaj u pogledu podraživanja fluorescencije. Međutim i obično danje svjetlo sadrži u svom sastavu, kako je

opće poznato, osim intervala valnih dužina vidljivog spektra ( $400\text{—}800 \mu\text{m}$ ) i stanovite količine subspektralnih i supraspektralnih dužina, dakle ultraljubičastih i infracrvenih zraka. O tome kao i o utjecaju različitog sastava pojedinih izvora svjetlosti referirao sam u jednom prijašnjem radu. U tom radu su objašnjene poteškoće koje nastaju pri odabiranju i sastavljanju različitih nijansa boje umjetnog zubnog nadomjestka u odnosu na boju i nijanse prirodnog zuba, ukoliko u toku rada dolazi do promjene uvjeta rasvjetle. Danas se sasvim određeno zna da se i fluorescencija sa svoje strane interpolira u stvaranju općeg dojma nijanse pa zbog toga razvijenije dentalne industrije to već uzimaju u obzir pri proizvodnji akrilata i porculana za izradu umjetnih zubi. U tom smjeru smo također vršili neka ispitivanja, o čemu će biti naknadno referirano.

### Pojam primarne i sekundarne ili inducirane fluorescencije

Prirodni humani zubi pokazuju svojstvo vlastite osnovne svojevrstne žučkaste fluorescencije, koja se pripisuje sadržaju kolagena, nekih aminokiselina i drugih tvari, što još nije potpuno razjašnjeno. Ovo svojstvo vlastite fluorescencije zuba naziva se i **primarna fluorescencija** te je s protetskog aspekta vrlo zanimljiva.

Međutim, osim te primarne postoji i takozvana **sekundarna ili inducirana fluorescencija**, koja je mnogo intenzivnija od primarne, a razlikuje se i po boji.

Vrsta inducirane fluorescencije koja je danas osobito dobro poznata je tetraciklinska žuta fluorescencija koju zubi poprimaju osobito nakon parenteralne aplikacije tetraciklinskih preparata u terapijske i eksperimentalne svrhe. O ovoj drugoj pojavi u literaturi ima mnogo podataka, jer se inducirana fluorescencija ove vrste već duže vremena upotrebljava za kontrastne i markacijske efekte u istraživanju zubnih struktura naročito u razvoju i metabolizmu.

Tetraciklinski efekti su toliko jaki da često bitno mijenjaju i u vidljivom svjetlu boju zuba od bijele u žutu pjegastu ili difuznu. U većini radova koji referiraju o slučajnim ili markacijskim efektima tetraciklina gotovo se i ne spominje primarna fluorescencija zuba, s obzirom na njen skoro beznačajan efekat u odnosu na induciranu. No dok se inducirana fluorescencija vrlo uspješno koristi u istraživačkom radu, s protetskog stanovišta nema osobitog značaja.

### Opće o fluorescenciji

Da bismo lakše pratili bit zbivanja i procijenili pravi značaj ovih pojava, potrebno je ukratko razmotriti fenomen fluorescencije i neke pojave oko toga.

Pojedine zrake snopa svjetlosti koje padaju na neki objekt ili tvar bivaju djelomično reflektirane s površine, djelomično apsorbirane a djelomično transmitirane. To ovisi o određenim zakonitostima (gustoća, prozirnost, kut upada itd.) koje nećemo detaljno razmatrati. Ipak potrebno je reći da one zrake odedenih valnih dužina koje budu reflektirane, učestvuju u stvaranju osjeta boje, tj. tvar nam se pokazuje u onoj boji koja odgovara dotičnoj reflektiranoj valnoj dužini.

Selektivno apsorbirane zrake mogu također postati vidljive ukoliko neka tvar ima

sposobnost da ih energetski transponira i emitira kao vlastito svjetlo. Ovu pojavu naziva se **fotoluminescencijom**, za razliku od npr. kemoluminescencije, termoluminescencije ili elektroluminescencije, koje s protetskog stanovišta nemaju značaja pa ih nećemo pobliže razmatrati.

Pojavu fotoluminescencije, međutim, treba raščlaniti na dvije pojave koje ona u sebi uključuje, a koje se praktički međusobno razlikuju u pogledu trajanja vlastite emisije svjetlosti nakon prestanka obasjavanja podražujućim izvorom. To su **fluorescencija** i **fosforescencija**. Međusobno, te dvije u suštini iste pojave, prema uobičajenim definicijama bitno se razlikuju u tome što fluorescencija praktički prestaje momentalno čim prestane izazivajuće zračenje, dok fosforescencija traje još neko određeno više ili manje duže vrijeme. Dakle za razliku od fluorescencije, ostaje vidljiva i bez neposrednog učinka nekog izvora zračenja. Fosforescencija kao fenomen nema protetskog značaja (budući je prirodni zub nema) za razliku od fluorescencije koju ćemo još detaljnije razmotriti.

Da bi ova zbivanja razjasnili do kraja, treba reći da je od osnovne važnosti za podražujuću svjetlost da ona bude apsorbirana, ukoliko ima biti reemitirana kao fluorescencija. To razlikuje fluorescenciju od reflektirajućeg fenomena poznatog kao Tyndall-ovo ili Rayleigh-ovo reflektiranje i Raman-ov efekt. Kod Ramanova efekta izazivajuća svjetlost ne biva apsorbirana od strane čestica medija, a količina refleksije, kako je u fizici poznato, obrnuto je proporcionalna četvrtoj potenciji valne dužine upadne zrake.

Kako je neophodno da u slučaju fluorescencije ekscitirajuće svjetlo bude apsorbirano, intenzitet emitirajućeg (izazvanog) svjetla biti će proporcionalan broju atoma ili molekula sposobnih da apsorbiraju određenu incidentnu valnu dužinu i biti će također podređen zakonima kvanta apsorpcije.

## Osnovni principi procesa fluorescencije

Fluorescencija je već na početku bila definirana kao emisija svjetla pod stimulirajućim utjecajem upadajućih zraka, koja »simultano«  
prestaje sa prestankom ekscitirajućeg zračenja.

Fosforescencija je međutim karakterizirana produženim svjetljenjem i nakon prestanka djelovanja izazivajućeg izvora.

Obje pojave su principijelno isti proces koji nazivamo luminescencijom, a razlikuju se dakle samo u relativnom trajanju vlastitog svjetljenja. Naravno, neke tvari imaju svojstvo fosforescencije, dok druge imaju svojstvo fluorescencije. Tvari koje u zubu doprinose svojstvo fluorescencije još uvijek su stvar naučnih pretpostavki.

Proces luminescencije sastoji se u sijećem: uslijed apsorpcije svjetla elektron se u atomu diže s osnovne putanje u ekscitirano stanje iz kojeg prije ili poslije pada na niži energetski nivo uz oslobađanje dijela apsorbirane svjetlosne energije, dakle uz emisiju vlastite svjetlosti.

U detalje energetskih zbivanja u atomu vezane za proces luminescencije nećemo ulaziti, ali je ipak radi boljeg razumijevanja događaja potrebno još podsjetiti na jedno važno pravilo. Temeljno pravilo fluorescencije je Stokes-ov zakon koji kaže: svjetlost emitirane fluorescencije je uvijek dulje valne dužine nego izazivajuće zračenje, ima manju energiju i to za toliko, koliko je potrošeno za zbivanja u vezi apsorpcije i emisije.

Sa praktičnog stanovišta upravo to je ono što veže našu pažnju i što čini fluorescenciju i za nas važnom optičkom pojavom. Naime, uslijed gubitka energije pri apsorpciji ultravioletnih nevidljivih zraka (veće energije), fluorescentna čestica emi-

tira vlastite zrake dulje valne dužine od 400  $\mu\text{m}$  (znači manje energije). Ove emitirane zrake s obzirom na veću valnu dužinu postaju prostim okom vidljive, interpoliraju se u uvodu spomenute reflektirane zrake s površine, pa na taj način utječu na ukupni dojam nijanse boje i mogu mijenjati osnovnu boju površine objekta.

## ZAKLJUČAK

Prirodni humani zubi obasjani izvorom miješanog bijelog svjetla reflektiraju one valne dužine koje stvaraju dojam niza nijansa bijelo-žuto-sive boje, što u prvom redu zavisi o spektralnom sastavu izvora i njihovim svojstvima refleksije, apsorpcije i propustljivosti, ali i o stvojustvu fluorescencije.

Čim izvor svjetlosti sadrži veću količinu i intenzitet kraćih valnih dužina, tim više će fluorescencija prirodnog zuba doći do izražaja utječući na stvaranje dojma nijanse boje. Prema tome i umjetni zubi trebaju sadržavati svojstvo fluorescencije po mogućnosti one boje i intenziteta koje pokazuju prirodni zubi.

Činjenice da prirodni zubi intenzivno fluoresciraju, da donedavno materijali za zubne nadomjestke nisu sadržavali fluorescentne komponente, da moderna rasvjetna tijela emitiraju među ostalim više kratkovalnih sastavnih elemenata i da su svakodnevno uočljive pojave demaskiranja protetskih nadomjestaka (zbog pogrešnih boja) suprotno željama pacijenata i terapeuta, jasno govore o značaju koji treba dati istraživanju pojava fluorescencije, odnosno razjašnjavanju utjecaja te pojave na mogućnost potpunijeg i naučnijeg imitiranja prirodnih optičkih svojstava zubi.



U referatu uvodno se ističe da se humani zubi i neka druga biološka tkiva odlikuju svojstvom fluorescencije, koje iako odavno poznato, postoje tek u zadnje vrijeme predmetom pažnje protetičara. Razrađuju se pojmovi primarne i inducirane fluorescencije te osnovni principi luminescencije i njen utjecaj na boju.

Dovodeći u vezu značaj fluorescencije sa suvremenim izvorima svjetlosti, autor zaključuje da griješke u izboru i slaganju boje djelomično proizlaze iz zanemarivanja, odnosno nepoznavanja tog fizikalno-optičkog fenomena. Zbog toga ističe potrebu adekvatnih istraživanja, kako bi se stvorila mogućnost potpunijeg i naučnijeg oponašanja boje prirodnog zuba.

DIE PROTHETISCHE BEDEUTUNG DER PRIMÄREN FLUORESZENZ  
DER MENSCHLICHEN ZÄHNE

Eingangs wird hervorgehoben das menschliche Zähne, sowie auch gewisse andere Gewebe, die Eigenschaft der Fluoreszenz besitzen welche obwohl lange bekannt, jedoch erst in letzter Zeit die Aufmerksamkeit der Prothetiker auf sich lenkt. Es werden die Begriffe des primären und der induzierter Fluoreszenz, als auch die Grundbegriffe der Luminiszenz und ihre Bedeutung für die Zahnfarbe, erläutert.

Der Autor kommt zum Ergebnis dass Fehler in der Farbwahl und Farbenmischung teilweise durch die Unkenntnis der Bedeutung der Fluoreszenz in den zeitgemässen Lichtquellen, verursacht sind. Deswegen wird auf die Notwendigkeit von weiteren Untersuchungen hingewiesen, um die Möglichkeit einer besseren Nachahmung der Farben der natürlichen Zähne auf wissenschaftlicher Grundlage zu erforschen.

L I T E R A T U R A

1. **Bachman, C. H., Ellis, E. H.:** »Fluorescence of bone«, Nature 206 : 1328, 1965.
2. **Bennett, I. C.:** »Measurement of tetracycline incorporated in enamel and dentin« J. Oral Ther. Pharmacol., 3 : 232, 1966.
3. **Harcourt, J. K. et al.:** »In vivo incorporation of tetracycline in the teeth of men«, Arch. Oral Biol., 7 : 431, 1962.
4. **Hartles, R. L., Leaver, A. G.:** »Identification of pyrimidines in the fluorescing fractions of the fluorescing fractions of the teeth of the sperm whale (Physeter macrocephalus)«, J. Dent. Res., 34 : 820, 1955.
5. **Hirschlaff, E.:** »Fluorescence and Phosphorescence«, Methuen and CO. LTD., London, 1938.
6. **Kosovel, Z.:** »Utjecaj rasvjete na stvaranja subjektivne precepcije boje. . .«, ASCRO, 1 : 33, 1966.
7. **Pringsheim, P. Vogel, M.:** »Lumineszenz von Flüssigkeiten und festen Körpern«, 1951.
8. **Sacchi Viali, G.:** »Ricerche sulla fluorescenza dei fossili«, Atti Ist. Geol. Univ. Pavia, 13 : 23, 1962.
9. **Saöegh, F. S.:** »H—3 proline and tetracycline as marking agents in the study of reparative dentine formation«, Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology, 2 : 221, 1967.
10. **Stack, M. V.:** »Organic constituents of enamel«, J. Am. Dental Assoc., 48 : 297, 1954.
11. **Weber, K.:** »Optičke metode«, Farm. društvo Hrv., Zagreb, 1958.
12. **Zagarelli, E. V., Kutscher, A. H. et al.:** »Fluorescence of teeth in patients with cystic fibrosis in the pancreas, J. Dental Med., 19 : 15, 1964.

13. **Zussman, W. V.:** »Tetracycline-induced fluorescence in dentin and enamel matrix«, *Lab. Invest.*, 15 :589, 1966.
14. **Bennett, I. C., Law, D. B.:** »Incorporation of tetracycline in developing dog enamel and dentin«, *J. Dental Res.*, 44:, 1965.
15. **Keil, A.:** »Tetracycline fluorescence microscopy in dental research«, *J. Dental Res.*, 44 :1135, 1967.
16. **Bolender, C., Cohen, A.:** »Dentinal uptake of tetracyclines under controlled conditions in children«, *J. Dental Res.*, 44 :1140, 1965.
17. **Cohen, A., Bolender, C.:** »Experimental study of tetracycline uptake in white rats«, *J. Dental Res.*, 44 :1140, 1965.
18. **Christen, A. G., Mitchell, D. F.:** »A fluorescent dye Method for demonstrating leakage around dental restorations«, *J. Dental Res.*, 45:, 1966.

#### SUMMARY

##### THE PROSTHETIC SIGNIFICANCE OF THE PRIMARY FLUORESCENCE OF HUMAN TEETH

In the introduction to the report it is pointed out that human teeth — like some other biological tissues — are characterized by their property of fluorescence which has only lately begun to attract the attention of prostheticians although it was well known for a great many years.

In considering the significance of fluorescence in relation to modern sources of light the author has reached the conclusion that mistakes in the selection and matching of colours are in part due to the neglecting or rather lack of knowledge of this physical optic phenomenon. He emphasizes the need of adequate research in order to make complete and scientific reproduction of the natural colour of teeth possible.