

## UTJECAJ RAZLIČITOG INTENZITETA TREPTAVOG SVIJETLA NA NAKNADNU FREKVENCIJU FUZIJE

D. STARY

*Centar za profesionalnu orijentaciju omladine, Zagreb\**

*(Primljeno 15. XII. 1959)*

U vezi s ispitivanjima, koji je dio vidnog analizatora odgovoran za kritičnu frekvenciju fuzije (da li periferni ili centralni dio) izvršena je serija pokusa, koja pokazuje da se subjektivna i objektivna frekvencija titranja svijetla u nekim uvjetima ne podudaraju. To pokazuje, da je subjektivna frekvencija titranja pod utjecajem procesa u neuronima centara, pa da je, dakle, i kritična frekvencija fuzije rezultat procesa u centrima.

### UVOD I PROBLEM

Sve većim uvođenjem fluorescentne rasvjete, koja je objektivno isprekidano svijetlo, počelo se i sve intenzivnije proučavati procese, koji su u osnovi kritičke frekvencije fuzije (dalje u tekstu – k. f. f.). Jedan od problema koji se postavlja s tim u vezi je i problem: koji je dio vidnog analizatora odgovoran za nastajanje k. f. f., da li periferni ili centralni. Ukoliko bi to bili periferni procesi, dakle ukoliko je k. f. f. izazvana homogenizacijom fotokemijskih procesa u retini (prema klasičnoj fotokemijskoj teoriji), jednake objektivne frekvencije titranja svijetla doživljavali bismo subjektivno uvijek jednako zbog jednakih perifernih procesa. Ako su međutim u osnovi k. f. f. centralni procesi, t. j. ako je ona izazvana homogenizacijom procesa u korteksu, postoji mogućnost da zbog procesa u centralnim neuronima dođe u nekim okolnostima do nepodudaranja subjektivnih i objektivnih frekvencija titranja.

Nekoliko autora navodi u svojim radovima, da prethodno izlaganje oka treptavom svijetlu subfuzionalne frekvencije smanjuje kritičnu frekvenciju fuzije (1,2). Do tog smanjenja dolazi već i nakon kratkotrajnog izlaganja, a to može utjecati na mjerenje k. f. f. uzlaznim postupkom (2).

\* Ova su ispitivanja vršena u toku 1958. g. u Institutu za medicinska istraživanja i medicinu rada Jugoslavenske akademije u Zagrebu, pa se ovdje zahvaljujem, što mi je to bilo omogućeno.

*Brožek i Simonson* (3) su našli na 10 ispitanika, da gledanje u treptavo svjetlo frekvencije od 25 titraja na sekundu ispod k. f. f. nakon 2 minute ekspozicije, smanjuje k. f. f. za 5,4 titraja na sekundu, a to je statistički značajno. Nakon 10 minuta ekspozicije k. f. f. se smanjuje za 7 t./sek. Brža frekvencija, od 5 t./sek. ispod k. f. f., manje je smanjivala k. f. f. nakon ekspozicije od 10 min., tj. za 2,8 t./sek. Slične je rezultate opazio i *Arnold* (4).

*Bujas* (5) je izlagao tri ispitanika čitavom nizu subfuzionalnih frekvencija, od 3, 7, 10, 15, 20, 25, 30 i 35 t./sek., u trajanju od 30 sekunda, i našao, da se k. f. f. pravilno mijenja. Pesimum (najniža k. f. f.) bio je kod prethodnog izlaganja oka frekvencijama manjim od normalne k. f. f. za 8,9; 8,5 i 10,5 t./sek., to jest za dva ispitanika kod 20 t./sek., a za jednoga kod 25 t./sek. Kod nižih i viših frekvencija k. f. f. se pravilno podizala.

U tim pokusima varirane su samo frekvencije titraja prethodnog podraživanja, dok je intenzitet svjetline površine za to podraživanje bio konstantan (50 nita),\* isto tako kao i intenzitet svjetline površine, na kojoj se kasnije određivala k. f. f. (70 nita).

Međutim, može se pitati, kakvi će se rezultati dobiti, promijenimo li intenzitet svjetline površine, koja služi za prethodno izlaganje treptavom svjetlu. Da li pesimum ostaje kod iste frekvencije prethodnog podraživanja ili se pomiče, i u kojem smjeru, tj. da li pesimum zavisi od frekvencije podražaja ili i od nekih drugih faktora (intenzitet svjetla).

U skladu s hipotezom da je stvaranje pesimuma k. f. f. nakon podraživanja oka treptavim svjetlom od 20 t./sek. izazvano općim pogoršanjem funkcionalnog stanja vidnih centara, koje je najveće kod te frekvencije (5), eventualno bi pomicanje pesimuma, koje bi nastalo nakon promjene intenziteta svjetla, ukazivalo na to, da to pogoršanje može biti maksimalno i kod drugih frekvencija, promijene li se neki uvjeti (intenzitet svjetla). To maksimalno pogoršanje funkcionalnog stanja centara moglo bi, dakle, biti izazvano različitim kombinacijama intenziteta i frekvencije svjetla (različitim perifernim procesima). Pesimum k. f. f. stvarala bi uvijek maksimalna inhibicija centara, bez obzira na to, kojim posrednim perifernim procesima je izazvana. Dakle bi centri bili odgovorni za k. f. f.

#### PRIBOR I METODA

U pokusu je upotrebljena jednaka aparatura, koju je upotrebio *Bujas* (5). Svi uvjeti ispitivanja su ostali isti kao u spomenutom ispitivanju, osim intenziteta svjetline površine za prethodno podraživanje oka treptanjem, koja je sada bila inenziteta 12 nita.

Sama je aparatura bila ovakva: pred ispitanikom su bile dvije okrugle površine od mliječnog stakla, jedna prividnog dijametra  $3.4^{\circ}$ , a druga

\* 1 nit = 0,2922 foot-lamberta.

0,84°. Središta tih površina bila su među sobom udaljena 30 cm, a površine od ispitanika 1 metar. Iza svake površine nalazio se izvor bijelog svijetla, a ispred nje disk sa dva otvora, koji je rotirao i kojega se brzina mogla mijenjati posebnim uređajem. Otvori su bili takvi, da je trajanje svijetla u periodi bilo jednako trajanju prekida. Izvori svijetla su bile žaruljice napajane istosmjernom strujom iz akumulatora. Svjetlina veće površine bila je 12 nita, a manje 70 nita. Pokus je vršen u slaboo osvjetljenoj prostoriji, i to monokularno, dominantnim okom svakog ispitanika.

Ispitanik je najprije 30 sek. gledao veću površinu, koja je trepenila određenom frekvencijom, i nakon toga je svrnuo pogled na manju, koja je služila za mjerenje k. f. f. U isto vrijeme je eksperimentator komutatorom gasio svijetlo veće površine i palio manju. Ispitanik je morao odmah izjaviti vidi li titranje ili ne. Frekvencija titranja manje površine mijenjala se diskontinuirano, i to uzlazno. To se ponavljalo dotle, dok ispitanik ne bi neposredno nakon ekspozicije na treptavo svijetlo doživio fuziju manje površine. Tada bi se čitav postupak ponavljao, ali sa drugom frekvencijom veće površine. Frekvencije veće površine bile su 3, 7, 10, 15, 20, 25, 30 i 35 t./sek., te jedna suprafuzionalna frekvencija od 45 t./sek. Pokus je vršen na četiri ispitanika, na dva sa osam, a na dva sa dvadeset serija mjerenja.

### REZULTATI

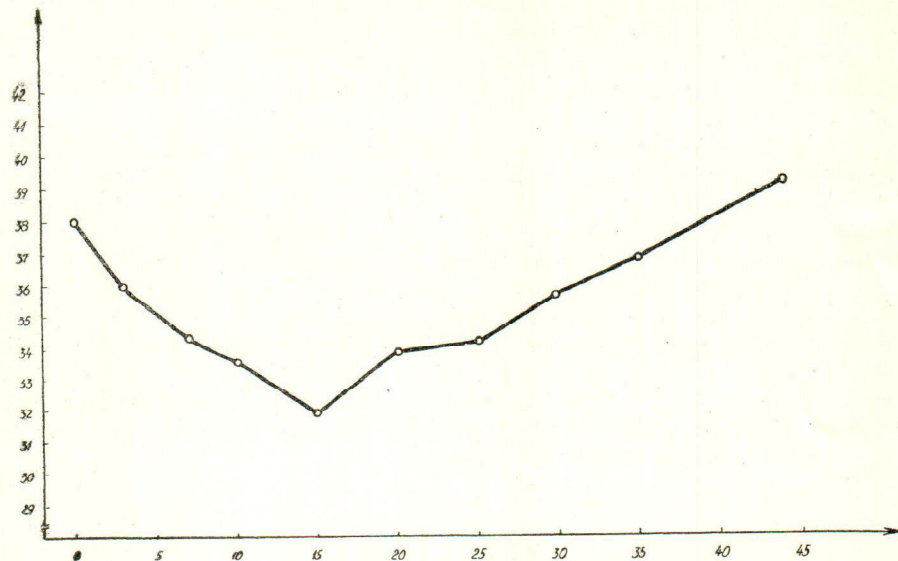
Rezultati koji su dobiveni od sve četvorice ispitanika slažu se među sobom i ovakvi su:

Frekvencije podražaja na sekundu	Kritične frekvencije fuzije			
	A	B	C	D
—	37,2	40,0	39,9	35,3
3	33,0	37,1	38,7	34,6
7	31,9	35,9	36,3	33,1
10	32,0	35,2	35,0	32,3
15	29,9	33,3	33,5	31,1
20	32,7	35,1	35,2	32,1
25	33,0	34,8	36,5	33,1
30	34,3	35,9	38,2	34,9
35	35,5	36,7	39,6	36,3
45	36,8	40,2	42,7	36,6

Rezultati su srednje vrijednosti od 8 (ispitanici A i B) i 20 (ispitanici C i D) mjerenja. U prvom stupcu su navedene frekvencije svijetla, kojim se podraživalo ispitanika 30 sek., a u ostalim stupcima nalaze se vrijednosti k. f. f. neposredno nakon takvog podraživanja. Prva vrijednost u svakom stupcu je k. f. f. dobivena bez prethodnog podraživanja

oka nekom subfuzionalnom frekvencijom; frekvencija od 45 t./sek. bila je za sve ispitanike subjektivno kontinuirano svijetlo.

Na slici 1 prikazane su prosječne vrijednosti sve četvorice ispitanika zajedno.



Slika 1. Odnos između kritične frekvencije fuzije (ordinatu) i frekvencije isprekidanih svjetlosnih podražaja (abscisa), kojima je prethodno ispitanik bio izložen.

Na ordinatu su nanesene kritične frekvencije fuzije, a na apscisu frekvencije isprekidanih podražaja svijetla, kojima se prethodno podraživao ispitanik.

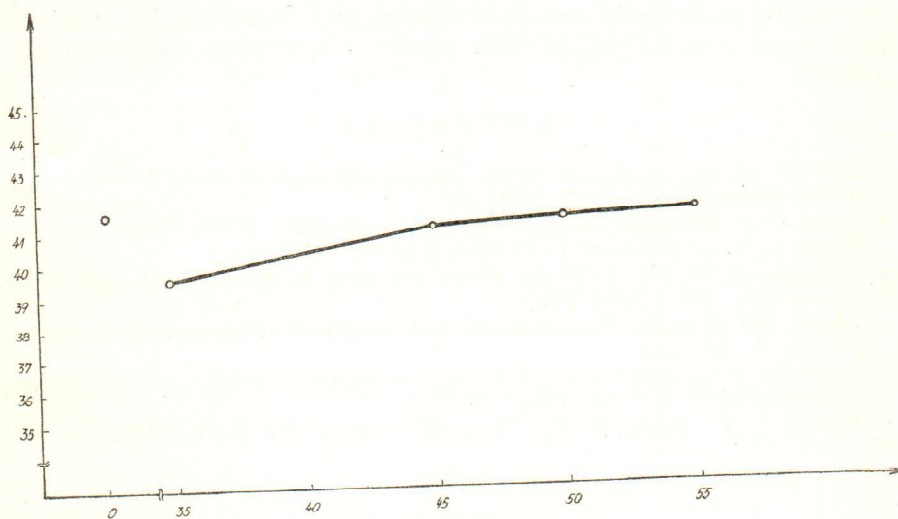
Kao što se iz rezultata vidi, pesimum krivulje nalazi se na vrijednosti apscise, koja označuje prethodno podraživanje oka ispitanika treptavim svijetlom od 15 t./sek. Razlike k. f. f. dobivene bez prethodnog podraživanja oka ispitanika i najniže k. f. f. (pesimum) jesu – 7,3; 6,7; 6,4 i 4,2 t./sek. Međutim se iz krivulje vidi, da je k. f. f. dobivena nakon izlaganja oka treptavom svijetlu od 45 t./sek. bila viša od one, koja je dobivena bez prethodnog podraživanja oka treptavim svijetlom. To je navodilo na pomisao, da možda suprafuzionalno titranje, u stvari subjektivno kontinuirano svijetlo, ipak povisuje k. f. f. To ne bi bilo u skladu s rezultatima, koje su dobili *Simonson* i *Brožek* (3).

Zbog toga je na dva ispitanika provedeno dodatno ispitivanje, u kojem su bili prethodno podraživani 30 sekunda frekvencijama od 35 t./sek. (subjektivno doživljeno kao treperenje), pa 45, 50 i 55 t./sek. (subjektivno doživljeno kontinuirano svijetlo) intenziteta 12 nita; nakon toga im je mjerena k. f. f. kao i u predašnjem pokusu. Dobiveni rezultati uporedili su se sa k. f. f., koja je dobivena nakon prethodnog iz-

laganja oka objektivno kontinuiranom svijetlu od 6 nita kroz 30 sekunda. Po Talbotovu zakonu to svijetlo je subjektivno istog intenziteta kao isprekidano svijetlo od 12 nita, gdje je odnos faza svijetlo - tama  $1/2 : 1/2$ . Dobivene vrijednosti su ove:\*

Frekvencije podražaja na sekundu	Kritične frekvencije fuzije	
	C	D
—	44,4	38,4
35	40,7	38,3
45	44,0	38,0
50	44,0	38,3
55	43,9	38,7

Krivulja na slici 2. prikazuje prosječne vrijednosti oba ispitanika:



Slika 2. Značenje ordinate i apscise jednaki su kao i na slici 1.

Iz krivulje se vidi, da prethodno izlaganje oka suprafuzionalnom treperenju, dakle subjektivno fuzioniranom svijetlu, ne mijenja k. f. f., koja je dobivena nakon izlaganja oka objektivno kontinuiranom svijetlu, ako su oba svijetla subjektivno jednakog intenziteta. Dakle, samo suprafuzionalno treperenje ne djeluje na k. f. f.

\* Razlike između k. f. f. dobivenih nakon podraživanja od 35 i 45 t./sek. kod ispitanika C i D u ovoj i prethodnoj tablici mogu se pripisati dnevnom kolebanju k. f. f., do kojeg je dolazilo i inače u toku ispitivanja.

## OSVRT NA REZULTATE

Pomicanje pesimuma sa 20 t./sek. kod prethodnog podraživanja oka svjetlom intenziteta 50 nita u ispitivanjima *Bujasa* (5) na 15 t./sek. kod prethodnog podraživanja oka svjetlom intenziteta 12 nita, navodi na hipotezu, da objektivno treperenje od 15 t./sek. intenziteta 12 nita doživljavamo subjektivno jednako kao i objektivno treperenje od 20 t./sek. intenziteta 50 nita. To je u skladu s *Bartleyevim* (6) opažanjima, da se subjektivne i objektivne frekvencije titranja u nekim okolnostima ne podudaraju, tj. da je subjektivno titranje sporije od objektivnog. U konkretnom slučaju ta bi razlika zavisila od intenziteta svjetla. Prema tome neuroni u centrima igraju aktivnu ulogu pri doživljavanju subjektivne frekvencije titranja svjetla.

Pesimum k. f. f. izazvan je jednakim funkcionalnim stanjem vidnog korteksa, tj. njegovom maksimalnom inhibicijom, do koje dakle može doći na osnovu različitih kombinacija intenziteta i frekvencije svjetla, pri kojima su periferni procesi u vidnom analizatoru različiti. Odlučujući procesi za k. f. f. bili bi dakle procesi u neuronima, dakle centralni procesi.

## LITERATURA

1. *Snell, P. A.*: An introduction to the experimental study of visual fatigue, J. Soc. Motion Picture Engineers, 20 (1933) 367.
2. *Ryan, T. A., Bitterman, M. E.*: Investigations of critical flicker fusion frequency, Report to Research Committee of Illum. Eng. Soc. 1951.
3. *Simonson, E., Brožek, J.*: Flicker fusion frequency, Background and applications, Physiol. Rev., 32, 3 (1952) 349.
4. *Arnold, H.*: Optische Verschmelzung und ermüdende Beanspruchung, Arbeitsphysiol., 15 (1953) 62.
5. *Bujas, Z.*: Adaptacija vidnog analizatora na treperenje svjetla i na isprekidane električne fosfene. Arh. hig. rada 8 (1957) 1.
6. *Bartley, S. H.*: Vision, D. Van Nostrand Company Inc, N. Y. (1941), str. 123.

## Summary

## EFFECT OF FLICKERING LIGHT OF DIFFERENT INTENSITY ON CRITICAL FUSION FREQUENCY

The stimulation of the eye by subfusional flickering of light reduces c. f. f. *Bujas* has stimulated subjects for 30 seconds with different subfusional frequencies of light intensity of 50 nits, and found that the c. f. f. reduction is the greatest with the frequency of 20 per second. C. f. f. has been measured by the light intensity of 70 nits.

The same experiment was repeated but with the stimulating intensity of light of 12 nits, and the greatest reduction was with the stimulating frequency of 15 per second. This leads to a hypothesis that the experience of flickering light with the frequency of 15 per second and intensity of 12 nits is subjectively equal to that of the frequency of 20 per second and the intensity of 50 nits. This hypothesis is supported by *Bartley's* observations that the subjective and objective frequencies of

flickering are not identical in special circumstances, that is to say the subjective flickering is slower than the objective one. In the experiment described this difference would depend on the intensity of light.

Thus, different combinations of light intensity and light frequency lead to the same functional state of the centres, i. e. to the maximum inhibition resulting in the maximum decrease of c. f. f. - C. f. f. depends on the functional state of the centres disregarding various peripheral processes which cause it.

The stimulation with suprafusional light frequencies of the intensity of 12 nits does not change c. f. f. attained as a result of the stimulation of the eye with a constant light of 6 nits through the same period of time. As both intensities, according to *Talbot's* law, are equal (the relation light - dark being  $1/2 : 1/2$ ) we can conclude that the suprafusional flickering as such has no effect on c. f. f.

*Vocational Guidance Centre,  
Zagreb*

*Received for publication  
December 15, 1959*