

UTJECAJ SLABLJENJA LATENTNE SLIKE NA OCJENJIVANJE EKSPOZICIJE GAMMA- ZRAČENJU FILMDOZIMETRIJSKOM METODOM

MIRKA FUGAŠ i MAGDA HARMUT

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

(Primljeno 20. IU. 1960.)

Određeni su faktori korekcije za Adox filmove, koje treba primijeniti pri ocjeni doza filmdozimetrijskom metodom, da se izbjegne greška zbog slabljenja latentne slike.

Ako se eksponirani film ne razvije odmah nego nakon nekog vremena, gustoća zacrtnjenja će biti manja, i to toliko manja što je više vremena prošlo od ekspozicije do razvijanja. Uzrok tome je što latentna slika s vremenom slabi.

Taj fenomen počinje odmah nakon početka ekspozicije i najintenzivniji je za vrijeme i neposredno nakon završetka ekspozicije. Stvaranje latentne slike je rezultat dvaju antagonističkih efekata, tj. stvaranja klica latentne slike i njihova razgrađivanja (1). Pri kontroli osoba izloženih zračenju dozimetrijskim filmovima ta se dva efekta isprepleću u toku kontrolnog intervala, i to stvaranje klica isprekidano, tj. danonice pri ekspoziciji unutar radnog vremena, a razgradnja klica kontinuirano od prvog početka ekspozicije. Brzina razgradnje je uvijek najveća za novostvorene klice, a za starije se postepeno sve više usporuje. Na kraju kontrolnog intervala ekspozicija je završena, a proces razgradnje se nastavlja. Zbog toga je važno da se nakon završene ekspozicije filmovi što prije razviju, kako se ne bi nepotrebno smanjila osjetljivost metode.

Postoji nekoliko teorija koje tumače proces slabljenja latentne slike. Neke su fizikalne, a neke kemijske. Na taj proces svakako utječe sastav i struktura emulzije, specifična ionizacija zračenja koje djeluje na emulziju, temperatura, vlaga, koncentracija vodikovih iona i kisika. (1) (2) (3).

Neki autori su pokušali dati matematički izraz za ovisnost slabljenja latentne slike o vremenu proteklom od ekspozicije do razvijanja. (4) (5)

Karakteristike emulzije i uvjeti u kojima su filmovi bili pohranjeni sa-
držani su u konstanti, pa nju, dakle, treba odrediti za svaki slučaj po-
sebno.

Za praksu je, međutim, jedino važno znati faktor korekcije kojim
treba doze ocijenjene s baždarnе krivulje množiti, da bi se za određenu
vrstu filma i kontrolni interval ispravila greška nastala zbog slabljenja
latentne slike. Pri tome se pretpostavlja da su mikroklimatski uvjeti u
kojima se filmovi upotrebljavaju normalni, tj. sobna temperatura i ne
previsoka vlaga.

Svrha našeg ispitivanja je bila da utvrdimo faktor korekcije zbog
slabljenja latentne slike za naše konkretne uvjete rada. Ispitivanje smo
ograničili na Adox Dosis i Adox Radium dozimetrijske filmove, koje u
praksi primjenjujemo.

Osoblje pod kontrolom nosi filmove četiri tjedna. Posljednji dan če-
tvrtog tjedna filmovi se zamijene i eksponirani filmovi se sakupe i raz-
viju zajedno s baždarnim filmovima, koji su bili dan prije postavljeni
na jednokratnu ekspoziciju poznatom izvoru zračenja.

Ovisnost gustoće zacrnljenja o dozi filmova poznate ekspozicije daje
baždarnu krivulju iz koje se ocjenjuju doze kontrolnih filmova. Pri to-
me se baždarni filmovi razvijaju 28 sati, a kontrolni 4 tjedna nakon
početka ekspozicije. Ukoliko kod Adox-filmova postoji primjetljivo sla-
bljenje latentne slike s vremenom, bit će doze koje ocjenjujemo s baž-
darne krivulje niže od stvarnih.

Eksperimentalni dio

Eksperimentom smo pokušali obuhvatiti sve situacije koje u praksi
mogu doći u obzir. Normalno razvijamo filmove 3 dana nakon 4-tjedne
ekspozicije. Događa se da zbog bolesti, godišnjih odmora ili drugih ra-
zloga film koji je neka osoba nosila dobijemo tek kod druge zamjene
filmova, tj. nakon 8 tjedana s time da u drugom kontrolnom intervalu
film nije bio izložen nego je ležao zaključan u garderobnom ormariću.
Ili se opet film i dalje nosio, tako da je s kraćim prekidima nošen za
vrijeme dva kontrolna intervala. U jednom i drugom slučaju film je
razvijen tek 8 tjedana nakon početka ekspozicije.

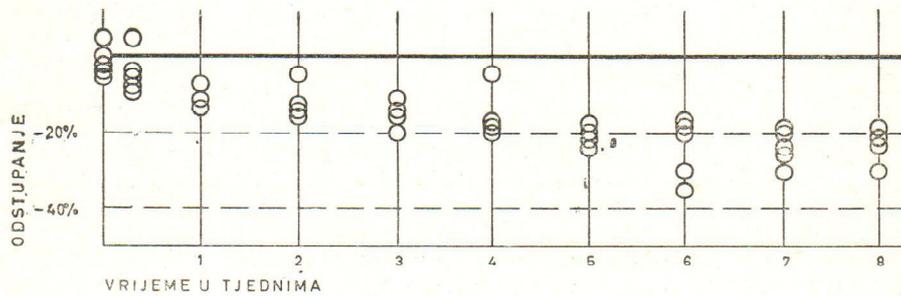
Izlagali smo, dakle, jedan niz od 5 filmova u toku 4 tjedna svakog
dana 40 minuta, a nakon toga su filmovi ležali nerazvijeni još 4 tjedna.
Drugi niz filmova bio je izlagan iduća 4 tjedna, pa su filmovi razvijeni
3 dana nakon toga zajedno sa svim ostalim izloženim filmovima. Pored
toga je još 5 filmova bilo izlagano po 20 minuta svakog dana u toku
8 tjedana.

Zbog usporedbe izložili smo u toku tih 8 tjedana svaki tjedan 5 fil-
mova jednokratno za vrijeme od 18 sati, da vidimo kako u tom slučaju

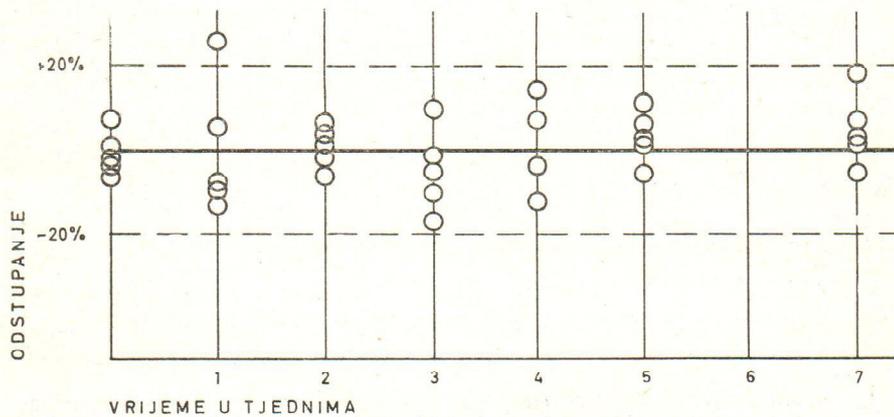
slabi latentna slika. Očekivali smo da će taj efekt biti jači za jednokratnu ekspoziciju nego za uzastopnu uz isti vremenski razmak od početka ekspozicije do razvijanja.

Svi filmovi su bili izlagani na različitim udaljenostima od 5,58 mg radiuma. Udaljenosti su bile tako izračunane da su filmovi primili 100, 300, 800, 1600 i 3200 mr. Za izračunavanje smo koristili formulu: $d = \frac{a \cdot I \cdot t}{l^2}$, gdje je d = doza u rendgenima, a = aktivnost izvora u mc, I = ionizaciona konstanta u r/sat/mc u udaljenosti od 1 cm, t = vrijeme u satima, a l = udaljenost u cm. Adox dosis-filmovi su bili izlagani dvostruko većim dozama. To je bilo potrebno zbog mnogo manje osjetljivosti tih filmova.

Kao bazu za ocjenjivanje doza uzeli smo baždarnu krivulju koju daju filmovi izloženi jednokratno 18 sati, s time da je od početka ekspozicije do razvijanja prošlo otprilike 28 sati, kao što to i biva kod redovnog rada. Doze ocijenjene s te baždarne krivulje na temelju zacrtnjenja ostalih filmova izražene su u postocima pravih doza (slika 1 i 3, tablica 1, 2 i 3).



Slika 1. Jednokratno eksponirani Adox Radium-filmovi



Slika 3. Jednokratno eksponirani Adox Dosis-filmovi

Adox Radium-filmovi, jednokratno eksponirani, pokazali su očito slabljenje latentne slike s vremenom (tablica 1 i slika 1).

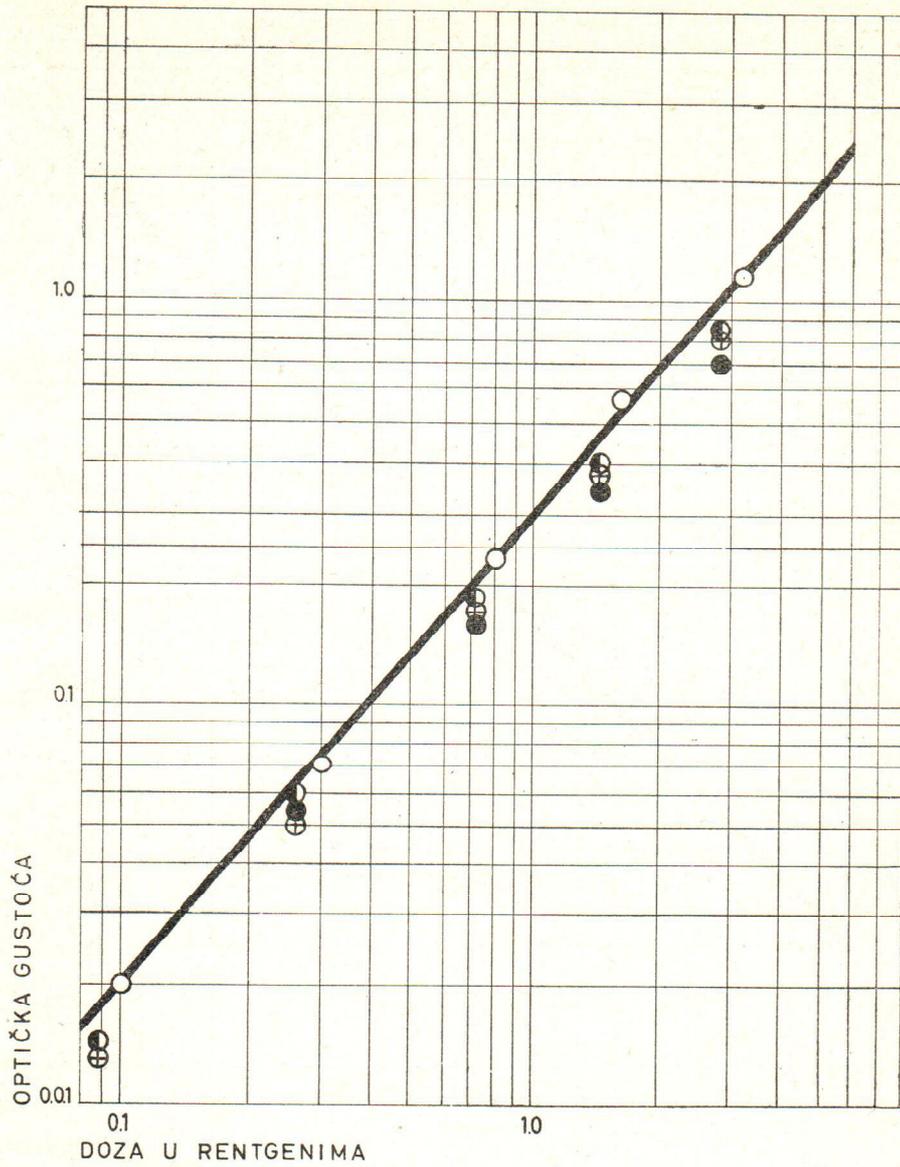
Tablica 1.
Adox Radium-filmovi jednokratno eksponirani

Način ekspozicije	Vrijeme od početka ekspozicije do razvijanja u tjednima	Ocijenjena doza u postocima prave doze		Faktor korekcije	
		prosječno	raspon	srednji	raspon
jednokratno 18 sati	1	89,0	93,5-87,0	1,12	1,07-1,15
„	2	88,9	96,0-86,1	1,13	1,04-1,16
„	3	81,8	89,7-69,0	1,22	1,11-1,45
„	4	86,2	95,8-81,0	1,16	1,04-1,23
„	5	78,8	82,4-76,3	1,27	1,21-1,31
„	6	76,0	83,5-64,8	1,32	1,20-1,54
„	7	77,0	81,0-70,0	1,30	1,23-1,43
„	8	77,6	81,3-70,0	1,29	1,23-1,43

Tablica 2.
Adox Radium-filmovi ponavljano eksponirani

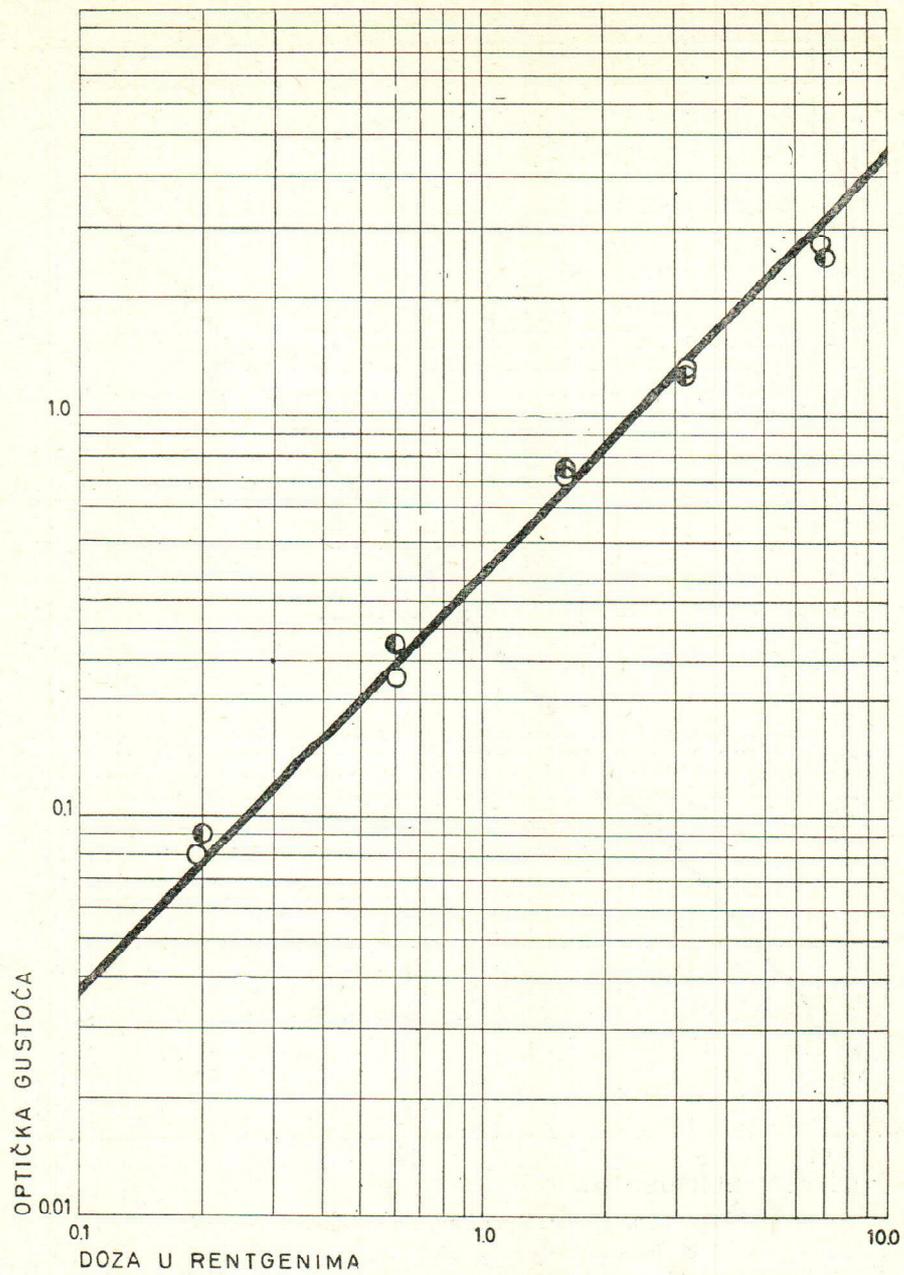
Način ekspozicije	Vrijeme od početka ekspozicije do razvijanja u tjednima	Ocijenjena doza u postocima prave doze		Faktor korekcije		
		prosječno	raspon	srednji	raspon	zaokruženi
ponavljana, dnevno 40' u toku 4 tjedna	4	87,9	92,9-82,6	1,14	1,08-1,21	1,15
ponavljana, dnevno 40' u toku 4 tjedna	8	78,8	84,6-71,3	1,27	1,18-1,40	1,30
ponavljana, dnevno 20' u toku 8 tjedana	8	82,3	85,5-78,7	1,22	1,16-1,28	1,25

Pri svakodnevnoj ponavljanoj ekspoziciji malim dozama utjecaj slabljenja je bio nešto manji nego za jednokratnu ekspoziciju s istim vre-



Slika 2. Ponavljano eksponirani Adox Radium-filmovi

- baždarni filmovi, ◐ filmovi izlagani u toku 4 tjedana i razvijeni nakon 3 dana,
 ● filmovi izlagani u toku 4 tjedna i razvijeni nakon 8 tjedana, ⊕ filmovi izlagani
 u toku 8 tjedana.



Slika 4. Ponovljano eksponirani Adox Dosis-filmovi

○ baždarni filmovi, ● filmovi izlagani u toku 4 tjedana i razvijeni nakon 3 dana.

menskim razmakom od početka ekspozicije do razvijanja (tablica 1 i 2). Razlika je i u efektu slabljenja latentne slike između filmova koji su razvijeni 8 tjedana nakon početka uzastopne ekspozicije, ali su filmovi razvijeni u jednom slučaju 4 tjedna, a u drugom 3 dana nakon završene ekspozicije (tablica 2, drugi i treći red).

Tablica 3.
Adox Dosis-filmovi

Način ekspozicije	Vrijeme od početka ekspozicije do razvijanja u tjednima	Ocijenjena doza u postocima prave doze		Faktor korekcije	
		prosječno	raspon	srednji	raspon
jednokratno 36 sati	1	98,3	96,3-126	1,02	0,92-1,06
„	2	100,4	93,2-106	1,00	0,95-1,07
„	3	94,3	82,7-110	1,06	0,91-1,21
„	4	104,3	87,2-126	0,96	0,79-1,15
„	5	101,7	93,5-111	0,98	0,91-1,07
„	7	103,5	93,8-118	0,97	0,85-1,06
ponavljana, dnevno 80' u toku 4 tjedna	4	104,7	93,3-114	0,96	0,88-1,07

Na slici 2 prikazana je baždarna krivulja, koja je u ovom području optičke gustoće praktički pravac, i eksperimentalne točke za sva tri slučaja ponavljane ekspozicije.

Praktičnu vrijednost za ličnu dozimetriju imaju rezultati dobiveni pri ponavljanim ekspozicijama izraženi kao faktori korekcije, s kojima treba množiti dozu ocijenjenu s baždarne krivulje, da bismo dobili dobru aproksimaciju prave doze (tablica 2). Faktori su radi jednostavnijeg računanja zaokruženi u sigurnom smjeru, tj. u smjeru veće vjerojatnosti precjenjivanja doza.

Dosis-filmovi nisu ni 8 tjedana nakon jednokratne ekspozicije, a još manje pri 4-tjednoj ponavljanoj ekspoziciji pokazivali značajno blijeđenje (tablica 3, slika 3 i 4). Rezultati su prilično jako rasipani oko baždarnih vrijednosti, a to je djelomično uzrokovano i činjenicom da je gustoća zacrnjena za manje doze vrlo niska zbog male osjetljivosti Dosis-filmova, pa je pogreška očitavanja na denzitometru nužno veća. Odstupanja su, međutim, nesistematska, tako da se srednji faktor korekcije ne razlikuje bitno od 1.

Prema W. L. Laughlinu i M. Ehrlich ne postoji razlika u efektu slabljenja latentne slike, bilo da je ona nastala ekspozicijom X-zračenju ili gama-zračenju. Prema tome bi se ti rezultati mogli direktno primijeniti i pri kontroli ekspozicije X-zračenju istom vrstom filmova.

Zaključak

Pri kontroli ekspozicije osoba profesionalno izloženih gama-zračenju Adox Radium dozimetrijskim filmovima treba izvršiti korekciju doza – ocijenjenih iz baždarne krivulje na temelju izmjerene gustoće zacrnljenja filmova – zbog slabljenja latentne slike u toku kontrolnog intervala.

Za filmove nošene 4 tjedna i razvijene 3 dana nakon završene ekspozicije zaokruženi faktor korekcije je 1,15. Ako neki film iz bilo kojeg razloga nije bio razvijen na vrijeme, nego je ostao ležati nerazvijen do kraja drugog kontrolnog intervala – a da se ekspozicija nije nastavila – faktor korekcije je 1,30. Ako je film povremeno nošen u dva kontrolna intervala, dakle ukupno 8 tjedana, dozu ocijenjenu s baždarne krivulje treba množiti s faktorom 1,25.

Adox Dosis-filmovi koji se primjenjuju pri dozimetriji X-zračenja pokazuju nesistematsko odstupanje od baždarnih vrijednosti, tako da se srednja korekcija ne razlikuje značajno od 1.

Literatura

1. Loening, E. E., Fundamental Mechanisms of Photographic Sensitivity, p. 149. Mitchell, J. W. ed., Butterworth Scientific Publications, London 1951.
2. Langendorff, H., Spiegler, G., Wachsmann, F., Fortschr. Röntgenstr. 77 (1952) 143.
3. Ehrlich, M., National Bureau of Standards Handbook 57, 1954.
4. Beiser, A., Phys. Rev. 81 (1951) 153.
5. McLaughlin, W. L., Ehrlich, M., Nucleonics 12 No 10 (1954) 34.

Summary

THE INFLUENCE OF LATENT IMAGE FADING ON DOSE ESTIMATION BY MEANS OF FILM BADGES

In order to get some information about the error made in dose estimations due to fading, several sets of 5 Adox Dosis and 5 Adox Radium films were exposed to doses from 100 to 3,200 mr in a single exposure or repeatedly within an eight-week period. All the films were developed simultaneously and doses calculated with reference to a dose-density calibration curve obtained from a set of films subjected to a single exposure the day before development. The readings were expressed in percentage of the actual dose. Correction factors by which the dose readings must be multiplied to give the actual doses, were calculated.

For the films exposed repeatedly, day by day, within four weeks and developed three days after the last exposure – as is the case with film badge service – the correction factor was found to be 1.15 for Adox Radium films and 1 for Adox Dosis films.

If for some reasons the film cannot be developed after the usual four weeks interval, but only after the next one (i. e. after eight weeks) without being subjected to further exposure during the second interval, the correction factor for Adox Radium films is 1.3, whereas in the case of eight weeks' exposure it is 1.25.

*Institute for Medical Research
incorporating the Institute of Industrial Hygiene
Zagreb*

*Received for publication
April 20, 1960*