



KVANTITATIVNO ODREĐIVANJE SERUMSKIH PROTEINA OSOBA PROFESIONALNO IZLOŽENIH DJELOVANJU RADARA

Vilena KAŠUBA i Vera GARAJ-VRHOVAC

Jedinica za mutagenezu, Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada,
Ksaverska cesta 2, 10000 Zagreb, Hrvatska

UVOD

Komunikacije radio-valovima u modernom društvu su u širokoj primjeni, stoga smo svi izloženi djelovanju radio-frekventnog zračenja radio aparata, TV-prijemnika, bežičnih telefona, radara, itd. Zanimanje za utjecaj radio-frekventnog zračenja na zdravlje čovjeka motivirano je naglim rastom upotrebe bežičnih komunikacijskih sustava i navodima sredstava javnog informiranja o zabrinutosti da pojedine bolesti mogu biti uzrokovane izloženosti radio-frekventnom zračenju, na primjer iz mobilnih telefona. S obzirom na sveprisutnost radio-frekventnog zračenja (RFR), implikacije javnog zdravstva na povezanost RFR i rizika od pojave raka su potencijalno značajne (1).

Velik broj studija napravljen je na laboratorijskim životinjama i u *in vitro* sustavima, dok je broj raspoloživih epidemioloških studija malen (2, 3, 4, 5). Uočeni su efekti izloženosti djelovanju RFR-a koji dovode do porasta temperature, ali ne-termalni efekti nisu dokazani. Također nema teorija koje podržavaju "ne-termalne" interakcije s biologijom (1).

Utjecaj radio-frekvencije uzrokovane djelovanjem visokofrekventnih i niskofrekventnih antena na ljudski organizam ispituje se teoretski i eksperimentalno (6).

Interpretacija neionizirajućeg elektromagnetskog zračenja na krv i krvotvorne sustave uvelike zavisi o apsorpcijskim karakteristikama biološkog materijala i termoregulacijskom sustavu ozračenih osoba. Mnogi faktori utječu na dozu neionizirajućeg elektromagnetskog zračenja na organizam, organe ili tkiva, uključujući frekvencije i širenje valova, masu i oblik organizma, i orijentaciju organizma u polju neionizirajućeg elektromagnetskog zračenja. Količina energije apsorbirane po jedinici mase organizma naziva se specifična apsorpcijska stopa (SAR) ili stopa doze, koja je veoma važna u vrednovanju bioloških efekata. Specifična apsorpcijska doza određena je ne samo elektromagnetskim valovima nego električnim i geometrijskim svojstvima ozračenog subjekta i susjednih objekata. Ona zavisi o unutarnjoj jakosti električnog polja i o električnoj provodljivosti i gustoći tkiva, stoga je to odgovarajući dozimetrijski parametar, čak i kad je mehanizam označen kao atermalan. Raspodjela SAR-a obično se određuje iz mjerenja na modelima čovjeka, u životinjskim tkivima ili računskim putem (7).

Interpretacija promjena u hematološkom ili imunološkom sustavu izazvanih neionizirajućim elektromagnetskim zračenjem zavisi o uvjetima u okolini i termoregulacijskom kapacitetu izloženih osoba. (8).

Rutinski su analize serumskih proteina u kliničkoj upotrebi od sredine pedesetih godina (9). Elektroforetskim razdvajanjem seruma na acetatnim membranama, dobije se pet odvojenih zona (albumin, α_1 -, α_2 -, β -, i γ - globulini). Da bi se dobila kvantitativna procjena, mjerenja se vrše na denzitometru. Klinička interpretacija elektroferograma bazira se na varijacijama u koncentraciji pojedinih serumskih proteina.

ISPITANICI I METODE

Rad obuhvaća analize serumskih proteina 14 osoba zaposlenih na održavanju radarskih sustava. Svi ispitanici su muškarci prosječne dobi od 39 godina (raspon: 29-57 godina). Prosječna duljina staža u zoni radarskog zračenja iznosi 16 godina (12 sati svaki drugi dan) (raspon: 3-29 godina).

Serumski proteini određivani su metodom elektroforeze na celogel trakama u natrij-Veronal-Veronal-TRIS puferu pH 8.6, u uvjetima elektroforeze od 2 sata na 130-140 V na mostu od 11 cm (aparatura: Chemetron, Milano, Italy). Elektroferogrami su bojani sa 0.1% Ponceau S u 5% trikloroctenoj kiselini. Kvantitativno određivanje (tj. denzitometrija) pet frakcija (albumin, α_1 -, α_2 -, β_1 -, γ -globulin) serumskih proteina napravljeno je na multipolarnom denzitometru.

Vrijednosti serumskih proteina uspoređivane su s normalnim vrijednostima populacije Zagreba i bliže okolice (10).

REZULTATI

Dobiveni podaci ukazuju na blagi do značajni pad albumina 58.0 - 44.0 g/l u odnosu na kontrolu (64.05 g/l), osim kod tri ispitanika gdje su vrijednosti približno jednake normalnim. U većine ispitanika uočen je porast vrijednosti za γ -globulin u odnosu na normalu (19.0 - 30.0 g/l vs normala 14.85 g/l) (Slika 1.).

U ispitanika broj 10 s registriranim karcinomom vrijednosti za α_1 -, α_2 -, β_1 -globuline su povišene, a vrijednosti za albumin su snižene.

Za ispitanika 11 imamo podatke da je dvije godine ranije imao snižene vrijednosti za albumine (45.4 g/l vs normala 64.05 g/l) i γ - globuline (12.8 g/l vs normala 14.85 g/l). U radu dobiveni podaci pokazuju porast γ - globulina znatno iznad normalnih vrijednosti - 22 g/l vs 14.85 g/l, i snižene vrijednost za albumin - 59.0 g/l vs 64.05 g/l u kontroli. U periodu prije zadnjeg uzorkovanja ispitanik je bio tretiran antidepresivom.

DISKUSIJA

Ljudi su dnevno izloženi djelovanju elektromagnetskih polja koja potječu iz radiofrekventnih sustava. Objavljeni su brojni literaturni podaci o mogućem mutagenom, teratogenom i karcinogenom djelovanju elektromagnetskih polja, vrlo često i sa kontrastnim rezultatima (11, 12, 13, 14, 15, 16, 17). Za razumijevanje djelovanja neionizirajućeg elektromagnetskog zračenja na biološke sustave veoma je važno poznavati osnovne mehanizme. Ne-rezonantni i ne-klasični mehanizmi postoje u međudjelovanju s biološkim sustavima u poljima niskih energija (u izotermalnim poljima). Ti mehanizmi su spori, djeluju s odgodom i luminescentni su. Takvi mehanizmi mogu stvoriti osnovu za vrlo osjetljive biosenzore, prirodno ili umjetno povezane s metaboličkim procesima ili procesima sinteze u stanici (18).

Shimizu i suradnici su u preglednom članku pokazali da: 1. postoje dokazi da je vanjska površina stanične membrane primarni lokus za promjene izazvane elektromagnetskim poljima; 2. elektromagnetska polja moduliraju proliferaciju kako normalnih, tako i transformiranih stanica *in vivo* i *in vitro*. Magnituda proliferativnog efekta zavisi o intenzitetu elektromagnetskog polja, duljini izloženosti i drugim staničnim faktorima; 3. niti jedna studija ne pokazuje jasno štetni učinak elektromagnetskog zračenja na reprodukciju i razvitak sisavaca, ali postoje neke naznake u tom pravcu; 4. objavljeni podaci ne pokazuju da se elektromagnetska polja ponašaju kao inicijatori raka, ali se mogu ponašati kao promotori ili mogu utjecati na progresiju tumora (19).

Radiofrekventne struje u ljudskom organizmu inducirane visoko-frekventnim antenama velikih snaga, istražuju se teoretski i eksperimentalno. Udaljenost koja predstavlja limit za profesionalnu izloženost od 200 mA prelazi 50 m za visoko-frekventne antene i manja je od 14 m za srednje-frekventne antene (6).

Studije provedene na ljudima izloženim akutnom djelovanju ultra-visokih frekvencija zračenja iz antene pokazale su da postoje različiti simptomi i znakovi - bol, glavobolja, obamrlost (ukočenost), proljevi i eritem kože (20, 21). Najčešće uočavan problem je bio taj da su akutne, a zatim kronične glavobolje bile izazivane u dijelu glave koji je bio najizloženiji. Simptomi neuroze, vrtoglavice i glavobolja, zabilježeni su i kod ispitanika u ovoj studiji. Kod ispitanika s navedenim promjenama i pod terapijom antidepresivom (apaurinom) uočene su snižene vrijednosti za albumine i povišene vrijednosti za γ -globuline. Takve vrijednosti podudaraju se s rezultatima Hunsela i suradnika (22).

ZAKLJUČCI

Kvantitativno vrednovanje rizika od djelovanja neionizirajućeg zračenja na čovjeka zahtjeva procjenu elektromagnetske apsorpcije u različitim tkivima ljudskog organizma (23).

Bez obzira na to postoji li stvarni rizik od izloženosti elektromagnetskom zračenju, daljnja ispitivanja su potrebna.

POPIS LITERATURE

1. Valberg P.A. Radio frequency radiation (RFR): the nature of exposure and carcinogenic potential. *Cancer Causes and Control* 1997; 8(3): 323-32.
2. Smialowicz R.J., Weil C.M., Marsh P., Riddle M.M., Rogers RR., Rehnberg B.F. Biological effects of long-term exposure of rats to 970 MHz radiofrequency radiation. *Bioelectromagnetics* 1981;2: 279-84.
3. Ragan H.A., Phillips R.D., Bushbom R.L., Morris J.E. Hematologic and immunologic effects of pulsed microwaves in mice. *Bioelectromagnetics* 1983; 4: 383-96.
4. Verschaeve L. Can non-ionising radiation induce cancer? *Cancer J.* 1995;8: 237-249.
5. Berquist U. Review of epidemiological studies. In: Kuster N., Balzano Q., Lin J.C. (eds), *Mobile communication safety*, Chapman and Hall, London, 1997; pp.147-170.
6. Jokela K., Puranen L., Gandhi O.P. Radio-frequency currents induced in the human body for medium-frequency/high-frequency broadcast antennas. *Health Physics* 1994; 66(3): 237-44.
7. Chou C.K., Bassen H., Osepchuk J., Balzano Q., Petersen R., Meltz M., Cleveland R., Lin J.C., Heynick L. Radio frequency electromagnetic exposure-tutorial review on experimental dosimetry (Review). *Bioelectromagnetics* 1996;17(3): 195-208.
8. Smialowicz R.J. Hematologic and immunologic effects of nonionizing electromagnetic radiation. *Bull N Y Acad Med* 1979; 55(11):
9. Kohn J. *Clin Chim Acta* 1957; 2: 297.
10. Albert-Šubić Nevenka, Danica Tadej i suradnici. Referentne vrijednosti klinički relevantnih sastojaka krvi i seruma - Model: Populacija Zagreba i bliže okolice. Školska knjiga Zagreb 1990. str. 175.
11. Saunders R.D., Kowalczyk C.I. Effects of 2.45 GHz microwave radiation and heat on mouse spermatogenic epithelium. *Int J Radiat Biol* 1981; 40: 623-32.
12. Yao K.T.S. Cytogenetic consequences of microwave irradiation on mammalian cells incubated *in vitro*. *J Hered* 1982; 73: 133.
13. Lloyd D.C., Saunders R.D., Moquet J.E., Kowalczyk C.I. Absence of chromosomal damage in human lymphocytes exposed to microwave radiation with hyperthermia. *Bioelectromagnetics* 1986; 7: 235-7.
14. Garaj-Vrhovac V., Fučić A., Horvat Đ. The correlation between the frequency of micronuclei and specific chromosome aberrations in human lymphocytes exposed to microwave radiation *in vitro*. *Mutat Res* 1992; 281: 181-6.

15. Garaj-Vrhovac V., Fučić A. The rate of elimination of chromosomal aberrations after accidental exposure to microwave radiation. *Bioelectro-chem Bioenerg* 1993; 30: 319-25.
16. Maes A., Collier M., Slates D., Verschaeve L. Cytogenetic effects of microwaves from mobile communication frequencies (954 MHz). *Electro-Magnetbiol* 1995;14: 91-8.
17. Polson P., Heynick L.N. Overview of the radiofrequency radiation bioeffects database. In: Kleuenberg B.J., Grandolfo M., Erwin D. (eds.) *Radiofrequency Radiation Standards. Biological effects, dosimetry, epidemiology and Public Health Policy. NATO ASI Series A*; 274: 337-88.
18. Kiel J.L. The ultimate biosensor. *Aviation Spence and Environmental Medicine* 1994; 65(Suppl 5): A121-A124.
19. Shimizu H., Suzuki Y., Okonogi H. Biological effects of electromagnetic fields. *Japanese Journal of Hygiene* 1995; 50(5): 919-31.
20. Garaj-Vrhovac V. Biological effect of microwave radiation. In: *Advances in Radiology and Oncology*, T. Benulič, G. Serša, V. Kovač (eds.) 1992b; pp.356-63.
21. Schilling C.J. Effects of acute exposure to ultralight frequency radiation on three antenna engineers. *Occupational and Environmental Medicine* 1997;54(4): 281-4.
22. Van Hunsel F., Wanters A., Vangdoolaege E., Neels H., Demedts P., Maes M. Lower total serum protein, albumin, and beta- and gamma-globulin in major and treatment -resistant depression: Effects of anti-depressant treatments. *Psychiatry Research* 1996; 65: 159-69.
23. Carosi S., L. Graghani G., Pastorino M. A numerical approach to electromagnetic dosimetry for the human body. *Eur Trans Telecommun Relat Technol (Italy)* 1990;1(4): 497-503.

QUANTITATIVE DETERMINATION OF SERUM PROTEINS IN PERSONS OCCUPATIONALLY EXPOSED TO RADAR

Vilena KAŠUBA and Vera GARAJ-VRHOVAC

Laboratory for Mutagenesis, Institute for Medical Research and Occupational Health, Ksaverska cesta 2, 10000 ZAGREB, Croatia

Radio-wave communications are used extensively in the modern society. We are all subject to radio frequency radiation (RFR) created by a radio, television, wireless telephony, emergency communications, and radar. The interest in the health effects of RFR has been motivated the rapid growth in wireless communications.

Recently, many investigations are headed to the influence of nonionizing electromagnetic radiation to people. The interpretation of nonionizing radiation effects depends on absorption characteristics of biological material and on thermoregulative system of exposed persons. This article includes serum protein analysis of 14 people who work in a radar zone. All the examinees are men aged 39 in average. The average exposure period in the radar zone was 16 years (twelve hours each second day). Human serum proteins in all samples were detected by electrophoresis on cellulose acetate membranes (Cellogel 500, Chemeton, Italy) in sodium-Veronal-Veronal-TRIS buffer pH 8.6. The duration of electrophoresis was two hours at 130-140 V at 11 cm bridge. Electroferograms were stained with 0.1 % Ponceau's (w/v) (Chemetron, Italy) in 5% trichloroacetic acid (v/v). Quantitative determination, i.e. densitometry of five serum protein fractions (albumin, α_1 - , α_2 - , β_1 - and γ -globulin) was carried out by photometry at multipolar densitometer. The results show gradual decrease of albumin 58.0 - 44.0 g/l versus control (64.05 g/l), except in three examinees where the values were almost equal to the normal value. One can also observe the changes in γ -globulin levels. All examinees except one showed increase in γ -globulin levels (19.0 - 30.0 g/l vs. normal 15.0 g/l). The effect of nonionizing electromagnetic and microwave radiation on those who work in related field certainly needs much more investigation.