

ŠTETNA DELOVANJA ELEKTROMAGNETNOG POLJA UČESTANOSTI 50HZ NA BIOLOŠKE SISTEME

Dejan Krstić*, Boris Đinđić**, Gordana Kocić***, Dejan Petković*, Stojan Radić** i Dušan Sokolović ***

Izlaganje elektromagnelnom polju (EMP) učestanosti 50Hz (oblast vrlo niskih frekvencija - ELF) sigurno je najzastupljeniji vid izlaganja u stambenom i poslovnom prostoru. Čovek je okružen mnoštvom električnih uređaja koji neminovno stvaraju EMP koje predstavlja zagađenje njegovog životnog prostora. U literaturi sav spektar tih polja se naziva elektromagnetni smog.

Cilj rada je bio ispitivanje štetnih bioloških efekata EMP industrijskih učestanosti (u opsegu granica profesionalne izloženosti) na promenu ponašanja, fertilitetnu i reproduktivnu sposobnost i dokazivanje pojave oksidativnog stresa kao mogućeg biološkog markera izlaganja polju.

Wistar pacovi starosti 4 meseca na početku eksperimenta su podeljeni u dve grupe: eksperimentalnu grupu (4 ženke i 6 mužjaka) i kontrolnu grupu (4 ženke i 5 mužjaka). Eksperimentalna grupa je 45 dana bila izložena EMP frekvencije 50Hz, magnetne indukcije $B=48\mu T$ i jačine električnog polja $E=50V/m$. Fertilitetna sposobnost registrovana je na osnovu broja uspešno završenih bremenitosti. Biološki efekti EMP praćeni su u pogledu promena u ponašanju i pojave oksidativnog stresa kao mogućeg patogenetskog mehanizma. Određivanje intenziteta lipidne peroksidacije vršeno je merenjem količine malondialdchida (MDA) u homogenatu moždanog tkiva.

Agresivnije ponašanje, vidljive panične reakcije, dezorijentaciju i veći stepen uznemirenosti pokazuju životinje iz eksperimentalne grupe izložene delovanju EMP. Pojačan intenzitet oksidativnog stresa procenjen na osnovu sadržaja MDA u moždanom tkivu. je statistički značajno povećan (1,8 puta) kod pacova izloženih EMP u odnosu na kontrolnu grupu ($4,89\pm 0,65$ nmol/mg proteina vs. control $2,72\pm 0,42$ nmol/mg proteina, $p<0,01$). Poremećaji fertiliteta se manifestuju u neuspešno završenim bremenitostima ekperimentalnih ženki.

Ekspozicija elektromagnetnom polju dovodi do promena funkcija centralnog nervnog sistema. Pojačana lipidna peroksidacija i oksidativni stres koji su registrovani u moždanom tkivu mogu biti jedno od mogućih objašnjenja za promenjenu funkciju neurona. Promene registrovane u domenu reproduktivne sposobnosti ženki izloženih elektromagnetnom polju ukazuju na moguće štetne efekte i zahtevaju dalja istraživanja na većem broju životinja i tokom celog reproduktivnog perioda. *Acta Medica Medianae* 2003; 42(4): 11-15.

Ključnereči: elektromagnetno polje, lipidna peroksidacija, mozak, promena ponašanja

Fakultet zaštite na radu u Nišu*
Institut za patološku fiziologiju Medicinskog fakulteta u Nišu**
Institut za biohemiju Medicinskog fakulteta u Nišu***

Kontakt: Dejan Kistić
Fakultet zaštite na radu
Camojčevićeva 10a
18000 Niš, Srbija i Crna Gora
Tel.: 529-761, e-mail: dejank@znrfaq.znrfaq.ni.ac.yu

Uvod

Izlaganje elektromagnelnom polju (EMP) učestanosti 50Hz je sigurno najzastupljeniji vid izlaganja u stambenom i poslovnom prostoru. Čovek je okružen mnoštvom električnih uređaja koji neminovno stvaraju EMP koje predstavljaju zagađenje njegovog životnog prostora. Elektromagnetna polja učestanosti naše elektrodistributivne mreže 50Hz spadaju u oblast ekstremno niskih učestanosti (ELF). Ljudski organizam ne

poseduje čula koja bi mogla registrovati ova polja i zbog toga je vrlo bitno proučiti efekte ovog polja na ljudski organizam s obzirom da je stalno izložen dejstvu ovih polja u savremenom radnom i životnom okruženju. U literaturi čitav spektar tih polja koja su neželjena u nekom prostoru se naziva elektromagnetni smog (1).

Osnovne veličine čiji intenziteti ukazuju na moguće efekte kod bioloških sistema u funkciju učestanosti su (1):

- J - Gustina struje, kod EMP frekvencije $<10MHz$,
- SAR - Specifična apsorpciona energija, kod EMP frekvencije $300MHz - 10 GHz$, i
- S - Gustina snage, kod EMP frekvencije $10 - 300 GHz$.

Elektromagnetne veličine koje opisuju elektromagnetna polja i na osnovu kojih se postavljaju ograničenja u odnosu na intenzitete su:

E jačina električnog polja,

B magnetna indukcija, $B = \sqrt{\epsilon} H$, *u*, magnetna pro-
pustljivost

$$S - \text{Gustina snage } S = \vec{E}H = \frac{E^2}{377} = 377H^2,$$

J_f indukovana gustina struje kroz tkivo, $J_L = aE$,
pri čemu je *a* specifična električna provodnost tkiva, i
SA specifična energija apsorpcije za impulsna
polja .

Postoje 3 mehanizma interakcije organizma i EMP koje navode UNEP/WHO/IRPA preporuke (2):

- Interakcije organizma sa niskofrekventnim električnim poljem,
- Interakcije organizma sa niskofrekventnim magnetnim poljem, i
- Apsorbovanje energije elektromagnetnog polja.

Interakcije organizma sa niskofrekventnim električnim poljem nastaju kao posledica protoka električne energije kroz telo koje dovodi do polarizacije i formiranja električnih dipola. Ujedno dolazi i do preusmeravanja električnih dipola koji već postoje u tkivu. Step ovih promena zavisi od električnih karakteristika tela (*a* i $\sqrt{\epsilon}$). Spoljno električno polje indukuje na površini tela naelektrisanja i struju unutar tela čija raspodela zavisi od veličine i oblika tela kao i njegovog položaja u polju.

Interakcije organizma sa niskofrekventnim magnetnim poljem dovode do indukcije električnog polja i indukcije električne struje. Intenzitet indukovano polja i gustina struje su proporcionalni veličini (obimu) organa ili tkiva, električnoj provodnosti tkiva i brzini promene magnetnog fluksa. Za datu amplitudu i frekvenciju magnetnog polja najjače električno polje će se indukovati u organima i tkivima sa najvećim obimom. Tačna putanja kretanja struje zavisi od električne provodnosti svakog tkiva. Biološki sistemi nisu električno homogeni pa se gustina indukovane struje može izračunavati računarskim modelovanjem koristeći anatomske karakteristike tela.

Apsorbovanje energije u uslovima izloženosti niskofrekventnom elektromagnetnom polju nema termalnih efekata zbog minimalne količine apsorbovane energije. Međutim, izloženost EMP preko 100 KHz dovodi do značajne apsorpcije energije i porasta temperature tkiva. Količina apsorbovane energije nije ista u svakom tkivu. Na osnovu količine apsorbovane energije u tkivu EMP se dele na 4 tipa (3):

1. opseg od 100 KHz do 20 MHz, u ovom opsegu apsorpcija u telu se smanjuje ka višim frekvencijama, pri čemu značajna apsorpcija se odigrava u vratu i nogama,

2. opseg od 20 MHz do 300 MHz, u ovom opsegu postoji relativno velika stopa apsorpcije u celom telu a posebno u predelu glave,

3. opseg od 300 MHz do nekoliko GHz, u ovom opsegu postoji signifikantna nespecifična lokalna apsorpcija, i

4. frekvencije iznad 10 GHz, pri čemu se apsorpcija energije dešava primarno na površini tela.

Epidemiološke studije su pokazale štetne efekte EMP katodnih cevi kod žena u reproduktivnom periodu koji se ogledaju u nešto većoj incidenci spontanih abortusa (4), mada postoje i studije koje nisu našle ovaj vid povezanosti, kao ni povezanost sa upotrebom drugih električnih uređaja (5). Drugi važan segment epidemioloških studija koje su se bavile štetnim delovanjem EMP niskih učestanosti predstavljaju ispitivanja patogenetskog efekta za razvoj malignih oboljenja. Najveći broj istraživača slaže se sa činjenicom da EMP ima određeni uticaj na veću incidencu leukemija kod dece (izračunati rizik je 1.5-3.0 puta veći). Za ostale vidove malignih oboljenja ne postoje jedinstveni nalazi o povezanosti njihove pojave sa izlaganjem EMP. Treba napomenuti da su efekti za pojavu leukemije dozno zavisni i da najverovatnije postoji prag reagovanja (6). Epidemiološki podaci kod radnika profesionalno izloženih EMP ukazuju na nešto veći broj obolelih od leukemije i glioblastoma, a najnoviji podaci i na povezanost sa Alzheimer-ovom bolešću (7).

Studije koje su obavljene prolekljenih decenija kako *in vitro* tako i *in vivo* izučavale su ovu problematiku i navele veći broj različitih poremećaja na skoro svim organskim sistemima, posebno centralnom nervnom sistemu (CNS) i kardiovaskularnom sistemu (8, 9). Jedna od prvih opservacija o negativnom dejstvu EMP na ljudsko zdravlje je pojava različitih nespecifičnih simptoma: razdražljivost, neurovegetativna distonija i nesanic kod radnika izloženih EMP u elektroenergetskim postrojenjima.

Medicinski aspekti štetnog delovanja elektromagnetnog polja (EMP) industrijskih učestanosti (50-60 Hz) još uvek su nedovoljno poznati u domenu oksidativne modifikacije proteina i lipoproteina, kao i promenama moždanih funkcija.

Danas se naglašava da su efekti EMP vezani posledica direktnog oštećenja DNK i promenjene genske ekspresije. Dokazano je da EMP dovodi do kidanja jednog ili oba lanca DNK u moždanim ćelijama eksperimentalnih životinja i/ili oštećenja reparatornih mehanizama ćelije (10).

Cilj rada

Cilj rada je bio ispitivanje štetnih bioloških efekata EMP industrijskih učestanosti na promenu ponašanja, fertilitetnu i reproduktivnu sposobnost i dokazivanje pojave oksidativnog stresa kao moguće biološkog markera izlaganja polju.

Materijal i metode

Wistar pacovi starosti 4 meseca na početku eksperimenta su podeljeni u dve grupe: I grupa - eksperimentalna u kojoj je bilo 4 ženke i 6 mužjaka; i II grupa - kontrolna u kojoj je bilo 4 ženke i 6 mužjaka. Životinje obe grupe bile su smeštene u po dva kaveza, pri čemu su u jednom bile 4 ženke i 2 mužjaka a u drugom su bili ostali mužjaci. Eksperimentalna grupa je bila izložena dejstvu EMP frekvencije 50Hz u trajanju od 45 dana.

Kavezi sa životinjama su se nalazili u razvodnom distributivnom posirojenju Elektrodistribucije-Niš. Izmerene vrednosti B i E na mestu gde su se nalazili kavezi je bila za magnetnu indukciju $B=48\mu T$ i za jačinu električnog polja $E=50V/m$. Količina hrane nije bila limitirana i životinje su hranjene *ad libidum*. Nakon izlaganja EMP životinje su žrtvovane.

Ženke sa mladima su odvajane u posebne kaveze, a nakon žrtvovanja registrovana je pojava atrofije plodova. Tokom ekspozicije praćene su promene individualnog i kolektivnog ponašanja eksperimentalnih životinja uslovljene efektima EMP na moždane funkcije.

Mogući uzroci za navedene promene ponašanja traženi su kroz pojavu lipidne peroksidacije, merenjem količine malondialdehida (MDA) (sekundamog pro-

dukta lipidne peroksidacije) modifikovanom metodom sa tiobarbiturnom kiselinom (TBA) u 20% homogenatu moždanog tkiva (11). Određivanje proteina u tkivima vršeno je metodom po Lowry-u i sar. (1951).

U radu su primenjene odgovarajuće deskriptivne i analitičke statističke metode (Student-ov T test i Hi kvadrat test).

Rezultati i diskusija

Izlaganje ljudi elektromagnetnitn poljima industrijske učestanosti obrađivano je sa stanovišta više međunarodnih institucija i nacionalnih institucija (1) a neki od podataka su dati u tabelama 1 i 2.

Tabela 1. Intenziteti električnog polja prema nekim standardima

Intenziteti EMP	Standardi
1 V/m	Aaronia "E1" preporuka Swedish SAGU-emission guideline Biološka preporuka za spavaće sobe
10 V/m	Aaronia "E2" preporuka NCRP, Maksimalna ekspozicija za stanovništvo, (1996)
100 V/m	NCRP, Maksimalna ekspozicija za profesionalno izlaganje, (1996) Promene koncentracije melatonina; neki stručnjaci ovu jačinu polja karakterišu kao opasnu "dangerous"
1.000 V/m	ACGIH, Maksimalna ekspozicija za ljude sa srčanim pejsmekerom
5.000 V/m	Maksimalna ekspozicija u Nemačkoj i maksimalna ekspozicija prema IRPA/INIRC za stanovništvo
10.000 V/m	Maksimalna ekspozicija prema IRPA/INIRC za profesionalnu izloženost
20.000 V/m	ACGIH maksimalna ekspozicija za profesionalnu izloženost
25.000 V/m	IRPA/INIRC maksimalna ekspozicija za profesionalnu izloženost (max. 2 sata dnevno)

Tabela 2. Intenziteti magnetne indukcije prema nekim standardima

Magnetna indukcija	Standardi
10 nT	Aaronia "M1" preporuka Coming Swedish SAGU-emission guideline Biološka preporuka za spavaće sobe
100 nT	Aaronia "M2" preporuke
1.000 nT	Objavljene 1996. u NCRP preporukama kao preporučeni maksimalni ekspozicioni limit za profesionalnu izloženost radnika Promene u koncentraciji melatonina. Neki stručnjaci ovu jačinu polja karakterišu kao opasnu "dangerous"
10.000 nT	Maksimalna ekspozicija prema NCRP preporukama iz 1996. za "profesionalnu izloženost"
100.000 nT	Maksimalna ekspozicija u Nemačkoj i maksimalna ekspozicija prema IRPA/INIRC standardima za stanovništvo ACGIH maksimalna ekspozicija za ljude sa srčanim pejsmejerom
500.000 nT	Preporuka IRPA/INIRC za "profesionalnu izloženost" (dnevna ekspozicija)
1.000.000 nT	Maksimalna izloženost IRPA/INIRC za stanovništvo (dnevna ekspozicija)
5.000.000 nT	Maksimalna izloženost IRPA/INIRC za "profesionalnu izloženost" (max. 2 sata dnevno)

NCRP = National Council of Radiation Protection and Measurements
ACGIH = American Conference of Governmental Industrial Hygienists
IRPA/INIRC = International Commission on Non-Ionising Radiation Protection

Imajući u vidu ove preporuke jačina električnog polja koja je izabrana za ekspoziciju eksperimentalnih životinja je duplo manja od maksimalno preporučene za profesionalno izložene radnike. Međutim, i ovako prepolovljena jačina je bila dovoljna da kod eksperimentalnih životinja izazove agresivnije ponašanje. Najvažnija uočena promena bila je u domenu osnovnih modela ponašanja i kolektivne odbrambene reakcije. Kolektivno odbrambeno ponašanje je bilo izmenjeno u grupi izloženoj EMP u odnosu na kontrolu. Ove životinje su ispoljavale vidljive panične reakcije, dezorijentaciju i veći stepen uznemirenosti. U kontrolnoj grupi ovakve promene ponašanja nisu registrovane i sve životinje su pokazivale kompaktnu kolektivnu odbrambenu reakciju. Nakon uklanjanja izvora EMP polja ove promene u ponašanju su nestale u toku dve do tri nedelje.

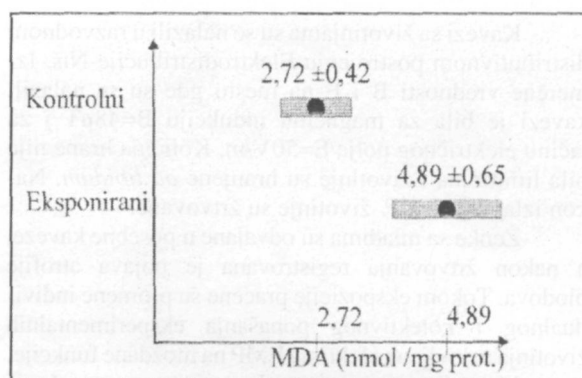
Neke strukture mozga (*globus pallidus*, *substantia nigra*, *hypothalamus*) posebno su podložne povećanoj produkciji OH- radikala. Ujedno moždano tkivo je relativno deficitarno sa enzimima antioksidativne zaštite (superoksid dizmutaza-SOD, glutation peroksidaza-GSH-Px i katalaza-CAT), pri čemu je distribucija ovih enzima neravnomerna i zavisi od uzrasta osobe (12). Ovo ukazuje na moguću mehanizam povećane osetljivosti pojedinih struktura CNS-a na delovanje EMP, koje se prevashodno ogleda u poremećajima hipotalamičko-hipofiznih funkcija (13). Remecenje ovih funkcija dovodi do poremećaja u sferi afektivnog ponašanja ali i do poremećaja u neurovegetativnim funkcijama, čime se mogu objasniti navedene promene ponašanja i navike u ishrani životinja izloženih EMP.

Mnoge studije ukazuju da transdukcija slabog električnog signala u opsegu ELF uključuje interakciju sa ćelijskom membranom. Na osnovu modela ponašanja ćelije u slabom polju, izračunato je da ekstracelularno slabo polje mora biti jače od 10 do 100 mV/m (što korespondira na indukovanu gustinu struje od 2 do 20 mA/m²), da bi se prevazišao endogeni fiziološki nivo šuma na ćelijskoj membrani (14).

Biološki efekat ELF EMP ogleda se i u izazivanju konformacionih promena makromolekula sa dipolskim karakteristikama, kao i povećanoj lipidnoj peroksidaciji nezasićenih masnih kiselina ćelijskih membrana (15).

Lipidna peroksidacija je oksidativno oštećenje koje zahvaća ćelijske membrane, lipoproteine i druge molekule koji sadrže lipide u uslovima postojanja oksidativnog stresa. Lipidi ćelijske membrane predstavljaju najčešće supstrate oksidativnog ataka. Lipidna peroksidacija nezasićenih masnih kiselina uzrokuje poremećaje u citoplazmi i membrani ćelija, dovodeći do povećane pasivne propustljivosti plazma membrana, povećane propustljivosti za jedno- i dvovalentne jone i inaktivaciju membranskih enzima.

Pokazano je da životinje koje su izložene EMP imaju pojačan oksidativni stres u moždanom tkivu. Intenzitet lipidne peroksidacije procenjen je na osnovu sadržaja MDA u moždanom tkivu, koji predstavlja krajnji produkt lipidne peroksidacije. Nivo MDA je statistički značajno povećan (1.8 puta) kod pacova izloženih EMP u odnosu na kontrolnu grupu (4,89±0,65 vs. kontrol 2,72±0,42 nmol/mg proteina, p<0.01) (grafikon 1).



Grafikon 1. Koncentracija MDA u moždanom tkivu

Grafikon 1. Koncentracija MDA u moždanom tkivu

Nervni sistem, posebno moždano tkivo, osetljiv je na delovanje slobodnih radikala koji se generišu nakon delovanja EMP. Membrane moždanog tkiva su bogate polinezasićenim masnim kiselinama i funkcija neurona zavisi umnogome od strukturnog integriteta membrana celularnih i subcelularnih struktura (16). Pokazano je da se primarne promene dešavaju u strukturi neurona, a da su kasnije pronađene promenama na glijalnim i endotelnim ćelijama. Serban i sar. su pokazali da koncentracija MDA dobro korelira sa stepenom ishemičnog oštećenja moždanog tkiva (17). Ovo bi bilo u skladu sa pretpostavkama da ubrzana lipidna peroksidacija dovodi i do ubrzanog taloženja lipida u intimi krvnih sudova i samim tim stvaranja uslova za razvoj ubrzane ateroskleroze. Ateroskleroza krvnih sudova mozga ili oštećenje endotelne funkcije bi bili značajni faktori koji bi doprineli pojavi blagih ishemijskih reakcija. Na taj način bi se stvorila organska podloga za razvoj različitih poremećaja moždanih funkcija kao što su agresivnost i uznemirenost životinja. Ujedno, poremećaj membranskog potencijala (posledica povećane permeabilnosti za jone Na i K) i oštećenje receptora na membrani neurona (posledica oštećenja lipidnih komponenti membrane) predstavljaju dodatni faktor koji dovodi do remecenja fizioloških procesa u moždanom tkivu.

U kontrolnoj grupi od 4 ženke kod dve je uspešno završena bremenitost, dok u eksperimentalnoj grupi nije bilo novorodenih. Nakon žrtvovanja kod dve ženke u eksperimentalnoj grupi je nađena arrofija plodova u reproduktivnim organima. Navedene razlike u reproduktivnoj sposobnosti životinja, nije moguće statistički prezentovati zbog malog broja životinja, ali je ovom pilot studijom ipak vidljiva izvesna razlika u reproduktivnoj sposobnosti životinja izloženih ELF EMP.

Zaključak

Ekspozicija elektromagnetnom polju dovodi do promena ponašanja i poremećaja funkcija centralnog nervnog sistema. Pojačana lipidna peroksidacija i oksidativni stres koji su registrovani u moždanom tkivu mogu biti jedno od mogućih objašnjenja za promenenu funkciju neurona.

Promene registrovane u domenu reproduktivne sposobnosti ženki izloženih elektromagnetnom polju ukazuju na moguće štetne efekte i zahtevaju dalja istraživanja na većem broju životinja tokom celog reproduktivnog perioda.

Literatura

1. International Commission on Non-Ionising Radiation Protection. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (Up to 300GHz). Health Physics 1998;74(4):494-521.
2. United Nations Environment Programme/World Health Organization/International Radiation Protection Association. Electromagnetic fields (30Hz-300GHz). Geneva: World Health Organization: Environmental Health Criteria, 1993, 137.
3. Durney CH, Massoudi H, Iskander MF. Radiofrequency radiation dosimetry handbook. Brooks Air Force Base. Texas: U.S. Air Force School of Aerospace. Medical Division: Reg. No.SAM-TR 1985:65-73.
4. Tenforde TS. Interaction of ELF magnetic fields with living system. In: Pol K, Postov C, (eds.) Biological effects of electromagnetic fields. Boca Raton. Florida: CRC Press; 1996. p. 185-230.
5. Bracken MB, Belanger K, Hellenbrand K, Dlugosz L, Holford TR, McSharry JE, et al. Exposure to electromagnetic fields during pregnancy with emphasis on electrically heated beds: Association with birth weight and intrauterine growth. Epidemiol 1995; 6:263-70.
6. Linet MS, Hatch EE, Klinerman RA, Robinson LL, Kaune WT, Friedman DR, et al. Residential Exposure to magnetic fields and acute lymphoblastic leukemia in children. New Eng J Med 1997; 337:1-7.
7. Miller AB, ToT, Agnew DA, Wall C, Green LM. Leukemia following occupational exposure to 60Hz Electric and magnetic fields among Ontario electric utility workers. Am J Epidemiol 1996; 144:150-60.
8. Sahl J, Meze G. Occupational magnetic field exposure and cardiovascular mortality in a cohort of electric utility workers. Amer J Epidem 2002; 156:913-8.
9. Sheppard AR, Kavet R. Exposure guidelines for low-frequency electric and magnetic fields: Health Physics 2002; 83:324-32.
10. Lai H, Singh NP. Single- and double-strand DNA breaks in rat brain cells after acute exposure to radiofrequency electromagnetic radiation. Int J Radiat Biol 1996; 69:513-21.
11. Andreeva IL, Kozenjakin AL, Kiskin AA. A modification of method for the determination of lipid peroxides by the tiobarbituric acid tests. Lab Delo 1988; 11:41-3.
12. Ciriolo MR, Fiskin K, DeMartino A, Corasaniti MT, Misticco G, Rotilio G. Age-related changes in Cu, Zn superoxide dismutase, Se-dependent and - independent glutathione peroxidase and catalase activities in specific areas of rat brain. Mekan Agin Dev 1991; 61:287-97.
13. Selmaoui B. Magnetic fields and pineal function in humans: Evaluation of nocturnal acute exposure to extremely low frequency magnetic fields on serum melatonin and urinary 6-sulfatoxymelatonin circadian rhythms. Life Sci 1996; 58:1539-49.
14. Astumian RD, Weaver JC, Adair RK. Rectification and Signal Averaging of Weak Electric Fields by Biological Cells. PNAS 1995; 92:3740-3.
15. Koshland DE. Conformational changes: how small is big enough? Natl Med 1998; 4:1110-4.
16. Traystoman JR, Kirsch RJ, Koehler CR. Oxygen radical mechanism of brain injury following ischemia and reperfusion. J Appl Physiol 1991; 71:1185-95.
17. Serban MG, Nita V. Lipid peroxidation and change of plasma lipids in acute ischemic stroke. Rom J Intern Med 1994;32:51-6.

MEDICAL ASPECTS AND HARMFUL EFFECTS OF 50HZ ELECTROMAGNETIC FIELD ON BIOLOGICAL SYSTEMS

Dejan Krstic, Boris Djindjic, Gordana Kocic, Dejan Petkovic, Stojan Radic and Dusan Sokolovic

Exposure to electromagnetic field (EMF) with extremely low frequency (ELF) of 50Hz is very frequent nowadays. All frequency range of these fields are called electromagnetic smog.

The aim of this experimental investigation was determination of ELF EMP influence on animals behaviour, reproductive ability and oxidative stress as possible biological marker for EMP exposition.

Wistar rats 4 months old were divided in experimental (4 female and 6 male animal) and control group (4 female and 5 male). The experimental group was 45 days exposed to an electromagnetic field frequency 50Hz, magnetic induction $B=48\mu T$ and intensity of electric field of $E=50V/m$. Fertility is measured by number of newborn and biological effects were determined by observation of individual and collective behavior. Determination of increased oxidative stress was measured by quantity of malondialdehyde in brain homogenate.

Aggressive behavior and visible panic reaction, desorientation and anxiety were registered in experimental group. Increased oxidative stress was measured by significantly higher concentration of malondialdehyde in brain homogenate of experimental animals ($4,89\pm 0,65$ nmol/mg prot. vs. control $2,72\pm 0,42$ nmol/mg proteina, $p<0.01$). Impaired fertility was manifested through unsuccessful pregnancy of experimental animals.

Exposition to ELF EMF induces disorders of central nervous system functions, increasing oxidative stress and impaired reproductive functions. *Acta Medica Medianae 2003; 42(4): 1-5.*

Key words: electromagnetic field, lipid peroxidation, brain, behavior