

SUBJEKTIVNE SMETNJE RADNIKA
PROFESIONALNO IZLOŽENIH
MAGNETSKIM POLJIMA

J. Goldoni

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

(Primljeno 27. I. 1986)

U skupini od 60 radnika pogona elektrolize TLM Šibenik ispitano je postojanje subjektivnih smetnji koje se u literaturi pripisuju djelovanju magnetskih polja. Osim izložene, anketirana je i kontrolna skupina od 30 radnika pogona ljevaonice. Odgovori radnika dviju navedenih skupina uspoređeni su χ^2 -testom. Nisu nađene statistički značajne razlike u postojanju i učestalosti subjektivnih tegoba opisanih prilikom izlaganja jakim magnetskim poljima. Ustanovljene su, međutim, razlike u nekim drugim subjektivnim smetnjama vezanim vjerojatno uz ostale štetne faktore radne okoline — prašinu, plinove, toplinu te opasnost od ozljeda.

Prema izvorima magnetskih valova, magnetska polja se dijele na prirodna i umjetna.

Prirodna magnetska polja su unutrašnja i vanjska. Unutrašnja polja su stalno prisutna zbog djelovanja Zemlje kao magneta. Jačina struje koja protječe gornjom korom Zemlje je od 23 A/m oko ekvatora do 50 A/m na polovima (1). Za razliku od unutrašnjih, vanjska magnetska polja su mnogo varijabilnija po spektralnim i energetske karakteristikama (1, 2). Njihov izvor su solarna i atmosferska aktivnost. Solarna aktivnost se periodički mijenja u intervalima od po 11 godina, 27 dana pa i tokom jednog dana. Atmosferska aktivnost je vrlo intenzivna. Oko Zemljine površine odvija se simultano oko 2000 grmljavinskih oluja, a električna pražnjenja događaju se oko 160 puta u sekundi, uzrokujući pojavu struja i od 2×10^5 A na površini Zemlje. Nastala elektromagnetska polja imaju vrlo širok raspon frekvencija, i u trenutku električnog pražnjenja se šire kroz velike udaljenosti.

Umjetna magnetska polja nastaju protokom električne struje. Istosmjerna struja formira statička, a izmjenična promjenljiva magnetska polja.

Živi organizmi su adaptirani na prirodna magnetska polja — potpuna odsutnost magnetskih polja mijenja bioritam (3).

Magnetsko polje inducira električne struje unutar izloženog živog organizma. Za razliku od električnog polja koje se unutar tijela atenuira 10^5 — 10^7 puta, magnetsko polje u organizmu ima istu jakost kao izvor. Magnetski inducirane električne struje su vrtložne i ne provode se u zemlju. Njihova raspodjela unutar tijela ovisi o električnoj vodljivosti pojedinih tkiva. Jakost induciranih struja ne može se direktno mjeriti, već se izračunava prema mjerenjima na fantomima, u laboratorijskim uvjetima.

Inducirane električne struje djeluju na molekulskom nivou, mijenjajući koncentracije i raspodjele slobodnih iona u ekstracelularnoj tekućini, te strukturu biomolekula (4). Brojna istraživanja vršena su na malim laboratorijskim životinjama i na primatima, kako bi se ustanovile specifične promjene u organizmima nastale djelovanjem magnetskih polja. Rezultati ovih pokusa su kontroverzni. Istraživači su jedinstveni u tome da elektromagnetska polja izazivaju biološke učinke, ali se ne zna da li ti učinci predstavljaju stvarni rizik za nastanak bolesti. Do sada su u literaturi opisani biološki učinci električnih i magnetskih polja na različitim sustavima: kardiovaskularnom, hematopoetskom, endokrinom, senzornom, reproduktivnom. Također je opisano mutageno djelovanje, učinci na rast i razvoj te na ponašanje (5—7).

Problem ekstrapolacije rezultata bioloških pokusa na čovjeka još nije riješen. Utvrđeno je da razlike između vrsta znatno mijenjaju prag osjetljivosti na podražaj, jačinu fiziološkog odgovora, kao i stupanj adaptacije na djelovanje magnetskih polja (8). Stoga su epidemiološke studije najprikladniji izvor informacija o učincima magnetskih polja na čovjeka.

Do sada objavljena istraživanja s obzirom na profesionalnu i opću izloženost nisu odgovorila na pitanje da li djelovanje magnetskih polja predstavlja stvarni rizik za zdravlje. Zbog nedefinirane ekspozicije, kao i neadekvatne ili nepostojeće kontrolne skupine, zaključci ovih istraživanja su sporni (7).

Ispitivanja na dobrovoljcima u laboratorijskim uvjetima su, s obzirom na mogućnost točnog određivanja izloženosti i vođenja pokusa, zasad najobjektivniji oblik istraživanja, iako daju podatke samo o učincima kratkotrajnih, akutnih ekspozicija. U laboratorijskim uvjetima opisane su promjene ponašanja i vremena reakcije na podražaje (7).

ISPITANICI I METODE

Ispitano je ukupno 90 radnika TLM Šibenik, podijeljenih prema izloženosti magnetskim poljima u dvije skupine.

Izloženu skupinu čini 60 radnika pogona elektrolize aluminijskog, koji se tokom radnog vremena kreću unutar statičkog magnetskog polja formiranog oko elektroda. Jakosti struje koje se u TLM-u koriste prilikom elektrolize iznose oko 160 kA, što znači da je gustoća mag-

netske indukcije u neposrednoj blizini elektroda oko 1,6 mT. Gustoća snage magnetskog polja bolja je veličina za opis ekspozicije jer uzima u obzir i fluktuacije magnetskog polja ($\pm 20\%$), no instrumentacija potrebna za mjerenje gustoće snage nam u trenutku ovog ispitivanja nije bila dostupna.

Ukupno 30 radnika pogona ljevaonice aluminijske sačinjavalo je kontrolnu skupinu. Radnici obih skupina bili su uspoređivani po spolu, dobi, stručnoj spremi, duljini radnog staža te radnim i socijalno-ekonomskim uvjetima života.

Ispitivanje opisano u ovom radu odnosi se na postojanje subjektivnih smetnji koje se u literaturi pripisuju djelovanju magnetskih polja (7). U modificiranom ciljanom upitniku (9) su pitanja vezana za magnetizam bila uklopljena u niz općih pitanja o uvjetima života i rada, zdravstvenim tegobama vezanim uz rad, međuljudskim odnosima na radnom mjestu i sl. Odgovori dviju navedenih skupina su uspoređeni χ^2 -testom.

REZULTATI

Na tablicama 1–5 prikazani su oni rezultati kod kojih je utvrđena statistički značajna razlika između ispitivanih skupina.

U kontrolnoj skupini 56,7% radnika se često ili ponekad boji ozljeda na radu, dok 46,7% elektrolizera nikad ne pomišlja o mogućnosti ozljede (tablica 1).

Tablica 1.
Strah od ozljede na radnom mjestu

Grupa		Odgovori				
		Često	Ponekad	Vrlo rijetko	Nikad	
E	f	16	15	1	28	60
	%	26,7	25,0	1,6	46,7	100
LJ	f	9	8	7	6	30
	%	30,0	26,7	23,3	20,0	100

E = Elektroliza
LJ = Ljevaonica

$\chi^2 = 11,36$
P < 0,01

54,4% radnika elektrolize navodi nepovoljnu mikroklimu u pogonu kao glavni uzrok umora na radnom mjestu, dok 44,8% radnika ljevaonice najviše zamara smjenski rad (tablica 2).

Radno mjesto želi promijeniti 83,3% radnika elektrolize i 50% radnika ljevaonice (tablica 3).

Tablica 2.
Uzroci umora na radnom mjestu

Grupa		Odgovori					
		Plinovi, prašina, vrućina, propuh	Psihički napor	Fizički napor	Smjenski rad	Ostalo	
E	f	31	13	9	3	1	57
	%	54,4	22,8	15,8	5,3	1,7	100
LJ	f	11	2	3	13	0	29
	%	37,9	6,9	10,4	44,8	0	100

E = Elektroliza
LJ = Ljevaonica

$\chi^2 = 16,93$
P < 0,01

Tablica 3.
Želja za promjenom radnog mjesta

Grupa		Odgovori		
		Da	Ne	
E	f	50	10	60
	%	83,3	16,7	100
LJ	f	15	15	30
	%	50,0	50,0	100

E = Elektroliza
LJ = Ljevaonica

$\chi^2 = 9,24$
P < 0,01

U skupini radnika elektrolize 46,7% radnika želi promjenu radnog mjesta iz zdravstvenih, a 33,3% iz financijskih razloga. U pogonu ljevaonice zdravstvene razloge za promjenu radnog mjesta navodi 53,3% radnika, dok 40% ne želi novo radno mjesto (tablica 4).

51,7% elektrolizera smatra da su najveća opasnost u njihovom pogonu nesreće na radu, dok 43,3% radnika ljevaonice navodi da su toplina i propuh, zbog zdravstvenog učinka, najveća opasnost u ljevaonici (tablica 5).

RASPRAVA I ZAKLJUČAK

U literaturi su opisane različite subjektivne smetnje prilikom izlaganja magnetskim poljima: brzo zamaranje, neraspoloženje, nervoza, agresivnost, nesanicna (7, 9). Magnetsko polje nije moguće percipirati,

Tablica 4.
Razlozi promjene radnog mjesta

Grupa		Odgovori				
		Financijski	Zdravstveni	Smjenski rad	Ne želi	
E	f	20	28	1	11	60
	%	33,3	46,7	1,7	18,3	100
LJ	f	0	16	2	12	30
	%	0	53,3	6,7	40,0	100

E = Elektroliza
LJ = Ljevaonica

$\chi^2 = 11,88$
P < 0,01

Tablica 5.
Najčešće opasnosti na radnom mjestu

Grupa		Odgovori					
		Nesreće na radu	Pare, plinovi	Elektr. struja	Toplina, propuh	Ne razmišlja o tome	
E	f	31	13	9	3	4	60
	%	51,7	21,7	15,0	5,0	6,6	100
LJ	f	11	2	3	13	1	30
	%	36,7	6,7	10,0	43,3	3,3	100

E = Elektroliza
LJ = Ljevaonica

$\chi^2 = 17,11$
P < 0,01

no ovisno o jačini polja i individualnoj osjetljivosti javlja se nelagodnost zbog nalkostriješenosti dlačica na koži (inducirane električne struje na površini tijela uzrokuju vibraciju dlaka i tako podražuju kožne receptore). Neki autori opisuju i titranje slike pred očima, no bez objašnjenja o mogućem mehanizmu nastanka te pojave (7).

Postojanje i učestalost svih navedenih učinaka ispitali smo upitnikom. Ni za jedno ciljano pitanje nismo utvrdili značajne razlike u odgovorima ispitivanih skupina. Ustanovljene su, međutim, razlike u nekim drugim subjektivnim smetnjama, vezanim uz ostale štetne faktore radne okoline koji prekrivaju eventualni učinak magnetskih polja: prašinu, plinove, toplinu te opasnost od ozljeda.

Radnici pogona elektrolize navode nesreće na radu kao najveću opasnost na radnom mjestu (tablica 5), najviše strahuju od ozljeda

(tablica 1), te u većem postotku žele promjenu radnog mjesta (tablica 3. i 4). Rad u štetnoj mikroklimi (prašine, plinovi, propuh) po njihovom je mišljenju najčešći uzrok umora (tablica 2).

Radnici pogona ljevaonice smatraju da su zdravstveno najugroženiji djelovanjem vrlo nepovoljne toplinske okoline (tablica 5), a smjenski rad navode kao glavni uzrok umora na radnom mjestu (tablica 2). Stav ispitanih radnika obih skupina o djelovanju električne struje i elektromagnetskih polja na zdravlje nije značajno različit (tablica 5).

Interakcija magnetskih polja i ostalih štetnih faktora radne i životne sredine nije zasad poznata. Također je nepoznat odnos doza—učinak. Da bi se utvrdilo da li magnetska polja koja nastaju u procesu elektrolize aluminijske legirane vode imaju ikakve zdravstvene učinke na izložene radnike, trebalo bi obaviti laboratorijska ispitivanja. U strogo kontroliranim uvjetima, i uz gustoću snage magnetskog polja jednake onoj u pogonu, trebalo bi izvršiti detaljan, ciljani medicinski pregled i primjenom osjetljivih metoda utvrditi laboratorijski status potencijalno ugroženih organskih sustava. Samo tako vođenim ispitivanjem moguće je procijeniti da li uopće postoji i koliki je stvarni rizik za zdravlje radnika profesionalno izloženih magnetskim poljima.

Literatura

1. Benkova, N. P.: The magnetic field of the earth and its variation. U: Physical, mathematical, and biological problems of effects of electromagnetic fields and ionization of air. Nauka, Moskva 1975, str.13—24.
2. Aleksandrov, M. S., Baklenova, A. M., Gladstein, N. D., Ozerov, V. P., Potapov, A. V., Remizov, L. T.: Fluctuations of the earth's electromagnetic field. Nauka, Moskva 1972, str. 195.
3. Waver, R.: Influence of weak electromagnetic fields on the circadian periodicity of man. *Naturwissenschaften*, 55 (1968) 29.
4. Sheppard, A. R., Eisenbud, M.: Biologic effects of electric and magnetic fields of extremely low frequency. New York University Press, New York 1977.
5. Kaune, W. T., Gillis, M. F.: General properties of the interaction between animals and ELF electric fields. *Bioelectromagnetics*, 2 (1981) 1—11.
6. Repacholi, M. H.: Differentiation between biological effects and health hazards: scaling from animals. U: Biological effects and dosimetry of non-ionizing radiation. Ur. Grandolfo, M., Michaelson, S., Rindi, A., Plenum Press, New York 1983, str. 131.
7. World Health Organization: Extremely Low Frequency (ELF) Fields. Environmental Health Criteria, No. 35, Geneva 1984, 131.
8. Kaune, W. T., Phillips, R. D.: Comparison of the coupling of grounded humans, swine, and rats to vertical, 60-Hz electric fields. *Bioelectromagnetics*, 1 (1980) 117—130.
9. Vojvodić, I.: Djelovanje elektromagnetskog polja industrijske frekvencije na eksponirane radnike u elektromagnetskim postrojenjima i mjere zaštite. Magistarski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb 1984, str. 123.

Summary

SUBJECTIVE COMPLAINTS AMONG WORKERS
OCCUPATIONALLY EXPOSED TO MAGNETIC FIELDS

In a group of sixty workers from a plant for the electrolytic extraction of aluminium a questionnaire study was performed to find out the persistence of subjective complaints caused by strong magnetic fields. A control group of thirty workers was also interviewed. The answers were evaluated by χ^2 -test. No significant difference in the registered subjective complaints due to magnetic fields was established between the two groups. However, some other differences were observed which may have been connected with other harmful factors present in the working environment such as dust, gas, heat and risk of injury.

*Institute for Medical Research
and Occupational Health, Zagreb*

*Received for publication
January 27, 1986*