

UTICAJ TOTALNOG I LOKALNOG OZRACIVANJA
MIKROTALASIMA NA $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ I Mg^{++} ZAVISNU
ATP-AZNU AKTIVNOST SRCA I M. MASETERA
PACOVA

H. LONČAR-STEVAŃOVIĆ, S. SAVIĆ I V. JANKOVIĆ

*Institut za fiziologiju i Institut za medicinu rada, Medicinski fakultet,
Univerzitet u Beogradu, Beograd*

(Primljeno 8. VI 1981)

Ispitana je $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ kao i Mg^{++} zavisna ATP-azna aktivnost vrha srca, levog i desnog m. mesetera pacova izlaganih dejstvu mikrotalasnog zračenja.

Rezultati ukazuju na značajno povećanje $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ zavisnu ATP-aznu aktivnost ($P < 0,01$) ispitivanih tkiva za grupu pacova kojima je zračeno čitavo telo, i značajno smanjenje iste enzimske aktivnosti ($P < 0,001$) tkiva životinja kojima je zračeno desno oko.

Mg^{++} zavisna ATP-azna aktivnost srca i m. mesetera u grupi životinja čije je celo telo ozračivano nije značajno promenjena, a statistički je značajno smanjena ($P < 0,01$) u ispitivanim tkivima grupe pacova kojima je zračeno desno oko, testirana u odnosu na enzimsku aktivnost tkiva kontrolnih pacova.

Razvoj proizvodnje i upotrebe izvora mikrotalasnog zračenja u proizvodne svrhe (drumski, vazdušni, rečni i pomorski saobraćaj, radari i drugo) nameće pitanje da li ovo zračenje, i na koji način utiče na organizam ljudi koji rade u njihovoj blizini.

Principijelno postoji nekoliko mogućnosti. Jedna je da svi delovi ozračenog organizma mogu da registruju mikrotalasno zračenje, koje menja neke metaboličke procese utičući na aktivnost pojedinih enzima. Druga mogućnost je da su delovanju ovog zračenja podložni samo neki organi za percepciju (1, 2, 3).

Za razumevanje dejstva mikrotalasnog zračenja potrebno je utvrditi mesto njegovog delovanja i ustanoviti da li se promene lokalizuju samo u pojedinim strukturama, što bi moglo da posluži kao polazna osnova za razumevanje promena koje su opisane u literaturi, a manifestuju se razdražljivošću, neurastenijom, glavoboljom i poremećajem sna (4, 5, 6).

Podaci koji se sreću u literaturi uglavnom govore o kliničkim promenama na organizmu ozračenom mikrotalasima, ali je malo podataka o biohemijskim promenama u tkivima eksponovanim mikrotalasima.

Naša namera je bila da u ovom radu pratimo promene $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, kao i Mg^{++} zavisne ATP-azne aktivnosti u homogenatima tkiva srca i m. masetera pacova zračenih mikrotalasima. Naime, pošli smo od već utvrđenih činjenica da u ozračenom organizmu dolazi do promene praga na osetljive fiziološke stimuluse koji se primaju preko čula mirisa, sluha, oka i kožnih receptora, kao i promene krvnog pritiska i frekvence srca (11), koje su verovatno povezane s promenama prometa energije i elektrolita.

MATERIJAL I METODE

Trideset pacova, soja Wistar, ženskog pola, telesne mase oko 230 grama podeljeno je u tri grupe. Prva grupa životinja služila je za kontrolu.

Celo telo druge grupe pacova izlagano je dejstvu mikrotalasnog zračenja u polju emitira izlazne snage 200 W na rastojanju 1 metra od emitira. Izmerena snaga nehomogenog elektromagnetskog polja je 16–20 mW/cm^2 . Totalno ozračivanje trajalo je 15 minuta dnevno, pet dana nedeljno, a u toku 12 nedelja.

Treća grupa životinja podvrgnuta je lokalnom ozračivanju u predelu desnog oka korišćenjem fokalnog emitira, izlazne snage 24 W. Rastojanje između emitira i oka bilo je 1,5 centimetar, tako da je jačina elektromagnetskog polja bila 4,5–5 mW/cm^2 . Lokalno ozračivanje oka trajalo je 15 minuta dnevno, pet dana nedeljno, u toku 8 nedelja.

Kao izvor mikrotalasnog zračenja korišćen je generator mikrotalasa frekvence 2 450 MHz, talasne dužine 12,2 cm (Radiotherm 306, Siemens). Jačina elektromagnetskog polja merena je monitorom »Narda« model 81 003.

Pošto merenje temperature očne jabučice i rektuma nije pokazivalo povećanje temperature veće od 1 °C, doza zračenja pod gornjim eksperimentalnim uslovima aproksimativno je uzeta kao »netermička«.

Uzorci tkiva vrha srca, levog i desnog m. masetera uzimani su neposredno posle smrti životinje, odnosno posle žrtvovanja iskrvavljenjem u etarskoj narkozi.

Isitnjeno tkivo u tris. HCl (pH 7,5) je homogenizirano (ultra-turrax, typ 18/2, Janke und Kunkel) na 10 000 RPM u toku 15 sekundi. Aktivnost ATP-aze zavisne od $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, kao i Mg^{++} određivana je u homogenatu srca i m. masetera modifikovanom metodom po *Adolphu Abramsu* i *Portiusu Repkeu* (8). Homogenat tkiva inkubiran je 10 minuta na 38 °C u 1 ml rastvora koji sadrži 0,1 mmol tris. HCl (pH 7,5), 128 mmol NaCl, 4,8 mmol KCl, 5 mmol MgCl_2 i 5 mmol ATP. Reakcija je prekidana dodavanjem približno 5 ml destilovane vode i 1 ml 5N H_2SO_4 . Neorganski fosfor određivan je po *Chenu* (9), a belančevine po *Lowryju* (10).

Statistička značajnost razlike testirana je Studentovim t-testom.

REZULTATI

Vrednosti Na⁺ + K⁺ zavisne ATP-azne aktivnosti prikazane su na tablici 1. U ispitivanim tkivima grupe pacova kojima je ozračivano celo telo nađen je statistički značajan porast (P < 0,01) Na⁺ + K⁺ zavisne ATP-azne aktivnosti i u srcu i u levom i desnom m. maseteru.

Treba da se kaže da je aktivnost ATP-aze zavisne od jona natrijuma i kalijuma bila povećana, i to statistički značajno u homogenatu srca (P < 0,001) i m. masetera (P < 0,01) životinja kojima je ozračivano desno oko.

Tablica 1.

Na⁺ + K⁺ — ATP-azna aktivnost mišića pacova izlaganih totalnom i lokalnom ozračivanju mikrotalasima

Na ⁺ + K ⁺ — ATP-aza u μmol Pi/s/g/belanč.	Srcce	Desni m. maseter	Levi m. maseter
	$\bar{X} \pm SE$	$\bar{X} \pm SE$	$\bar{X} \pm SE$
Kontrolna grupa	0.73 ± 0.13	0.75 ± 0.03	0.73 ± 0.03
Grupa totalno ozračenih	0.89** ± 0.04	0.92* ± 0.06	0.95** ± 0.04
Grupa lokalno ozračenih	0.55*** ± 0.08	0.54** ± 0.09	0.58** ± 0.07

n = 10 * p < 0.05
 ** p < 0.01
 *** p < 0.001

Tablica 2.

Vrednost Mg⁺⁺ zavisne ATP-aze tkiva kontrolnih životinja i životinja eksponovanih mikrotalasima

Mg ⁺⁺ — ATP-aza u μmol Pi/s/g/bel.	Srcce	Desni m. maseter	Levi m. maseter
	$\bar{X} \pm SE$	$\bar{X} \pm SE$	$\bar{X} \pm SE$
Kontrolna grupa	0.86 ± 0.05	0.91 ± 0.05	0.90 ± 0.04
Grupa totalno ozračenih	0.94 ± 0.04	0.95 ± 0.06	0.93 ± 0.03
Grupa lokalno ozračenih	0.58*** ± 0.08	0.64** ± 0.18	0.54*** ± 0.06

n = 10 ** p < 0.01
 *** p < 0.001

ATP-azna aktivnost zavisna od Mg⁺⁺ ostaje nepromenjena u tkivima životinja koje su čitave ozračene, a smanjuje se, i to statistički značajno ($P < 0,001$) u ispitivanim tkivima (tablica 2) životinja čija je glava u predelu oka eksponovana mikrotalasnom zračenju.

DISKUSIJA

Gotovo pre dve decenije Frey (11, 12) je objavio da ljudi mogu registrovati elektromagnetsku energiju talasne dužine 10–70 cm srednje snage 0,4 do 2,1 mW/cm² i da su te senzacije najčešće vizuelnog karaktera.

Mnogi relevantni podaci o detekciji mikrotalasa su publikovani u USSR. Tako, mikrotalasno zračenje može da menja prag na osetljive fiziološke stimulanse koji se primaju preko čula sluha, oka, mirisa i kožnih receptora (1, 2, 3). Takođe su opisane promene u kardiovaskularnom sistemu, povećana razdražljivost, neurastenija, glavobolja i poremećaji sna (4, 5, 6, 7).

Kod osoba stalno eksponovanih mikrotalasnom zračenju, snage samo nekoliko mW/cm² Presman je našao katarakte (7). U eksperimentu na pacovima Savić (13) klinički nije registrovao zamućenje sočiva, a zaključuje da mikrotalasno zračenje može da deluje kao kofaktor u nastanku presenilne katarakte, budući da je u istim sočivima dobio promene fermentne aktivnosti.

Tako neka istraživanja potvrđuju i proširuju Frey-ovo zapažanje, dok im se druga suprotstavljaju negirajući promene na organizmu eksponovanom ovoj vrsti zračenja.

Rezultati ispitivanja Na⁺ + K⁺, kao i Mg⁺⁺ zavisne ATP-azne aktivnosti tkiva ukazuju da iradijacija mikrotalasima dovodi do promene enzimske aktivnosti u srcu i m. maseteru.

Većina autora iz SAD-a i drugih zemalja tvrdi da mikrotalasno zračenje čiji intenzitet nije veći od 10 mW/cm² ne izaziva značajnije promene u organizmu. Naši rezultati, a i rezultati mnogih drugih autora govore da osobe ili životinje izložene mikrotalasnom zračenju snage od nekoliko mW/cm² pokazuju izvesne promene u metabolizmu. Te promene se ogledaju između ostalog i u promeni aktivnosti ATP-aza koje učestvuju u obrazovanju bio-potencijala na membranama, odnosno u transportu kationa.

Iako je teško potpuno sagledati sve posledice koje mogu da nastanu usled promene aktivnosti ovih enzima, u ovom trenutku je značajno da se zaključi da naši rezultati otvaraju mogućnost da se ta promena iskorišti kao indikator za ocenjivanje reagovanja organizma na ovakva zračenja. Za ilustraciju ovakvog tvrđenja navodimo podatke o promeni ATP-aze zavisne od jona natrijuma i kalijuma koje su nastale pri totalnom ozračivanju pacova mikrotalasima 16 do 20 mW. Te promene su statistički značajne, dok se aktivnost ATP-aze zavisne od jona magnezijuma ne menja. Pri ozračivanju glave u predelu desnog oka slika je nešto druga-

čija. Aktivnost ispitivanih ATP-aza jako pada u tkivu srca, a nešto manje u levom i desnom m. maseteru, mada je i ovaj pad statistički značajan.

Svakako da je reč o mnogo složenijim i raznovrsnijim promenama od ovih koje smo mi pratili. Promene aktivnosti $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ kao i Mg^{++} zavisne ATP-aze ukazuju na uticaj ove vrste zračenja na organizam životinja, što nalaže i dalja istraživanja kako bi se reakcija organizma na dejstvo mikrotalasnog zračenja što potpunije rasvetlila. Ovo zbog toga što pitanje ima koliko teorijski toliko i praktični značaj, s obzirom na sve veći broj mogućnosti da ljudi i životinje budu izloženi ovakvim delovanjima.

Literatura

1. Kitsovakaya, I. A.: Biofizika, 2 (1957) 198.
2. Matzuov, N. I.: Bjull. Eksp. Biol. Med., 48 (1959) 816.
3. Grinbarg, A. G.: Kazan. Med. Zh., 40 (1959) 63.
4. Sadchikova, M. N.: Biological Action of UHF, Academy of Medical Sciences USSR, Moskva, 1960.
5. Sadchikova, M. N.: Industrial Hygiene and Occupational Diseases, 2 (1958) 18.
6. Presman, A. S.: Bjull. Eks. Biol. Med., 53 (1962) 39.
7. King, N. W.: Science, 172 (1971) 3981.
8. Colowick, S. P., Kaplan, N. O. eds.: Methods in Enzymology, Vol. 32, Academic Press, New York, 1974.
9. Chen, W. T.: Anal. Chem., 28 (1956) 1756.
10. Lowry, O. H.: J. Biol. Chem., 162 (1946) 421.
11. Frey, H. A.: Aerosp. Med., 32 (1961) 1140.
12. Frey, H. A.: J. Appl. Physiol., 17 (1962) 684.
13. Savić, S.: V simpozijum vazduhoplovne medicine, Zemun, 1980. (Zbornik — u štampi)

Summary

THE EFFECT OF TOTAL AND LOCAL IRRADIATION BY MICROWAVES ON $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ AND Mg^{++} — DEPENDENT ATP-ase ACTIVITY OF THE HEART AND MASSETER MUSCLE OF RATS

$\text{Na}^+ + \text{K}^+$ dependent ATP-ase activity of the apex of the heart and of the right and left masseter muscle of rats irradiated by microwaves was studied. The results indicate a significantly increased $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ -dependent ATP-ase activity for the group of rats whose bodies were totally irradiated and a significantly decreased activity in the tissues of animals whose right eye was irradiated.

The activity of Mg^{++} dependent ATP-ase of the heart and masseter muscle in the group of animals which were totally irradiated did not significantly change. There was, however, a significant decrease in enzyme activity in the studied tissues of rats with the irradiated right eye.

*Institute of Physiology and Institute
of Medical Research, Faculty of Medicine,
University of Beograd, Beograd*

*Received for publication
June 8, 1981*