

Grzegorz CIEŚLAR¹⁾, Mirosław KUNA³⁾, Paweł SOWA²⁾, Aleksander SIEROŃ¹⁾

¹⁾ Śląska Akademia Medyczna; Wydział Lekarski w Zabrze. Katedra i Klinika Chorób Wewnętrznych i Medycyny Fizykalnej

²⁾ Politechnika Śląska. Instytut Elektroenergetyki i Sterowania Układów

³⁾ G.B.P.B.P. PROJPRZEM-Gliwice S.A.

WPLYW STAŁEGO POLA ELEKTRYCZNEGO NA MORFOLOGIĘ KRWI U SZCZURÓW

Streszczenie. W pracy przedstawiono ocenę wpływu długotrwałej ekspozycji w polu elektrostatycznym o natężeniu (16÷48) kV/m na parametry morfologii krwi u zwierząt doświadczalnych. Wykazano, że prowadzona przez 8 dni codzienna, 8-godzinna ekspozycja szczurów w polu o wyższym natężeniu powoduje istotny statystycznie wzrost liczby erytrocytów, leukocytów i bazofilów oraz spadek liczby eozynofiliów we krwi, a także wzrost stężenia hemoglobiny i wartości hematokrytu. Uzyskane wyniki wskazują na możliwość pobudzenia procesów proliferacji komórek układu krwiotwórczego oraz powstawania reakcji stressowej lub stanu zapalnego pod wpływem oddziaływania pola elektrostatycznego.

THE INFLUENCE OF STATIC ELECTRIC FIELD ON MORPHOLOGY OF BLOOD IN RATS

Summary. In this paper the influence of long-term exposure to static electric field with intensity (16÷48) kV/m on morphology of blood in experimental animals was estimated. It was proved that everyday exposure of rats to electric field of higher intensity lasting 8 hours a day for 8 days results in a significant increase in erythrocytes, leukocytes and basophiles count and decrease in eosinophiles count, as well as in increase in blood haemoglobin concentration and hematocrite value. The results of presented study point to initiation of haemopoietic cells proliferation processes and stress reaction or inflammatory state under the influence of static electric field.

1. WPROWADZENIE

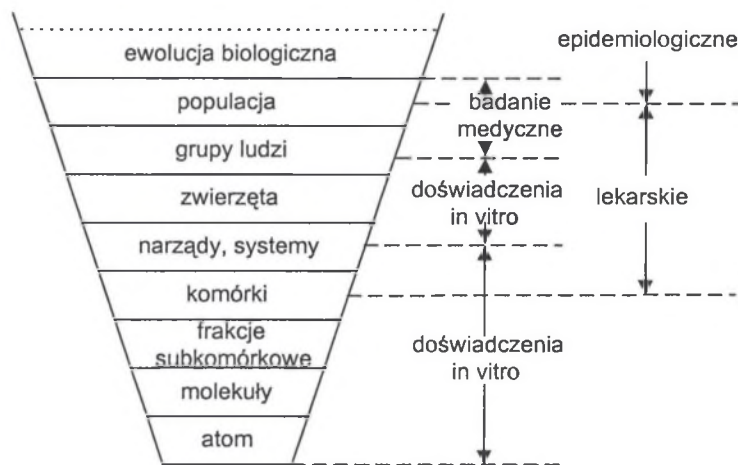
Intensywny rozwój elektroenergetyki w ostatnim 50-leciu spowodował szybki wzrost liczby urządzeń elektroenergetycznych generujących pola elektromagnetyczne. Pola

elektromagnetyczne występujące w środowisku mogą oddziaływać na różne jego elementy, w tym także na organizmy żywe. Mechanizmy tych oddziaływań zależą od wielu czynników, głównie od właściwości i parametrów fizycznych pola, takich jak:

- częstotliwość,
- natężenie pola elektrycznego,
- natężenie pola magnetycznego,
- rozkład pola w otoczeniu urządzeń elektroenergetycznych.

Rosnące z każdym rokiem zapotrzebowanie na energię elektryczną, związane z rozwojem przemysłu oraz coraz częstszym wykorzystywaniem urządzeń elektrycznych w gospodarstwach domowych, powoduje konieczność budowy nowych linii, a tym samym zagęszczenia pól elektromagnetycznych niskiej częstotliwości. W przyszłości planowana jest również budowa linii prądu stałego przebiegającej przez silnie zurbanizowane obszary Polski, która będzie generowała stałe pole magnetyczne i elektryczne o dużym natężeniu.

Badania nad mechanizmami i skutkami działania pola można prowadzić na różnych szczeblach organizacji biologicznej: od poziomu molekularnego, przez komórki i tkanki, całe organizmy, aż do populacji (rys.1). Na każdym szczeblu organizacji biologicznej inny jest cel przeprowadzonych badań, stosuje się odmienną metodykę badań, inny jest też sposób analizy i wnioskowania [9].



Rys. 1. Możliwości badania: mechanizmów działania, efektów biologicznych i ryzyka zdrowotnego, czynników środowiskowych i zawodowych na różnych szczeblach organizacji biologicznej

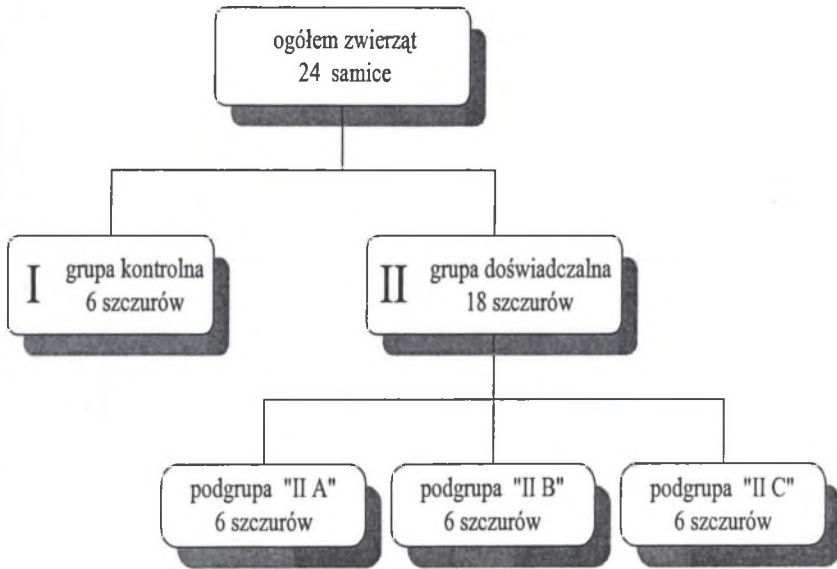
Fig. 1. Research potential: mechanisms of working, biological effects and health risk, environmental and professional factors on different biological organization level

Na temat oddziaływania pól elektromagnetycznych o częstotliwości przemysłowej na obiekty biologiczne i organizmy żywe opublikowano wiele prac [4,5,8]. Wyniki większości z nich potwierdzają powstawanie w organizmach żywych zarówno zmian fizjologicznych, jak i patologicznych (w tym także hematologicznych) powodowanych przez pole, co wskazuje na możliwość niebezpiecznego oddziaływania tych pól, prowadzącego między innymi do większej częstotliwości zachorowań na niektóre choroby u ludzi zamieszkujących lub pracujących w warunkach bezpośredniego oddziaływania pól elektromagnetycznych.

Natomiast badań dotyczących oddziaływania pól elektrycznych i magnetycznych generowanych przez linie prądu stałego jest dotychczas niewiele [1,2,7]. Z tego powodu, biorąc pod uwagę bezpieczeństwo wykorzystania projektowanych linii przesyłowych konieczne jest przeprowadzenie szeroko zakrojonych przedklinicznych badań eksperymentalnych na modelach zwierzęcych, a następnie badań epidemiologicznych i klinicznych, które pozwolą ustalić wpływ stałego pola elektrycznego o różnych natężeniach na organizmy żywe, w tym zwłaszcza organizm ludzki.

2. MATERIAŁ I METODYKA BADAŃ

Badaniami objęto 24 samice szczurów szczepu Wistar w wieku 4-5 tygodni. Zwierzęta podzielono losowo na grupę kontrolną I (6 sztuk) i grupę doświadczalną II (18 sztuk) (rys. 2).

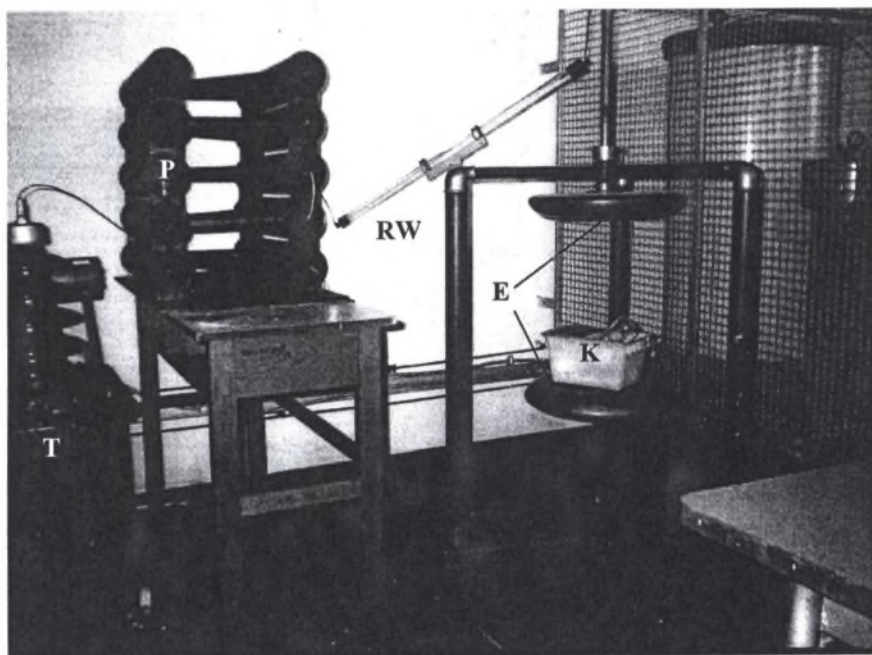


Rys. 2. Schemat poszczególnych grup zwierząt doświadczalnych
Fig. 2. Scheme of particular groups of experimental animals

Zwierzęta grupy doświadczalnej poddawano codziennej ekspozycji na działanie stałego pola elektrycznego o różnych wartościach natężenia pola elektrycznego od godziny 8⁰⁰ do 16⁰⁰ (8 godzin dziennie) przez 8 dni. Szczury z podgrupy II A poddawano ekspozycji w polu elektrostatycznym o natężeniu 16 kV/m, szczury z podgrupy IIB w polu elektrostatycznym o natężeniu 32 kV/m, natomiast zwierzęta z podgrupy IIC w polu o natężeniu 48 kV/m. Zwierzęta z grupy kontrolnej I poddawano ekspozycji pozorowanej, w trakcie której pomiędzy elektrodami układu generującego nie wytwarzano pola elektrycznego. W trakcie badań zwierzęta przebywały w jednakowych warunkach środowiskowych (stała temperatura 21°C i wilgotność oraz 12-godzinny cykl oświetlenia). Karmione były standardową paszą granulowaną typu Murigran (Motycz, Polska) i otrzymywały wodę ad libitum.

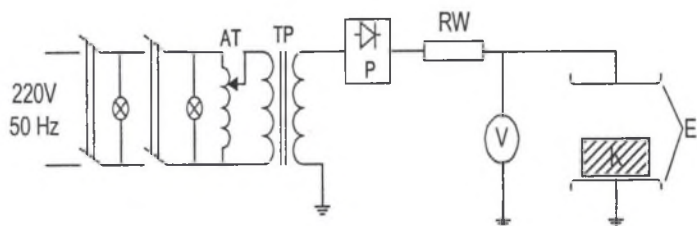
3. APARATURA GENERUJĄCA STAŁE POLE ELEKTRYCZNE

Zwierzęta eksponowane były w stałym polu elektrycznym wytwarzanym w układzie przedstawionym na rys. 3 i 4.



Rys. 3. Zdjęcie stanowiska doświadczalnego

Fig. 3. Picture of research place



Rys. 4. Schemat stanowiska doświadczalnego

Fig. 4. Scheme of research place

AT – autotransformator, TP – transformator wysokiego napięcia 220 V/60 000 V,
 P – prostownik kaskadowy, RW – opornik wodny, E – elektrody, K – klatka,
 V – kilowoltmierz magnetostatyczny typu C196

Sposób ekspozycji zwierząt doświadczalnych przedstawiono na rys. 5. Zwierzęta eksponowane były w polu elektrycznym po 6 sztuk równocześnie w plastikowych klatkach o wymiarach (20×30) cm. Elektrody o kształcie okrągłym, z brzegami odpowiednio profilowanymi w celu niedopuszczenia do wyładowań ostrzowych na krawędziach, oddalone były od siebie o 50 cm.



Rys. 5. Sposób ekspozycji zwierząt doświadczalnych
Fig. 5. Exposure of experimental animals

4. METODYKA BADAŃ LABORATORYJNYCH

W trakcie cyklu ekspozycji obserwacji poddawano zachowanie się zwierząt, a także ewentualne występowanie zaburzeń motoryki jelit oraz przyjmowania pokarmów lub płynów. Przed rozpoczęciem cyklu ekspozycji oraz po jego zakończeniu u zwierząt pobierano z żyły ogonowej krew na antykoagulant (heparyna w typowych dawkach). Po zakończeniu cyklu ekspozycji szczury usypiano w typowej narkozie eterowej, otwierano klatkę piersiową i worek osierdziowy, nakłuwano prawą komorę serca i pobierano krew (5-7) ml doprowadzając do całkowitego skrwawienia zwierząt. Następnie przeprowadzono badanie sekcyjne z oceną makroskopową podstawowych narządów.

W uzyskanej krwi oznaczano rutynowymi metodami laboratoryjnymi następujące parametry morfologiczne:

- WBC – liczba leukocytów w G/l
- RBC – liczba erytrocytów w T/l
- HGB – stężenie hemoglobiny w g/dl
- HCT – hematokryt w %
- MCV – średnia objętość krwinki czerwonej w fl
- MCH – średni ciężar hemoglobiny w krwince czerwonej w pg

- MCHC – średnie stężenie hemoglobiny w krwince czerwonej w g/dl
- RDW – rozkład erytrocytów we krwi w %
- PLT – liczba płytek krwi w M/l
- MPV – średnia objętość płytek krwi w fl
- PCT – wskaźnik płytkowy w %
- PDW – rozkład płytek we krwi w %
- LYM – udział limfocytów w rozmazie krwi w %
- MON – udział monocytów w rozmazie krwi w %
- NEU – udział granulocytów w rozmazie krwi w %
- EOS – udział eozynofiliów w rozmazie krwi w %
- BAS – udział bazofiliów w rozmazie krwi w %

Wyniki w poszczególnych grupach i podgrupach przedstawiono w postaci wartości średnich \pm odchylenie standardowe, a następnie poddano analizie statystycznej za pomocą testu ANOVA oraz testu t-Studenta

5. WYNIKI BADAŃ

W trakcie cyklu ekspozycji w żadnej z grup badanych zwierząt nie obserwowano zaburzeń zachowania i łaknienia ani nieprawidłowości ze strony przewodu pokarmowego. U zwierząt poddanych ekspozycji w stałym polu elektrycznym nie stwierdzono również istotnych patologii w badaniach sekcyjnych.

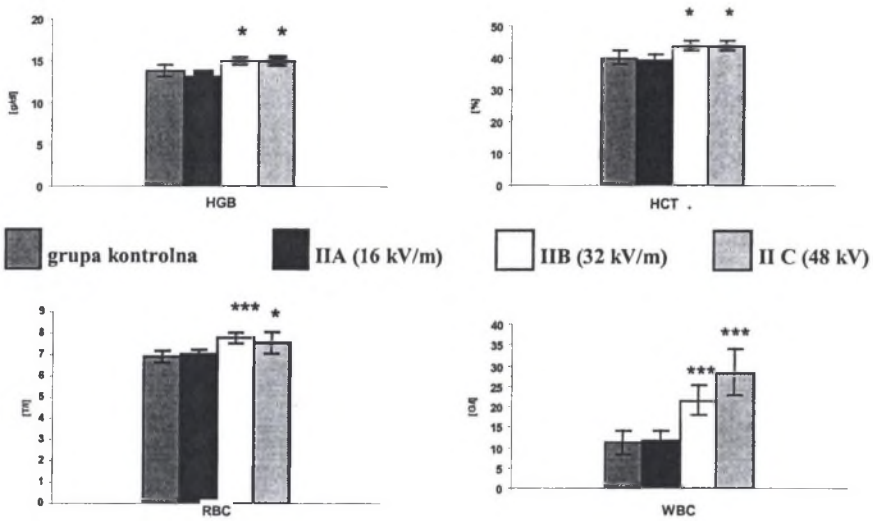
W badaniach morfologii krwi przeprowadzonych przed cyklem ekspozycji w stałym polu elektrycznym nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic wartości średnich poszczególnych parametrów pomiędzy szczurami z grupy kontrolnej I oraz szczurami z podgrup doświadczalnych IIA, IIB i IIC. Wartości poszczególnych parametrów mieściły się w granicach norm fizjologicznych. Wyniki badań morfologii krwi po zakończeniu cyklu ekspozycji w grupie kontrolnej I oraz w podgrupach doświadczalnych IIA, IIB, IIC przedstawiono na rys. 6-9 i w tabelach 1-4.

U szczurów eksponowanych w stałym polu elektrycznym o natężeniu 16 kV/m po zakończeniu cyklu ekspozycji nie obserwowano istotnych statystycznie różnic wartości poszczególnych parametrów morfologii krwi w stosunku do grupy kontrolnej.

Natomiast u szczurów eksponowanych w polu o wyższych wartościach natężenia pola elektrycznego: 32 kV/m i 48 kV/m stwierdzono nieznaczny, chociaż znamieny statystycznie wzrost ilości erytrocytów we krwi (odpowiednio $p < 0,001$ i $p < 0,05$), a także wzrost stężenia hemoglobiny i wartości hematokrytu ($p < 0,05$) (rys. 6).

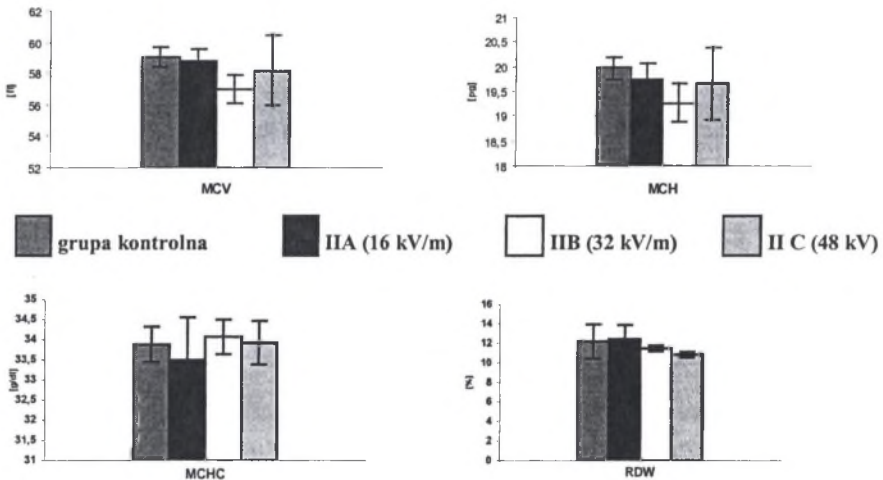
Ponadto w obu tych grupach obserwowano znamieny statystycznie wzrost ilości leukocytów we krwi ($p < 0,001$) (rys. 6) - wyraźny zwłaszcza w podgrupie IIC eksponowanej w polu o najwyższym natężeniu pola - oraz udziału bazofiliów w rozmazie krwi obwodowej (odpowiednio $p < 0,01$ i $p < 0,05$) (rys. 9). W obu podgrupach doświadczalnych stwierdzono także znamieny wzrost udziału eozynofiliów w rozmazie krwi obwodowej ($p < 0,001$) (rys. 9).

Wartości pozostałych parametrów morfologii krwi w obu tych podgrupach doświadczalnych nie różniły się znamienie w stosunku do odpowiednich wartości w grupie kontrolnej (rys. 7 i 8).



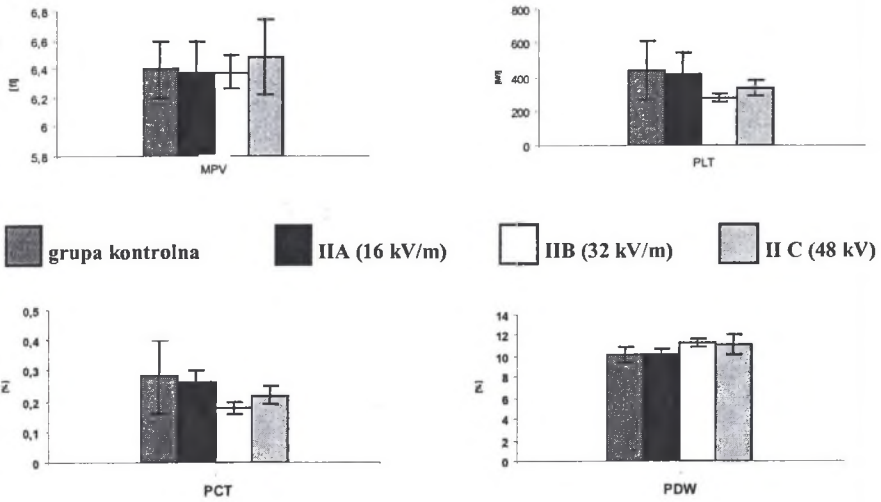
Rys. 6. Średnie wartości podstawowych parametrów morfologii w krwi w grupie kontrolnej I oraz w podgrupach doświadczalnych IIA, IIB, IIC po zakończeniu cyklu ekspozycji w stałym polu elektrycznym z oceną statystyczną (| - odchylenie standardowe) * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

Fig. 6. Mean values of basal morphological parameters of blood in control group I and in subgroups IIA, IIB, IIC after the end of a cycle of exposures to static electric field with statistical evaluation (| - standard deviation) * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$



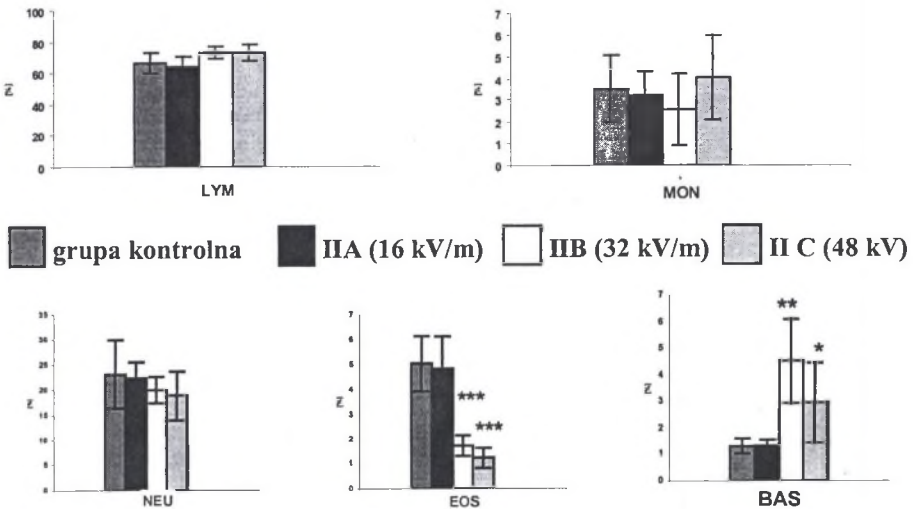
Rys. 7. Średnie wartości wskaźników erytrocytowych w krwi w grupie kontrolnej I oraz w podgrupach doświadczalnych IIA, IIB, IIC po zakończeniu cyklu ekspozycji w stałym polu elektrycznym z oceną statystyczną (| - odchylenie standardowe) – brak znamienności statystycznej

Fig. 7. Mean values of erythrocyte indexes in control group I and in subgroups IIA, IIB, IIC after the end of a cycle of exposures to static electric field with statistical evaluation (| - standard deviation) – no statistical significance



Rys. 8. Średnie wartości wskaźników płytkowych w krwi w grupie kontrolnej I oraz w podgrupach doświadczalnych IIA, IIB, IIC po zakończeniu cyklu ekspozycji w stałym polu elektrycznym z oceną statystyczną (| - odchylenie standardowe) - brak znamienności statystycznej

Fig. 8. Mean values of thrombocyte indexes in control group I and in subgroups IIA, IIB, IIC after the end of a cycle of exposures to static electric field with statistical evaluation (| - standard deviation) - no statistical significance



Rys. 9. Średnie wartości udziału poszczególnych komórek w rozmazie krwi obwodowej w grupie kontrolnej I oraz w podgrupach doświadczalnych IIA, IIB, IIC po zakończeniu cyklu ekspozycji w stałym polu elektrycznym z oceną statystyczną (| - odchylenie standardowe) *p<0,05, **p<0,01, ***p<0,001

Fig. 9. Mean percentage participation of particular cells in blood smear in control group I and in subgroups IIA, IIB, IIC after the end of a cycle of exposures to static electric field with statistical evaluation (| - standard deviation) *p<0,05, **p<0,01, ***p<0,001

Tabela 1

Wartości parametrów morfologii krwi u poszczególnych szczurów z grupy kontrolnej I wraz z wartościami średnimi i odchyleniami standardowymi dla całej grupy

Parametr	Zwierzę						Wartość średnia	Odchylenie standardowe
	1	2	3	4	5	6		
<i>WBC</i>	8,7	13	11,6	15,3	7,1	11,3	11,17	2,94
RBC	7,05	6,44	7,16	6,75	7,01	7,08	6,92	0,27
HGB	13,9	12,7	14,4	13,4	14	14,4	13,80	0,65
HCT	41,6	38	41,9	36,9	41,3	41,9	40,27	2,22
MCV	59	59	58	59	59	60	59,00	0,63
MCH	19,8	19,8	20,1	19,8	20	20,3	19,97	0,21
MCHC	33,5	33,5	34,4	33,5	34	34,4	33,88	0,44
RDW	11,1	15,7	11,8	11,8	11,5	11,4	12,22	1,73
PLT	361	758	279	484	431	309	437,00	174,59
MPV	6,2	6,5	6,3	6,7	6,2	6,5	6,40	0,20
PCT	0,223	0,49	0,175	0,325	0,266	0,202	0,28	0,12
PDW	9,5	10	10	11	9,5	11	10,17	0,68
LYM	56,2	70,5	72,5	69,3	62,6	70,5	66,93	6,26
MON	2,5	5,5	2,8	5,3	1,9	3,2	3,53	1,51
NEU	34,8	16,7	19,9	19,3	27,9	20,3	23,15	6,83
EOS	5,6	6,0	3,6	4,4	6,4	4,3	5,05	1,11
BAS	0,9	1,3	1,1	1,6	1,2	1,7	1,30	0,30

6. OMÓWIENIE WYNIKÓW I WNIOSKI

Badaniami klinicznymi i sekcyjnymi nie stwierdza się jakichkolwiek zmian wywołanych oddziaływaniem pola elektrostatycznego o wartościach 16 kV/m, 32 kV/m i 48 kV/m u zwierząt w podgrupach doświadczalnych.

Przeprowadzona analiza uzyskanych wyników wykazała, że stałe pole elektryczne może modyfikować obraz morfologii krwi szczurów poddanych długotrwałej ekspozycji na działanie tego pola, przy czym stopień modyfikacji parametrów morfologicznych jest zależny od wartości natężenia pola elektrycznego.

Uzyskane pod wpływem ośmiiodniowej ekspozycji w polu o wyższych wartościach natężenia zmiany parametrów morfologicznych pod postacią wzrostu ilości erytrocytów i leukocytów oraz zwiększonego udziału bazofilów w rozmazie krwi obwodowej, a także zwiększonego stężenia hemoglobiny i wtórnie wyższych wartości hematokrytu przemawiać mogą za pobudzeniem procesu proliferacji komórkowej podstawowych linii komórkowych układu krwiotwórczego, co potencjalnie może wiązać się ze zwiększonym ryzykiem onkologicznym dla obiektów biologicznych przebywających w warunkach oddziaływania pola elektrycznego.

Jednocześnie obserwowane w badaniu zmiany hematologiczne pod postacią wzrostu ilości leukocytów ze zwiększonym udziałem bazofilów oraz zmniejszonym udziałem

eozynofiłów w rozmazie krwi obwodowej występują także często w przebiegu reakcji stressowej (związanej ze wzrostem wydzielania adrenaliny i hormonów kory nadnerczy) obserwowanej często w stanach pobudzenia psychicznego i znacznego wysiłku fizycznego, a także w przypadku oddziaływania na organizm wielu niespecyficznych stressorów, w tym również czynników fizycznych, takich jak hipertermia, promieniowanie jonizujące i uraz mechaniczny [3,6].

Tabela 2

Wartości parametrów morfologii krwi u poszczególnych szczurów z podgrupy doświadczalnej IIA wraz z wartościami średnimi i odchyleniami standardowymi dla całej grupy

Parametr	Zwierzę						Wartość średnia	Odchylenie standardowe
	1	2	3	4	5	6		
<i>WBC</i>	9,1	15,2	11,3	13,5	8,7	11,2	11,50	2,51
RBC	7,2	7,1	6,78	7,01	6,85	7,3	7,04	0,20
HGB	13,1	12,9	13,2	12,8	13,8	12,9	13,12	0,37
HCT	39,5	41,2	36,5	39,4	40,2	40,1	39,48	1,60
MCV	59	59	58	60	59	58	58,83	0,75
MCH	19,6	19,4	19,4	20	20,2	19,9	19,75	0,33
MCHC	35,1	33,2	34,1	32,1	32,8	33,7	33,50	1,05
RDW	13,2	12,4	14,7	11,4	12,4	10,5	12,43	1,45
PLT	340	651	320	458	402	354	420,83	123,19
MPV	6,1	6,4	6,7	6,5	6,2	6,3	6,37	0,22
PCT	0,223	0,321	0,258	0,247	0,269	0,214	0,26	0,04
PDW	10,4	10,1	11	9,8	10,1	9,9	10,22	0,44
<i>LYM</i>	60	55	69,5	72,4	65,4	59,7	63,67	6,60
MON	2,7	2,8	3,4	5,4	2,4	2,7	3,23	1,11
NEU	27,1	18,4	20,1	22	23,1	24,3	22,50	3,08
EOS	5,9	4,8	3,1	5,6	6,2	3,5	4,85	1,29
BAS	1	1,1	1,5	1,4	1,3	1,6	1,32	0,23

Z kolei uwzględniając fakt, że podobny obraz morfologii krwi charakteryzuje także odpowiedź ustroju na infekcje i procesy zapalne toczące się w różnych tkankach, nie można wykluczyć, że ekspozycja w stałym polu elektrycznym może powodować powstawanie w organizmie procesów zapalnych, mogących prowadzić do uszkodzenia tkanek [3,6].

Występowanie u szczurów pod wpływem stałego pola elektrycznego zmian w obrazie morfologicznym krwi zależnych od natężenia stosowanego pola przemawia za koniecznością przeprowadzenia dalszych szczegółowych badań w tym zakresie, celem jednoznacznego wyjaśnienia mechanizmu interakcji pomiędzy polem elektrostatycznym i żywym organizmem oraz ostatecznego rozstrzygnięcia hematologicznego aspektu szkodliwości stałych pól elektrycznych.

Tabela 3

Wartości parametrów morfologii krwi u poszczególnych szczurów z podgrupy doświadczalnej IIB wraz z wartościami średnimi i odchyleniami standardowymi dla całej grupy

Parametr	Zwierzę						Wartość średnia	Odchylenie standardowe
	1	2	3	4	5	6		
<i>WBC</i>	25,1	16,3	23,9	18,3	21,9	24,3	21,63	3,57
RBC	7,67	7,42	7,9	7,95	8,13	7,74	7,80	0,25
HGB	14,4	14,6	15	15,6	15,8	14,7	15,02	0,57
HCT	42,9	42,2	44,5	45,6	45,9	43,2	44,05	1,52
MCV	56	57	56	58	58	57	57,00	0,84
MCH	18,8	19,7	19	19,6	19,5	19	19,27	0,38
MCHC	33,6	34,6	33,6	34,1	34,5	34	34,07	0,43
RDW	11,3	11,1	11,6	11,9	11,5	11,7	11,52	0,29
PLT	253	244	309	271	276	303	276,00	26,06
MPV	6,4	6,3	6,5	6,2	6,4	6,5	6,38	0,12
PCT	0,162	0,154	0,201	0,168	0,176	0,198	0,18	0,02
PDW	11,8	11	11,8	11	11,3	11,3	11,37	0,36
LYM	68,3	71,1	73,3	78,3	73,8	74,4	73,20	3,35
MON	3,1	4,4	2,8	4,1	0,9	0,2	2,58	1,70
NEU	23,9	22	19,6	16	19,6	19,1	20,03	2,70
EOS	1,6	2,5	1,2	1,5	1,6	1,9	1,72	0,44
BAS	3	6,8	2,9	6,1	4,1	4,3	4,53	1,60

Tabela 4

Wartości parametrów morfologii krwi u poszczególnych szczurów z podgrupy doświadczalnej IIC wraz z wartościami średnimi i odchyleniami standardowymi dla całej grupy

Parametr	Zwierzę						Wartość średnia	Odchylenie standardowe
	1	2	3	4	5	6		
<i>WBC</i>	26,1	21,8	23,5	32,8	30,4	36,6	28,53	5,72
RBC	7,89	7,26	7,29	7,82	6,94	8,28	7,58	0,50
HGB	15,2	14,4	14,7	15,3	14,4	15,4	14,90	0,46
HCT	45,5	42,6	43,6	45,5	41,9	44,5	43,93	1,50
MCV	58	59	60	58	60	54	58,17	2,23
MCH	19,2	19,8	20,1	19,5	20,8	18,7	19,68	0,73
MCHC	33,3	33,9	33,7	33,5	34,4	34,7	33,92	0,54
RDW	10,7	11,4	10,7	11	10,7	10,8	10,88	0,28

cd. tabeli 4

PLT	280	307	317	419	340	347	335,00	47,66
MPV	6,4	6,3	6,3	6,3	6,9	6,7	6,48	0,26
PCT	0,179	0,192	0,2	0,265	0,233	0,231	0,22	0,03
PDW	11	10,5	10,3	10,5	12,5	12	11,13	0,91
LYM	68,5	78	72,4	65,1	74,7	78	72,78	5,21
MON	5,9	2,9	5,4	0,7	4,4	4,9	4,03	1,93
NEU	21,6	15	19,3	26,9	17,2	13,6	18,93	4,85
EOS	0,9	0,7	1,2	1,5	1,2	1,8	1,22	0,40
BAS	3	3,2	1,6	5,7	2,6	1,6	2,95	1,51

BIBLIOGRAFIA

1. Cieślak G., Sieroń A., Sowa P.: *The effects of electric and magnetic fields of HVDC and HVCA transmission systems on human body*. W: *Memorias de las V Jornadas Latinoamericanas y II Iberoamericanas en Alta Tensión y Aislamiento Eléctrico* (Ed. Vilaragut Llanes M.), Editorial Universitaria. Havana 2001. pp. 72-79.
2. Gonet B.: *Oddziaływanie stałego pola magnetycznego na organizmy żywe*. Pomorska Akademia Medyczna w Szczecinie, Szczecin 1991.
3. Ławkowicz W., Krzemińska-Ławkowicz J.: *Kliniczna diagnostyka różnicowa w hematologii*. PZWL, Warszawa 1982.
4. Mikołajczyk H., Kameduła M.: *Porównawcza ocena działania biologicznego stałych, wolnozmiennych i szybkozmiennych pól elektromagnetycznych*. Instytut Medycyny Pracy, Łódź 1989.
5. *Narażenia na pola elektromagnetyczne*. Materiały IV Konferencji „Ocena narażenia zawodowego na pola elektromagnetyczne i ich efektów biologicznych”. Instytut Medycyny Pracy, Łódź 1983.
6. Pawelski S., Maj S.: *Normy i kliniczna interpretacja badań diagnostycznych w medycynie wewnętrznej*. PZWL, Warszawa 1981.
7. Pluta W.: *Oddziaływanie linii wysokiego napięcia prądu stałego na środowisko*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1994.
8. *Pola Elektromagnetyczne 50 Hz a Energia i Środowisko*. Materiały konferencyjne IV Ogólnopolskiej Konferencji Naukowo-Technicznej, Szczyrk 1998.
9. *Wpływ Fal Elektromagnetycznych na Organizmy Żywe*. Materiały konferencyjne. Poligraf, Zakopane 1993.

Wpłynęło do Redakcji dnia 2 września 2003 r.

Recenzent: Prof. zw. dr hab. inż. Junusz Paluszak