

УДК: 616-001.2-001.18-092.9:577.12

БІОХІМІЧНІ МЕХАНІЗМИ СПОЛУЧЕНОГО ВПЛИВУ НА ОРГАНІЗМ ТВАРИН ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ТА ПОЗИТИВНОЇ НИЗЬКОЇ ТЕМПЕРАТУРИ

Літовченко О. Л., Перцев Д. П., Завгородній І. В.,
Мігельова Т. Ю., Чеховська І. М., Абрамова Л. П.,
Векшин В. О.

Харківський національний медичний університет,
E-mail: hygiene_ecology2@rambler.ru

У статті подано характеристику біохімічних механізмів несприятливої дії електромагнітного випромінювання (ЕМВ) у сполученні з позитивною низькою температурою, порівняно з ізольованою дією ЕМВ на лабораторні тварини. З'ясовано, що вплив ЕМВ призводить до гематологічних змін, порушення функціонального стану нирок, явищ оксидативного стресу. Під час впливу ЕМВ в умовах холодного стресу на лабораторні тварини має місце посилення вище вказаної дії.

Ключові слова: електромагнітне випромінювання, позитивна низька температура, сполучена дія чинників, біохімічні критерії.

Останнім часом науково-технічний прогрес сприяє істотним змінам довкілля. Людина наполегливо прагне якісніших умов побуту та праці, що потребують використання різноманітних технічних засобів. Практично кожний побутовий або промисловий електричний пристрій має той чи інший рівень електромагнітного випромінювання (ЕМВ). На сьогодні, навіть часто використовується поняття так званого "електромагнітного смогу" за рахунок випромінювання станцій стільникового зв'язку, телевізійних і радіостанцій, мобільних телефонів, Wi-Fi-роутерів тощо, у зоні дії яких людина знаходиться не тільки на виробництві, а також у місті та вдома. Так, джерела ЕМВ численні, їхня інтенсивність постійно зростає, урбанізація призводить до посилення напруженості ЕМВ, вплив якого на здоров'я стає різнобічним [1-2]. Але зрозуміло, що людина не перебуває виключно під електромагнітним випромінюванням, його дія може підсилюватися іншими фізичними чинниками, найпоширенішими серед яких вважаємо позитивні низькі температури. Однак, на сьогодні недостатньо вивчені біохімічні механізми сполученого впливу на організм ЕМВ та холоду, тому й досі ця проблема сучасної медицини є актуальною [3-6]. У зв'язку із цим важливе значення має визначення характеру впливу, а також ступінь шкідливості фізичних чинників довкілля.

Мета дослідження

Встановлення патогномонічних критеріїв і біохімічних механізмів несприятливого впливу ЕМВ на організми лабораторних тварин в умовах холодного стресу.

Матеріали та методи дослідження

Лабораторний підгострий експеримент протягом 1 місяця проводився на статевозрілих білих щурах-самцях лінії WAG вагою 190-220 г. після проходження ними 14 - денного карантину. Тварини були розподілені на 4 групи по 10 тварин у кожній. Тварини 1-ї групи піддавалися ізольованій дії електромагнітного випромінювання (частота 70 кГц, напруга 600 В/м) при комфортній температурі повітря $25 \pm 2^\circ\text{C}$. Тварини 2-ї групи піддавалися сполученій дії ЕМВ і зниженої температури $4 \pm 2^\circ\text{C}$. Тварини 3-ї групи служили контролем відносно 1-ї групи, а тварини 4-ї групи - відносно 2-ї, при температурі повітря $25 \pm 2^\circ\text{C}$. Експозиції проводилися 5 разів на тиждень (протягом 4 годин щодоби). Експерименти проводилися у 200-літрової затравочної камері загального призначення, додатково обладнаній комірками для ізольованого вільного розміщення тварин, яка оснащена термоелектричним охолоджувальним пристроєм типу повітря-повітря (модель 180-24-AA) інженерно-виробничої фірми "Кріотерм" (Санкт-Петербург, Росія), що забезпечує охолодження повітряного середовища в діапазоні температур $4^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$. До камери був підключений генератор сигналів низької частоти (ГЗ-109) з системою опромінювання, що є собою плоско-паралельний конденсатор, утворений двома металевими пластинами 35x45 см. Робоча частота в плоско-паралельному конденсаторі - 70 кГц; форма сигналу - безперервна синусоїда; напруженість електричної складової електромагнітного поля в робочому об'ємі конденсатора - 600 В/м (патент на корисну модель № 83559 "Затравочна камера") [7]. З метою виявлення змін біохімічних показників, що вивчалися, під час експериментів проводився забір крові на етапі 5, 15, 30 днів та забір сечі на етапі 15, 30 днів у динаміці.

У якості біоматеріалу було використано сироватку крові та сечу тварин. У ній визначали вміст продуктів перекисного окислення ліпідів (ПОЛ) (малонового діальдегіду (МДА), дієнових кон'югатів (ДК)), стан ферментативної ланки антиоксидантної системи (активність каталази, вміст SH-груп, супероксиддисмутази, церелоплазміна); ліпідний спектр - за показниками рівня холестерину, ліпопротеїдів високої щільності (ЛПВЩ), ліпопротеїдів низької щільності (ЛПНЩ), ліпопротеїдів дуже низької щільності (ЛПДНЩ), тригліцеридів, визначали індекс атерогенності; були проведені печінкові проби (вміст сечовини, лужної фосфатази, кислої фосфатази); мікроелементний спектр (рівень хлоридів, кальцію, магнію, фосфору); а також визначали рівень загального білка та глюкози. Функціональний стан нирок вивчався за вмістом у сечі креатиніна, холінестерази, сечовини, сечової кислоти, хлоридів, калію, натрію, кальцію, фосфору та глюкози. Показники визначалися за допомогою комерційних тест-систем фірми Філісит-Діагностика (Україна) і ТОВ "СпайнЛаб" (Україна) на біохімічному аналізаторі "Labline-80" (Австрія) згідно

з доданими до тест-систем інструкціями. Статистичну вірогідність визначали за методом Фішера-Стьюдента.

Результати досліджень, обговорення

Встановлено, що в експериментальних умовах ізольований вплив ЕМВ на лабораторні тварини супроводжувався рядом біохімічних змін. Так вміст продуктів перекисного окислення ліпідів у сироватці крові суттєво не змінювався, але рівень МДА мав тенденцію до підвищення протягом всього експерименту.

Стан ферментативної ланки антиоксидантної системи характеризувався змінами активності каталази: на 5 добу спостерігалось зниження до $4,32 \pm 0,37$ кат/л, на 15 добу, яке посилювалося до $2,86 \pm 0,24$ кат/л і не відновлювалося навіть на 30 добу $2,89 \pm 0,34$ кат/л ($p < 0,05$).

У ліпідному спектрі було виявлено вірогідне підвищення ЛПНЩ до $0,82 \pm 0,1$ ммоль/л на 5 добу, яке зростало протягом усього часу спостереження і на 30 добу становило $1,24 \pm 0,13$ ммоль/л ($p < 0,02$). На 30 добу відзначалося також збільшення рівня тригліцеридів $0,82 \pm 0,07$ ммоль/л ($p < 0,001$). Індекс атерогенності підвищувався протягом всього експерименту ($p > 0,05$).

Зміни в печінкових пробах проявлялися вірогідним збільшенням показників сечовини з $2,96 \pm 0,31$ моль/л на 5 добу експерименту до $4,55 \pm 0,53$ моль/л на 30 добу ($p < 0,01$), а лужної та кислоти фосфатаз вірогідним зниженням ($p < 0,05$) з $128,76 \pm 13,47$ О/л до $98,39 \pm 10,27$ О/л та з $15,67 \pm 1,44$ О/л до $10,88 \pm 1,13$ О/л відповідно.

Під час вивчення мікроелементного складу в сироватці крові виявлено вірогідне зниження вмісту фосфору на 30 добу $0,93 \pm 0,1$ ммоль/л ($p < 0,02$).

Під впливом ізольованої дії ЕМВ відмічалися зміни функціонального стану видільної системи нирок. Спостерігалось вірогідне зниження креатину на 30 добу $0,58 \pm 0,06$ моль/л та рівня сечової кислоти як на 15 добу $1,35 \pm 0,12$ ммоль/л, так і на 30 добу $1,29 \pm 0,11$ ммоль/л ($p < 0,01$). Вірогідних змін мікроелементного складу у сечі не виявлено ($p > 0,05$).

У групі 2 спостерігалися більш суттєві зміни на відміну від групи 1. Показники перекисного окислення ліпідів характеризувалися вірогідним підвищенням МДА до $6,1 \pm 0,36$ мкмоль/л на 15 добу та $7,32 \pm 0,46$ мкмоль/л на 30 добу й ДК до $30,18 \pm 2,76$ ммоль/л на 15 добу та $32,15 \pm 3,39$ ммоль/л на 30 добу як у порівнянні з групою контролю, так і з першою дослідною групою ($p < 0,01$) (табл. 1).

Антиоксидантна система характеризувалася вірогідним зниженням рівня SH-групи протягом всього експерименту з $3,43 \pm 0,43$ мкмоль/л на 5 добу до $3,31 \pm 0,36$ мкмоль/л на 30 добу ($p < 0,01$), та зниженням активності каталази з $2,42 \pm 0,28$ кат/л на 5 добу, $1,96 \pm 0,12$ кат/л на 15 добу до $1,02 \pm 0,2$ кат/л на 30 добу, також вірогідним зниженням активності каталази було в порівнянні з 1 групою досліду майже в два рази. Активність супероксиддисмутази знижувалася лише на 15 добу $3,55 \pm 0,4$ О/л ($p < 0,02$), але тенденція до зниження зберігалася протягом всього експерименту. Концентрація церулоплазміну підвищувалася на 30 добу $334,45 \pm 21,63$ мг/л у порівнянні з 5 добою дослідження ($p < 0,001$), а також у порівнянні з 1 групою ($p < 0,001$) (табл. 1).

Таблиця 1. Біохімічні показники крові під час сполученої дії ЕМВ та позитивної низької температури ($4 \pm 2^\circ\text{C}$) у динаміці

Показники	5 днів		15 днів		30 днів	
	Конт-роль (n=10) M±m	Дослід (n=10) M±m	Конт-роль (n=10) M±m	Дослід (n=10) M±m	Конт-роль (n=10) M±m	Дослід (n=10) M±m
Дієнові кон'югати, ммоль/л	18,09 2,56	$27,34 \pm 4,02$	$19,31 \pm 1,87$	$30,18 \pm 2,76^*$	$20,08 \pm 2,215$	$32,15 \pm 3,39^*$
Малоновий діальдегід, мкмоль/л	$3,92 \pm 0,46$	$5,12 \pm 0,56$	$4,14 \pm 0,35$	$6,1 \pm 0,36^*$	$4,82 \pm 0,405$	$7,32 \pm 0,46^*$
SH-групи, мкмоль/л	$5,47 \pm 0,67$	$3,43 \pm 0,43^*$	$5,65 \pm 0,33$	$3,22 \pm 0,29^*$	$6,01 \pm 0,67$	$3,31 \pm 0,36^*$
Каталаза, кат/л	$3,78 \pm 0,42$	$2,42 \pm 0,28^*$	$3,25 \pm 0,58$	$1,96 \pm 0,13^*$	$3,43 \pm 0,5$	$1,02 \pm 0,205^*$
Супероксиддисмутаза, О/л	$5,10 \pm 0,59$	$3,88 \pm 0,32$	$4,88 \pm 0,30$	$3,55 \pm 0,40^*$	$4,52 \pm 0,445$	$3,47 \pm 0,36$
Церулоплазмін, мг/л	$255,6 \pm 14,69$	$289,41 \pm 13,45$	$237,8 \pm 22,37$	$302,46 \pm 29,8$	$232,43 \pm 18,53$	$334,45 \pm 21,63^*$

Примітка: * - різниця вірогідна ($p < 0,05$) у порівнянні з контрольною групою.

У ліпідному спектрі відзначали збільшення ЛПДНЩ до $0,14 \pm 0,02$ ммоль/л на 15 добу, яке зберігалось до 30 діб, та тригліцеридів протягом

усього експерименту ($0,77 \pm 0,03$ ммоль/л на 15 добу, до $0,78 \pm 0,07$ ммоль/л на 30 добу). Індекс атерогенності вірогідно підвищувався до $2,5 \pm 0,35$ на 5

добу ($p < 0,05$), а на 15 й 30 зберігалася тенденція до підвищення ($p > 0,05$).

Зміни у печінкових пробах проявлялися збільшенням більш ніж у 2 рази рівня сечовини $7,41 \pm 0,87$ моль/л на 5 добу, а також підвищувалося протягом всього експерименту, ($8,41 \pm 0,52$ моль/л на 15 добу та $9,03 \pm 0,87$ моль/л на 30 добу ($p < 0,001$)).

Рівень кислої фосфатази теж підвищувався на протязі всього експерименту $7,23 \pm 0,83$ О/л на 5 добу $9,1 \pm 1,7$ О/л на 15 добу $10,3 \pm 1,26$ О/л на 30 добу ($p < 0,01$). Зміни цих показників мають вірогідну різницю з дослідною групою ізольованої дії ЕМВ (табл. 2).

Таблиця 2 . Біохімічні показники крові під час сполученої дії ЕМВ та позитивної низької температури ($4 \pm 2^\circ\text{C}$) у динаміці

Показники	5 днів		15 днів		30 днів	
	Конт-роль (n=10) X±Sx	Дослід (n=10) X±Sx	Конт-роль (n=10) X±Sx	Дослід (n=10) X±Sx	Конт-роль (n=10) X±Sx	Дослід (n=10) X±Sx
Холестерин, ммоль/л	$1,42 \pm 0,18$	$1,71 \pm 0,20$	$1,43 \pm 0,11$	$1,75 \pm 0,25$	$1,51 \pm 0,15$	$1,73 \pm 0,23$
Ліпопротеїди високої щільності, ммоль/л	$0,56 \pm 0,07$	$0,50 \pm 0,05$	$0,55 \pm 0,05$	$0,44 \pm 0,04$	$0,54 \pm 0,07$	$0,38 \pm 0,04$
Ліпопротеїди низької щільності, ммоль/л	$0,86 \pm 0,18$	$1,21 \pm 0,23$	$0,84 \pm 0,15$	$1,19 \pm 0,24$	$0,82 \pm 0,18$	$1,2 \pm 0,23$
Ліпопротеїди дуже низької щільності, ммоль/л	$0,11 \pm 0,01$	$0,16 \pm 0,024$	$0,9 \pm 0,01$	$0,14 \pm 0,022^*$	$0,92 \pm 0,012$	$0,155 \pm 0,023^*$
Тригліцериди, ммоль/л	$0,56 \pm 0,07$	$0,78 \pm 0,12$	$0,51 \pm 0,07$	$0,77 \pm 0,03^*$	$0,53 \pm 0,07$	$0,78 \pm 0,075^*$
Індекс атерогенності	$1,60 \pm 0,24$	$2,50 \pm 0,35^*$	$1,58 \pm 0,45$	$2,52 \pm 0,48$	$1,54 \pm 0,44$	$2,54 \pm 0,565$
Сечовина, ммоль/л	$2,55 \pm 0,33$	$7,41 \pm 0,87^*$	$2,46 \pm 0,21$	$8,41 \pm 0,52^*$	$2,42 \pm 0,33$	$9,03 \pm 0,87^*$
ЩФ, Е/л	$130,39 \pm 15,54$	$140,01 \pm 16,86$	$131,44 \pm 14,17$	$129,38 \pm 9,39$	$128,52 \pm 15,54$	$119,2 \pm 16,86$
КФ, Е/л	$17,67 \pm 1,68$	$7,23 \pm 0,83^*$	$16,67 \pm 1,45$	$9,10 \pm 1,69^*$	$16,23 \pm 1,68$	$10,3 \pm 1,26^*$

Примітка: * - різниця вірогідна ($p < 0,05$) у порівнянні з контрольною групою.

У мікроелементному складі спостерігалася підвищення рівня магнію $3,27 \pm 0,41$ ммоль/л на 15 добу, та вмісту фосфора $0,72 \pm 0,05$ ммоль/л на 5 добу, $0,86 \pm 0,11$ ммоль/л на 15 добу та $0,92 \pm 0,07$ ммоль/л на

30 добу ($p < 0,001$). Ці показники також вірогідно відрізнялися у порівнянні з групою 1. Також підвищувався рівень глюкози $6,26 \pm 0,47$ ммоль/л на 30 добу ($p < 0,05$) (табл. 3).

Таблиця 3 . Біохімічні показники крові під час сполученої дії ЕМВ та позитивної низької температури ($4 \pm 2^\circ\text{C}$) у динаміці

Показники	15 днів		30 днів	
	Контроль (n=10) X±Sx	Дослід (n=10) X±Sx	Контроль (n=10) X±Sx	Дослід (n=10) X±Sx
Хлориди, ммоль/л	$77,36 \pm 8,74$	$68,25 \pm 5,34$	$73,54 \pm 7,44$	$70,67 \pm 6,45$
Калій, ммоль/л	$28,15 \pm 1,97$	$32,52 \pm 2,74$	$30,22 \pm 2,48$	$33,78 \pm 3,36$
Натрій, ммоль/л	$129,23 \pm 10,75$	$150,83 \pm 10,75$	$135,31 \pm 14,55$	$154,76 \pm 16,55$
Кальцій, ммоль/л	$1,57 \pm 0,16$	$1,68 \pm 0,19$	$1,61 \pm 0,14$	$1,77 \pm 0,15$
Фосфор, ммоль/л	$1,94 \pm 0,22$	$1,67 \pm 0,25$	$1,79 \pm 0,23$	$1,72 \pm 0,18$
Глюкоза, ммоль/л	$0,61 \pm 0,05$	$0,76 \pm 0,11$	$0,63 \pm 0,07$	$0,82 \pm 0,09$

Примітка: * - різниця вірогідна ($p < 0,05$) у порівнянні з контрольною групою.

Внаслідок збільшення рівня сечової кислоти видільна функція нирок протягом всього експерименту була низькою: з $1,44 \pm 0,12$ на 15 добу до

$1,56 \pm 0,14$ на 30 добу. Підвищення рівня хлоридів $105,59 \pm 12,01$ ммоль/л на 30 добу та глюкози $0,72 \pm 0,05$ ммоль/л супроводжувалося зниженням рівня натрію $173,55 \pm 9,72$ ммоль/л ($p < 0,05$) (табл. 4).

Таблиця 4 . Зміни функціонального стану нирок під час сполученої дії ЕМВ та позитивної низької температури ($4 \pm 2^\circ\text{C}$) у динаміці

Показники	15 днів		30 днів	
	Контроль (n=10) X±Sx	Дослід (n=10) X±Sx	Контроль (n=10) X±Sx	Дослід (n=10) X±Sx
Креатин, моль/л	0,41 ± 0,04	0,74 ± 0,21	0,46 ± 0,06	0,65 ± 0,08
Холінестераза, кат/л	4865 ± 411	5441 ± 562	5083 ± 439	5978 ± 587
Сечова кислота, мкмоль/л	0,91 ± 0,18	1,44 ± 0,12*	0,88 ± 0,08	1,56 ± 0,14*
Сечовина, ммоль/л	11,75 ± 1,99	9,35 ± 1,14	10,17 ± 1,30	8,65 ± 1,07
Хлориди, ммоль/л	79,69 ± 11,37	61,82 ± 5,18	74,02 ± 3,59	105,6 ± 12,01*
Калій, ммоль/л	25,63 ± 3,71	28,46 ± 2,13	26,83 ± 1,95	29,57 ± 2,74
Натрій, ммоль/л	140,76 ± 12,20	173,55 ± 9,72*	147,24 ± 10,36	165,49 ± 15,25
Кальцій, ммоль/л	1,61 ± 0,28	1,77 ± 0,24	1,69 ± 0,29	2,29 ± 0,37
Фосфор, ммоль/л	1,78 ± 0,24	1,62 ± 0,25	1,62 ± 0,13	1,72 ± 0,18
Глюкоза, ммоль/л	0,58 ± 0,04	0,72 ± 0,05*	0,61 ± 0,07	0,85 ± 0,10

Примітка: * - різниця вірогідна ($p < 0,05$) у порівнянні з контрольною групою.

Таким чином, отримані дані показали, що ізолювана дія ЕМВ приводила лише до зміни активності каталази та тенденції до збільшення рівня МДА, що свідчило про посилення вільно радикального окислення та надмірну напругу в роботі ферментної ланки антиоксидантного захисту. Показники ліпопротеїнового профілю також не мали вірогідних змін, але високі значення індексу атерогенності протягом всього дослідження свідчили про негативний вплив ЕМВ на ліпідний обмін, що може сприяти розвитку кардіоваскулярної патології.

Вірогідні зміни у печінкових пробах вказували на порушення детоксикаційної функції печінки та можливі порушення білкового обміну. Про це також свідчило зниження рівня креатинину та сечової кислоти в сечі щурів.

Сполучена дія ЕМВ та позитивної низької температури зумовлювала більш глибокі порушення практично в усіх ланках метаболізму. Так, у щурів цієї експериментальної групи відзначалося посилення ліпопероксидації, яка зростала протягом експерименту. Надмірне утворення продуктів ПОЛ у клітинах організму призводило до виснаження антиоксидантної системи, про що свідчили низькі рівні вмісту SH-груп та активності каталази та супероксиддисмутази. Підвищення концентрації церулоплазміну на 30 добу можна вважати компенсаторною реакцією для підтримки антиоксидантного захисту тканин.

Посилення змін при сполученій дії ЕМВ та холодного фактору було характерним і для ліпідного обміну. Визначене підвищення рівнів ЛПДНЩ та тригліцеридів свідчило про посилення процесів атерогенезу у щурів групи 2 відносно 1 групи тварин, що посилює ризик виникнення дисліпопротеїнемії та розвитку захворювань серцево-судинної системи.

Активність кислоти фосфатази збільшувалася, очевидно, внаслідок руйнування клітин при посиленні ПОЛ. Посилення лужної фосфатази обумовлювало підвищення рівня фосфору в сироватці крові у щурів експериментальних груп.

У щурів 2 групи спостерігалися більш виражені зміни у функціонуванні печінки. Рівень сечовини був вірогідно підвищений не тільки у порівнянні з контрольною групою, але й з дослідною групою з ізолюваною дією ЕМВ. Накопичення сечовини у сироватці крові може спричинити набряк тканин паренхіматозних органів, міокарда ЦНС, а також може свідчити про порушення видільної функції нирок.

Підвищення концентрації глюкози в сечі та крові є характерною для холодного стресу.

Рівень сечової кислоти та креатину в сечі при дії ізолюваного впливу ЕМВ знижувалися, скоріш за все, внаслідок малої рухової активності в умовах експерименту. Але при сполученій дії ЕМВ та позитивної низької температури рівень сечової кислоти вірогідно підвищувався, що свідчило про розвиток ниркової недостатності у тварин цієї групи, на що вказувало й підвищення вмісту хлоридів у сечі на 30 добу.

Висновки

1. Провідними біохімічними механізмами несприятливого сполученого впливу ЕМВ та позитивної низької температури є порушення антиоксидантної системи крові, ліпідного обміну та видільної функції нирок.

2. Сполучений вплив ЕМВ та позитивної низької температури на органи й системи був більш виражений порівняно з ізолюваною дією ЕМВ як за кількістю гематологічних показників, що змінювалися, так і за якісними показниками впливу (підвищення рівня дієнових кон'югатів, малонового діальдегіду, ЛПДНЩ, тригліцеридів, сечовини, кислоти фосфатази; зниження рівня SH-груп, активності каталази, церулоплазміну). У той же час, рівень сечової кислоти та креатину в сечі при дії ізолюваного впливу ЕМВ знижувалися, але при сполученій дії ЕМВ та позитивної низької температури рівень сечової кислоти вірогідно підвищувався. Крім того, спостерігалось підвищення рівнів хлоридів та глюкози та зниження натрію.

3. Вищенаведене зумовлює необхідність урахування встановленого в експерименті на

лабораторних тваринах посилення біологічної дії ЕМВ в умовах холодного стресу при обґрунтуванні гігієнічних нормативів, розробці та впровадженні в практику санітарного нагляду заходів профілактики.

References

1. Aldibekova, K. N., Kibraeva Z. U. Influence of electromagnetic radiation on biosystems [Text] // Perspectives of development of scientific research in the 21st century: materials of the first international scientific-practical conference, January, 31, 2013 / SRC "Aprobatsiya". Moscow, Pero edit., 2013. – P. 51-53.
2. Darovskih, S. N. Information-wave conception of counteraction to electromagnetic pollution of the environment and other negative factors of anthropogenic origin [Text] / S. N. Darovskih, A. A. Razzhyvin, U. I. Kudriashova, M. E. Kuznetsov // Biomedical radioelectronics. – 2008. – No. 11. – P. 20-28.
3. Zhavoronkov, L. P. Influence of broadband impulse-modulated EMF of low intensity on general excitability of CNS [Text] / Zhavoronkov L. P., Dubovik B. V., Pavlova L. N., Kolganova O. I., Posadskaya V. M. // Radiation and risk (Bulletin of National Radiation-Epidemiologic Register). - 2011. No 2. P.64-74.
4. Prisnyi, A. A. Influence of constant magnetic field on indices of blood system and spermatozoid maturation RANA RIDIBUNDA PALL [Text] / Prisnyi A.A., Kulko S. V., Pigaleva T. A. // Scientific Gazette of Belgorod State University. Series: Natural Sciences. 2011. No.14.
5. Kundiev, U. I. Modern problems of combined effect of production and social factors on the organism (review of literature) [Text] / U. I. Kundiev, A. O. Navakatukian, V. V. Kalnish // Vrachebnoye delo. – 1993. – No. 5-6. – P. 35-41.
6. Zavgorodnii, I. V. Biochemical indices of disadaptation in influence of electromagnetic radiation in conditions of cold stress [Text] / I. V. Zavgorodnii, L. P. Abramova, D. P. Pertsev, O. L. Litovchenko, V. O. Vekshin // KAZANTIP-EKO-2014. Innovation ways of solving urgent problems of basic branches, ecology, energy and resource economy: Collection of works of XXII International Scientific and Practical Conference, Kharkiv, June, 2014 (Volume 1) SE "UkrNTC "Energostal". – NTMT, 2014. – P. 269-272.
7. Patent for useful model "Poisoning chamber" No. 83559 (Zavgorodnii I. V., Miasoevov V. V., Vekshin V. O., Bachinskiy R. O., Teslenko O. S., Pertsev D. P., Nikulina G. L., declarant and patent owner Kharkiv National Medical University. – No. u201305791; decl. 07.05.2013.
8. Boikiv, D. P. Normal and pathological biochemical indices: Educational guide [Text] / D. P. Boikiv, T. I. Bondarchuk, O. L. Ivankiv et al.; Under edit. of O. Y. Skliarov. – K.: Medytsyna, 2007. – 320 p.

УДК: 616-001.2-001.18-092.9:577.12

BIOCHEMICAL MECHANISMS OF MIXED EFFECT OF ELECTROMAGNETIC RADIATION AND LOW POSITIVE TEMPERATURE ON ANIMALS' ORGANISM

Litovchenko O. L., Pertsev D. P., Zavgorodnii I. V., Mitelova T. U., Chehovska I. M., Abramova L. P., Vekshin V. O.

Kharkiv National Medical University

At present, biochemical mechanisms of mixed effects of electromagnetic radiation (EMR) and cold on the body are not adequately studied, so this problem is urgent for modern medicine.

Purpose of study. Establishing pathognomonic criteria and biochemical mechanisms of adverse effect of EMR on the organism of laboratory animals in conditions of cold stress.

Materials and methods. The laboratory subacute experiment was carried out on mature white male rats of WAG line, weighing 190-220 g for 1 month. The animals were divided into 4 groups of 10 animals in each group. The first group was subjected to the isolated action of electromagnetic radiation (frequency 70 kHz, tension 600 V/m) at a comfortable air temperature of $25 \pm 2^\circ\text{C}$. The second group was subjected to the mixed action of EMR and low temperature $4 \pm 2^\circ\text{C}$. The third group served as a control with regard to the first group, and the fourth group - with regard to the second, at air temperature of $25 \pm 2^\circ\text{C}$. Expositions were carried out 5 times a week (for 4:00 every day). To identify changes in biochemical parameters studied during the experiments, blood sampling was performed at the stages of 5, 15, 30 days and urine sampling – at the stages of 15, 30 days in dynamics. Blood serum was used as biomaterial. It was determined the content of malondialdehyde (MDA), conjugated diene, content of SH-groups, superoxide dismutase, ceruloplasmin, cholesterol, high density lipoprotein, low density lipoprotein, very low density lipoprotein (VLDL), triglycerides, atherogenic index was determined, the level of urea, alkaline phosphatase, acid phosphatase, content of chlorides, calcium, magnesium, phosphorus, total protein, glucose, and catalase activity. Renal function was studied by the content of creatinine, cholinesterase, urea, uric acid, chlorides, potassium, sodium, calcium, phosphorus and glucose in urine.

Results and discussion. The findings showed that the isolated action of EMR only led to a change in the activity of catalase and a trend toward an increase in MDA level. Values of lipoprotein profile also did not have reliable changes, but high values of atherogenic index throughout the study showed the negative impact of EMR on lipid metabolism. Reliable changes in liver function tests indicated a disorder of liver detoxification function and possible derangement of protein metabolism. A decrease in creatinine and uric acid in the urine of rats is also evidence of this. The mixed effect of EMR and positive low temperature predetermined deeper violations practically in all components of metabolism, which exhibit low levels of SH-groups and the activity of catalase and superoxide dismutase, an increase in the concentration of ceruloplasmin. The observed increase in VLDL and triglycerides indicated the increase of the processes of atherogenesis. Acid phosphatase activity increased, increased alkaline phosphatase tends to raise the level of serum phosphorus levels in rats of the experimental group. There were more pronounced changes in the functioning of the liver. The level of urea

in the blood serum was reliably increased. In the mixed action of EMR and positive low temperature, the level of uric acid in urine reliably increased, indicating that the development of renal failure in this group of animals, which was also indicated by elevated levels of chlorides in the urine.

Conclusions. 1. The leading biochemical mechanisms of adverse effects of mixed action of EMR and positive low temperature is a disorder of the antioxidant system of blood, lipid metabolism and renal excretory function. 2. The mixed effect of EMR and positive low temperature on the organs and systems was more pronounced compared to the isolated action of electromagnetic radiation. 3. The above determines the need to consider the increase of biological effect of EMR established in the experiment on laboratory animals in the conditions of cold stress, when substantiating hygienic standards, the development and introduction of prophylactic measures into the practice of sanitary supervision.

Keywords: rats, electromagnetic radiation, cold, biochemical effects