

УДК 612.176:612/014.4
© 2010

Г.О. ЗАДОРЖНА,
кандидат біологічних наук

В.П. ЛЯШЕНКО,
доктор біологічних наук

Т.Г. ЧАУС,
кандидат біологічних наук

В.В. РАДЧЕНКО,
магістр

*Дніпропетровський державний
аграрний університет—
Дніпропетровський національний
університет ім. О. Гончара*

Досліджено динаміку поведінкових та вегетативних показників щурів під вихровою дією імпульсного магнітного поля правого та лівого напрямків обертання. Доведена залежність ефекту вихрового магнітного впливу від терміну дії і напрямку обертання поля. Показана активація трофотропних реакцій щурів під вихровим впливом імпульсного магнітного поля.

На сьогодні актуальною є проблема забруднення навколишнього середовища магнітними полями техногенного походження, які з'явилися з розвитком технологій, систем і засобів зв'язку [1]. Водночас істотний розвиток у світі отримала магнітотерапія [2]; за допомогою магнітних полів (МП) медики успішно лікують майже півсотні захворювань. З огляду на широке використання магнітних сигналів у медичній практиці для діагностики, профілактики і лікування різних захворювань, гігієнічного нормування та враховуючи можливість несприятливої дії МП на людину та тварин, необхідні експериментальні і теоретичні дослідження біологічних ефектів низькочастотних МП та прогнозування біотропної дії магнітної компоненти біосфери.

Вважають, що з усього різноманіття природних та штучних МП найбільш біологічно активними є вихрові магнітні поля, які завдяки обертальній компоненті відповідають у фізичному моделюванні

**ВИХРОВИЙ ВПЛИВ
ІМПУЛЬСНОГО МАГНІТНОГО
ПОЛЯ НА ПОВЕДІНКОВІ
ТА ВЕГЕТАТИВНІ
ПОКАЗНИКИ ЩУРІВ**

тримірним структурам, що підвищує їх вплив на біооб'єкти. Вихрове імпульсне МП досить активно використовується у корекції вегетативних порушень [3], але природа магнітного впливу на цілісний організм залишається невизначеною. Цікавим є і той факт, що зміна напрямку обертання вихрового МП може призводити до протилежних біологічних ефектів навіть при збереженні інших параметрів магнітного випромінювання [4]. Дискусійними є питання залежності біоефектів МП від параметрів випромінювання і часу впливу.

Метою даної роботи було з'ясування ефектів вихрового впливу МП на вегетативні та поведінкові реакції щурів як на інтегральні показники характеру відповіді організму на зовнішню дію.

Матеріали і методи досліджень. Усі експерименти були виконані відповідно до існуючих міжнародних вимог і норм гуманного ставлення до тварин.

Досліди проводилися на білих безпо-

ЕКОЛОГІЯ, ФІТОМЕЛІОРАЦІЯ ТА РЕКУЛЬТИВАЦІЯ ЗЕМЕЛЬ

Вихровий вплив імпульсного магнітного поля на поведінкові та вегетативні показники щурів

родних щурах-самцях, яких розподілили на три групи. Перша (контрольна) група складалася з тварин ($n = 35$), які перебували за стандартних умов віварію. На щурів другої групи ($n = 27$) впливали вихровим імпульсним МП правого напрямку обертання. Тварини третьої групи ($n = 28$) знавали вихрового впливу МП лівого напрямку обертання. У нашому дослідженні МП створювали за допомогою магнітотерапевтичного апарата “Магнітер-01” [5]. Випромінювальну частину приладу – магнітну голівку – встановлювали над твариною, яка перебувала в коробці з магнітопрозорого матеріалу. Експозиція загального опромінення для тварин тривала 15 хв щоденно в один і той же час. Параметри МП склали: індукція магнітного поля – 5–10 мТл, частота – 80 Гц. Щурів тестували у “відкритому полі” [6] та вимірювали варіативність серцевого ритму за даними електрокардіограми [7]. Аналізували дані рухової, дослідницької та вегетативної поведінки щурів, а також визначали низку показників частоти R–R інтервалів: моду, варіаційний розмах і амплітуду моди. На основі даних тривалості 100 кардіоінтервалів будували кореляційні ритмограми – двомірне зображення ритму серця, яке дозволяє отримати характерні “мнемокартини”, що властиві основним варіантам порушень серцевого ритму. Для цього тривалість кожного попереднього інтервалу R–R у секундах наносили на вісь ординат, а кожен наступний – на вісь абсцис. Для додаткової оцінки направленості вегетативного тону та характеру симпатико-парасимпатичних відносин аналізувалась вибірка із 100 кардіоінтервалів при побудові варіаційної пульсограми. Для цього кардіоінтервали групували з інтервалом 0,005 с у діапазоні від 0,10 до 0,18 с, виділяючи таким чином 16 діапазонів. По осі абсцис відкладали тривалість інтервалів R–R (с), по осі ординат – кількість інтервалів з певною тривалістю, %.

Експеримент тривав 21 тиждень з реєстрацією електрокардіограми та показників рухової, дослідницької активності і веге-

тативної поведінки щурів, через кожні три тижні. Отримані результати по кожній групі тварин обробляли статистично методом парних порівнянь. Результати вважалися достовірними при рівні значимості $p < 0,05$.

Результати та їх обговорення. Поведінка тварин у тесті “відкрите поле” досить адекватно може характеризувати загальний стан тварин, функціональну активність мозку за відповідних умов і вегетативні зсуви [6]. У наших дослідженнях рухова активність тварин оцінювалася по кількості перетнутих квадратів у тесті “відкрите поле” (таблиця).

У тварин контрольної групи рухова активність згодом не мала суттєвих змін, що добре узгоджується з літературними даними [8]. Вплив правонаправленого магнітного сигналу спричинював достовірне підвищення локомоторних реакцій тварин через 9 тижнів і до кінця експерименту. Ліво-направлене МП сприяло підвищенню рухової активності протягом усього дослідження.

Центр “відкритого поля” ми виділили від пристінкових квадратів, і кількість появи тварини в центр було використано як показник дослідницької активності (таблиця).

Рівень дослідницької діяльності тварин за фізіологічних умов протягом часу експерименту майже не змінювався. Спостерігалися незначні коливання цього показника в межах 6–6,5 квадрата. Під дією МП дослідницька активність щурів достовірно зростала: перші 15 тижнів під правонаправленим сигналом і 9 тижнів від початку експерименту під дією МП лівого напрямку обертання. У другій половині дослідження кількість появи тварин другої та третьої груп у центральні квадрати “відкритого поля” достовірно знижувалася, при цьому значення аналізованого показника були більш варіативними під ліво-направленим магнітним сигналом.

Кількість дефекацій і уринацій щурів у тесті “відкрите поле” є показником вегетативних реакцій, які зручно враховувати разом зі змінами у руховій і дослідницькій поведінці (таблиця).

Динаміка поведінкових показників тварин досліджуваних груп у тесті “відкрите поле” протягом експерименту

Група	Тиждень дослідження						
	3	6	9	12	15	18	21
Рухова активність							
Перша	52,6±2,80	50,14±3,62	53,88±2,71	54,23±2,84	48,24±1,90	50,71±2,52	51,23±3,78
Друга	54,25±2,71	54,08±2,44	64,15±3,86	73,91±3,95	74,44±3,91	70,18±3,89	74,25±2,90
Третя	64,27±3,81	65,18±2,75	66,77±2,90	66,79±3,74	78,25±2,82	71,09±4,07	76,05±3,56
Дослідницька активність							
Перша	6,28±0,40	6,51±0,30	6,32±0,30	6,25±0,30	6,15±0,20	6,33±0,40	6,50±0,20
Друга	9,10±0,60	16,41±1,10	14,29±0,90	13,18±1,20	9,02±0,40	6,08±0,40	6,00±0,20
Третя	8,13±0,40	20,98±1,20	18,30±0,90	5,01±0,30	3,69±0,10	3,23±0,20	3,45±0,30
Вегетативна поведінка							
Перша	2,60±0,05	3,00±0,04	2,00±0,01	2,20±0,06	2,60±0,02	1,60±0,08	2,20±0,05
Друга	1,30±0,07	1,60±0,08	1,40±0,06	1,70±0,05	2,80±0,06	4,70±0,12	6,50±0,25
Третя	1,00±0,08	0,50±0,05	0,20±0,01	1,20±0,04	2,60±0,02	3,00±0,06	4,20±0,06

Протягом експерименту кількість актів дефекації і уринації за фізіологічних умов коливалася від одного до трьох разів за сеанс. Під впливом МП обох напрямків обертання кількість актів дефекації і уринації щурів у “відкритому полі” протягом 3–12-го тижнів експерименту достовірно знижувалася. На останніх етапах дослідження (15–12 тижні) показники вегетативної поведінки щурів, які перебували під впливом МП, підвищувалися порівняно з контрольними у 3 рази під правонаправленим сигналом і приблизно у 2 рази під лівонаправленим МП ($p < 0,05$). Тобто під впливом поля з правим напрямком обертання підвищення показників вегетативної поведінки щурів було більш виражене.

Для спостереження системної реакції організму на дію МП і розкриття механізмів реалізації центральних процесів були проведені експерименти щодо визначення стану вегетативної регуляції у щурів під час дослідження. Методи статистичного аналізу варіабельності серцевого ритму дозволяють охарактеризувати частоту серцевих скорочень кількісно і отримувати ступінь мінливості ритму серця за різних фізіологічних станів організму. Суть методу поля-

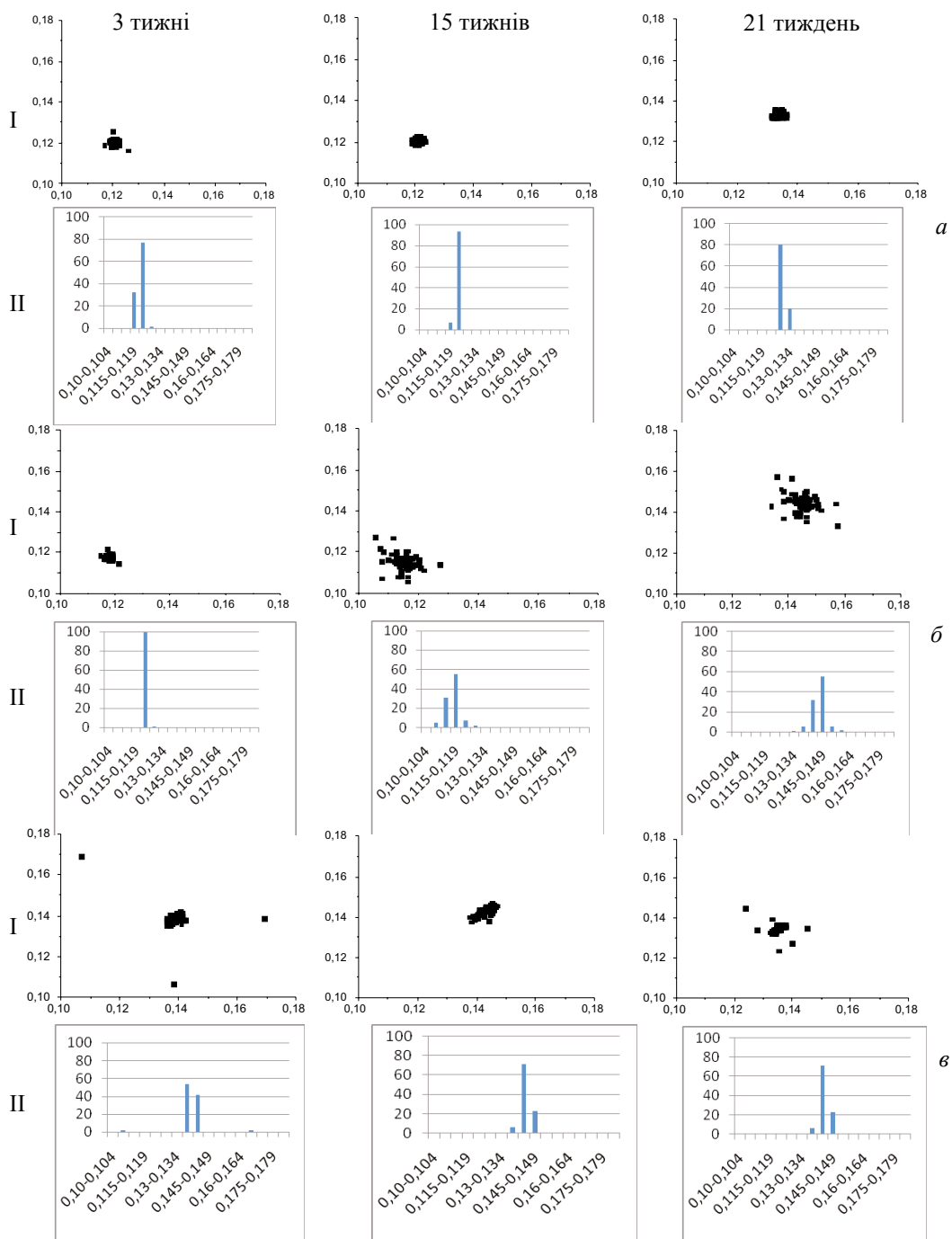
гає в тому, що синоатріальний вузол серця розглядають не тільки як центр автоматії першого порядку, але і як індикатор більш високих рівней керування. У результаті такого підходу відкриваються шляхи до оцінки адаптаційно-компенсаторних реакцій цілісного організму за даними ритму серця.

У тварин, що знаходилися у фізіологічних умовах протягом експерименту, спостерігався симпатикотонічний тип регуляції серцевого ритму, про що свідчить стислість основної сукупності точок на бісектрисі, її зміщення від центра в нижній лівий кут та невеликий варіаційний розмах тривалості інтервалів R–R кардіограми (рисунки а).

Значний розкид точок ритмограми щурів другої групи, великий варіаційний розмах і зменшення амплітуди моди свідчить про активацію обох відділів вегетативної нервової системи. Того ж часу зміщення основної сукупності вправо підтверджує підвищення під правонаправленим МП впливу блукаючого нерва на синоатріальний вузол серця [7]. Тобто використання вихрового магнітного опромінення протягом 3–6 тижнів підвищило симпатичний вплив у щурів другої групи на показники варіативності серцевого ритму. Більш по-

ЕКОЛОГІЯ, ФІТОМЕЛІОРАЦІЯ ТА РЕКУЛЬТИВАЦІЯ ЗЕМЕЛЬ

Вихровий вплив імпульсного магнітного поля на поведінкові та вегетативні показники шурів



Типові кореляційні ритмограми (I) і варіаційні пульсограми (II) шурів дослідження: а – за фізіологічних умов; б – вплив вихрового імпульсного МП правого напрямку обертання; в – те саме, лівого напрямку обертання

ЕКОЛОГІЯ, ФІТОМЕЛІОРАЦІЯ ТА РЕКУЛЬТИВАЦІЯ ЗЕМЕЛЬ

Вихровий вплив імпульсного магнітного поля на поведінкові та вегетативні показники щурів

довжена дія МП (протягом 9–21 тижня) поступово збільшувала активацію парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи щурів (рисунок,б).

Під вихровим впливом МП лівого напрямку обертання основна сукупність точок ритмограми щурів теж зміщувалась у правий бік (рисунок,в). Як і у щурів другої групи, варіаційний розмах тривалості інтервалів R–R під лівонаправленим МП мав тенденцію до збільшення, але був меншим, ніж у разі використання МП правого напрямку обертання.

Наші дослідження показали, що біологічну активність мало вихрове імпульсне МП як з правим, так і з лівим напрямками обертання. Однак протягом майже усього експерименту дія правостороннього поля була більш виразною, ніж лівостороннього. Цікава аналогія такого результату з висновками, отриманими в експериментах з впливу надвисокочастотного випромінювання на амплітуду альфа-ритму електроенцефалограми людини, який був сильнішим у разі використання правополяризованого випромінювання, ніж лівополяризованого [9]. Встановлена також різна чутливість ока до лівої та правої компонент циркулярно поляризованого світла. Отже, результати наших експериментів відображали певну універсальну закономірність дії електромагнітних випромінювань на біооб'єкти.

Стверджують, що ефективність дії анізотропного випромінювання може підвищуватися в сотні разів, коли анізотропія випромінювання відповідає структурній анізотропії об'єкта, на який діє таке випромінювання [9]. Загальновідома асиметрія живої природи. На молекулярному рівні вона проявляється в синтезі біосистемою тільки одного виду ізомеру певної речовини, тоді як за штучного синтезу отримують суміш, яка складається з рівних частин правого і лівого ізомеру. Наприклад, в організмі синтезується тільки правий ізомер нуклеотидів. Автори припускають, що вихрове імпульсне МП різної спрямованості

змінює структуру та внутрішньомолекулярні взаємодії, що й призводить до зміни їх активності [4]. Можна передбачити спроможність правонаправленого МП впливати на генетичні процеси. Механізми, пов'язані з індукованими МП змінами на генетичному рівні, розглядаються низкою авторів [2].

Аналізуючи отримані дані частоти серцевих скорочень і поведінкових реакцій тварин, можна стверджувати, що під вихровим впливом МП спостерігається активація трофотропних реакцій організму щурів. Результати наших дослідів співпадають з роботами авторів, які під дією МП спостерігали підсилення парасимпатичної регуляції [10]. Саме з підсиленням парасимпатичного тону, зі змінами катехоломінового обміну в бік підвищення вмісту попередників катехоламінів і зі зменшенням вмісту у крові їх кінцевих метаболітів – адреналіну та норадреналіну – пов'язують гіпотензивну дію МП. У дослідженні дії змінного МП з частотою 8 Гц та індукцією 5 мкТл також отримано залежність ефекту від тривалості дії поля і доведено факт компенсаторного впливу МП [11]. Були досліджені показники стану симпато-адреналової системи у щурів, які зазнавали впливу змінного МП. Автори цитованої роботи висловлюють припущення про модуляцію гіпоталамо-епіфізарних впливів під дією низькочастотних полів. У наших попередніх роботах було з'ясовано, що за умов дії МП з досліджуваними параметрами відбувається підсилення фонові електричної активності переднього гіпоталамусу, який є регулятором трофотропних функцій організму [12]. Можливо, підвищення функціональної активації трофотропних реакцій під впливом слабких МП є причиною розвитку станів природної резистентності, які базуються на відновлювальних компенсаторних процесах. Нами також встановлено зміни гормонального статусу організму щурів під дією МП, що безумовно буде відбиватися на поведінці тварин та їхніх вегетативних реакціях.

Висновки

1. Біологічну активність має вихрове імпульсне магнітне поле як з правим, так і з лівим напрямками обертання. Дія правостороннього поля на поведінкові та вегетативні реакції щурів більш виразна, ніж лівосторонньої.

2. Під вихровим впливом МП спостерігається активація трофотропних реакцій організму щурів, що виражається у підвищенні тонусу парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи.

Бібліографія

1. Степанюк І.А. Электромагнитные поля крайне низких частот как важнейший экологический фактор / И.А. Степанюк // Международный крымский семинар “Космос и биосфера. Физические поля в биологии, медицине и экологии”, Партенид, Крым, 1–6 октября 2001. – С. 7–9.

2. Гуляр С.А. Постоянные магнитные поля и их применение в медицине / С.А. Гуляр, Ю.Л. Лиманский. – К. : Ин-т физиол. им. А.А. Богомольца НАН Украины, 2006. – 320 с.

3. Вивчення ефективності використання високоефективного імпульсного магнітного випромінювання для реабілітації хворих, які потерпіли від Чорнобильської катастрофи // Звіт про наукову-дослідну роботу: наук. кер. Ю.А. Філіпов, УкрНДІГ, 1997. – 31 с.

4. Хоменко О.М. Вплив змінних магнітних полів на функціональний стан печінки при хронічному активному гепатиті / О.М. Хоменко, А.І. Руденко, О.Б. Мурзін // Вісн. ДДУ, Сер. “Біологія. Екологія”. – 2002. – Т. 2, вип. 10. – С. 32–36.

5. Пат. 29009 А Україна, 6 А61N2/02. Пристрій для генерування магнітних полів / Ю.О. Філіпов, І.І. Соколовський, І.І. Гриценко, М.Я. Житник, Ю.Г. Путилов, А.І. Руденко; заяв. 15.01.1993 № 3687-ХІІ; опубл. 01.06.2000, Бюл. № 5-11.

6. Буреш Я. Методики и основные эксперименты по изучению мозга и поведения / Я. Буреш, О. Бурешова, Дж.П. Хьюстон. – М. : Высшая школа, 1991. – 399 с.

7. Вариабельность ритма сердца: представления о механизмах / С.А. Котельни-

ков, А.Д. Ноздрачев, М.М. Одинак [и др.] // Физиология человека. – 2002. – Т. 28, № 1. – С. 130–143.

8. Саркисов К.Ю. Влияние субстанции R на поведенческие показатели в тестах “открытого поля” и “вынужденного плавания” у крыс с разным типом поведения / К.Ю. Саркисов, М.А. Куликов, И.А. Коломейцева // Бюл. эксперим. биологии и медицины. – 1996. – № 3. – С. 244–247.

9. Дмитриевский И.М. Космофизические корреляции в живой и неживой природе как проявление слабых воздействий / И.М. Дмитриевский // Биофизика. – 1992. – Т. 37, вып. 4. – С. 674–680.

10. Влияние переменного магнитного поля на состояние вегетативного тонуса у больных хроническим гломерулонефритом / И.В. Зубенко, В.Н. Сокрут, Т.Ю. Паламарчук [и др.] // Архив клинической и экспериментальной медицины. – 2003. – Т. 12, № 1. – С. 64.

11. Темурьянц Н.А. Состояние симпатoadреналовой системы при изолированном и комбинированном с гипокинезией действием переменного магнитного поля сверхнизкой частоты / Н.А. Темурьянц, В.С. Мартынюк, В.И. Малыгина // Физика живого. – 2007. – Т. 15, № 2. – С. 40–48.

12. Задорожна Г.О. Вплив вихрового імпульсного магнітного поля на біоелектричну активність гіпоталамуса щурів за фізіологічних умов та умов стресу: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: спец. 03.00.13 “Фізіологія людини і тварин” / Г.О. Задорожна. – К., 2009. – 20 с.