

Г.О. Задорожна, В.П. Ляшенко, О.З. Мельнікова

Вплив вихрових імпульсних магнітних полів правого та лівого напрямків обертання на біоелектричну активність гіпоталамуса щурів

Досліджували вплив вихрових імпульсних магнітних полів (МП), які були утворені за допомогою обертання їх джерела у правому та лівому напрямку, на сумарну фонову електричну активність передньої і задньої гіпоталамічних ділянок мозку щурів. Електрогіпоталамограми (ЕГтГ) обох досліджених ділянок показали суттєве підвищення в порівнянні з контролем спектральної потужності хвиль середніх частот (θ - і α -діапазонів) й абсолютної потужності хвиль усіх частотних діапазонів ЕГтГ, що свідчило про підсилення синхронізуючих ритмоутворювальних систем мозку. Задані зміни були більш виражені у передній ділянці, в якій знаходяться центри регуляції трофотронних реакцій. Досліджені характеристики ЕГтГ під впливом МП правого напрямку обертання змінювалися більш суттєво, ніж під впливом лівонаправленого МП, що свідчило про різну біологічну ефективність вказаних полів.

Ключові слова: вихрове імпульсне магнітне поле, електрична активність гіпоталамуса, електрогіпоталамограма.

ВСТУП

Нині істотного розвитку набула магніто-терапія, яка використовується для лікування багатьох захворювань [16, 21]. Однак є чимало праць, в яких показано шкідливий вплив магнітного опромінення [19, 28], тому з'ясування механізмів біологічної дії магнітних полів (МП) – актуальна наукова проблема. Однак жоден із запропонованих механізмів впливу МП на організм у цілому та на окремі його органи і тканини не став загально визнаним, що зумовлює необхідність подальшого вивчення цього питання. Пошуки тієї грані, коли дія МП на організм є небезпечною, спонукали дослідників до висновків, що фізіологічні його ефекти залежать від показників застосованого сигналу та часу дії [6]. Виявлено, що «спектр дії» МП є системою біологічно активних частотних смуг, за межами яких біологічних ефектів не спостерігається [14]. Такі виявлені „біотропні” частоти [14]

© Г.О. Задорожна, В.П. Ляшенко, О.З. Мельнікова

збігалися з терапевтично ефективними для корекції вегетативних порушень [6]. Авторами цитованих праць було встановлено, що вихрове МП ефективніше впливає на біооб'єкти, ніж МП з іншими характеристиками. Це могло бути зумовлено відповідністю вихрового магнітного сигналу тримірним структурам у фізичному моделюванні завдяки наявності додаткової обертальної компоненти. В наведених дослідженнях було виявлено, що вегетативні ефекти вихрових МП правого та лівого напрямків обертання істотно відрізнялися: викликані їх використанням фізіологічні зміни могли мати різну спрямованість відносно контрольних значень навіть при збереженні інших показників магнітного опромінення. Особливо важливим є з'ясування механізмів біологічної дії вихрових імпульсних МП за умов тривалої експозиції в них організмів. Такий вплив МП також є більш розповсюдженим за природних умов, але не

використовувався в експериментах на тваринах. Немає даних про вплив вихрових імпульсних МП на біоелектричну активність різних структур мозку, яка є основним фізіологічним показником їх функціональної активності. Особливо актуальне з точки зору визначення механізмів біологічної дії МП дослідження впливу вихрових МП на біоелектричну активність гіпоталамуса, який є вищим інтегративним центром регуляції вегетативних, ендокринних і мотиваційних функцій в організмі й однією з найбільш чутливих нервових структур до дії МП [13, 14, 15]. У гіпоталамусі є ділянки, які мають свої особливості у вегетативній регуляції організму: передня – в якій знаходяться центри трофотропних фізіологічних реакцій, і задня, яка містить центри ерготропних реакцій [9].

Метою нашого дослідження було виявлення особливостей змін фонові сумарної біоелектричної активності передньої та задньої ділянок гіпоталамуса щурів за умов тривалої дії вихрових імпульсних МП правого й лівого напрямків обертання.

МЕТОДИКА

Експерименти було виконано згідно з існуючими міжнародними вимогами та нормами гуманного ставлення до тварин. Досліди проводили на білих безпородних щурах-самцях, яких розподілили на три групи: 1-ша (контрольна) складалася з тварин ($n=35$), які перебували за стандартних умов віварію. На щурів 2-ї ($n=27$) та 3-ї груп ($n=28$) здійснювали загальний вплив МП правого та лівого напрямків обертання відповідно.

МП створювали за допомогою приладу «Магнітер – 01» [11] (свідоцтво про державну реєстрацію № 4922/2006 від 31 березня 2006 р.). Випромінювальна частина апарата – магнітна голівка – складається нерухомого (позитивного) і трьох рухомих (негативних) постійних магнітів.

Прилад виконано з можливістю зміни напрямку обертання магнітів, відповідно до якого змінюється напрямок обертання МП у просторі. МП, що утворюються при обертанні голівки, мають повздовжню, радіальну та тангенціальну складові напруженості зі змінним напрямом руху останніх двох. У наших дослідженнях показники МП були: радіальна складова – 5–10 мТл, тангенціальна – 0,5–15 мТл, частота модуляції – 80 Гц. Вибір параметрів МП здійснювали на основі їх терапевтичної значущості у корекції вегетативних порушень [6]. Експозиція загального опромінення для тварин становила 15 хв щодобово протягом експерименту, загальною тривалістю 21 тиж. Сумарну фонову електричну активність гіпоталамуса (електрогіпоталомограми, ЕГТГ) обох ділянок реєстрували через кожні 3 тиж дослідження паралельно в трьох підгрупах (3–5 тварин), відібраних з трьох дослідних груп.

ЕГТГ реєстрували за умов гострого експерименту. Хірургічну підготовку здійснювали, використовуючи тіопентал натрію (50 мг/кг) і гідрохлорид кетаміну (15 мг/кг), які вводили внутрішньоочеревинно. Біопотенціали ділянок гіпоталамуса відводили голчастими електродами (ніхром, діаметр 100 мкм, лакова ізоляція за винятком кінчика) за допомогою поліграфа ПБЧ – 01. Координати ділянок гіпоталамуса визначали за атласом мозку щура [29]. Для передньої гіпоталамічної ділянки вони становили: -1,4 мм – роство-каудальна координата від брегми, 0,8 мм – латеральна координата, 8,7 мм – вентральна координата, а для задньої – 2,3 мм, 0,3 мм, 8,0 мм відповідно.

Після відведення електричної активності ділянок гіпоталамуса тварин декапітували і проводили морфологічний контроль локалізації кінчиків електродів (рис. 1). Результати окремих досліджень запам'ятовували, зберігали та обробляли на ЕОМ. Використовували стандартну класифікацію

коливань ЕГтГ за частотними діапазонами. В усіх записах ЕГтГ тривалість епохи аналізу становила 60 с з кроком дискретизації частоти df 0,1 Гц. Для видалення крайових ефектів використовували вікно Хеммінга. Аналізували потужність хвиль ЕГтГ різних частотних діапазонів, а також спектральну потужність цих хвиль.

Статистичну обробку результатів, отриманих у кожній групі тварин у певні тижні експерименту, проводили методами варіаційної статистики: розраховували середні значення та помилки середнього. Відмінності між середніми значеннями різних експериментальних груп оцінювали за допомогою парних порівнянь за критерієм t Стьюдента і вважали достовірними при $P < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТИ

Результати наших дослідів показали, що під впливом МП обох напрямків відбувалися досить суттєві зміни ЕГтГ дослідних щурів у порівнянні з контролем. Їх можна було спостерігати вже при візуальній оцінці записів, зроблених у різні тижні експерименту. Згадані зміни відбувалися в обох досліджуваних ділянках гіпоталамуса, були досить подібними, однак більш вираженими у передній (трофотропній) гіпоталамічній

ділянці (рис. 2). Крім того, МП з правим напрямком обертання було більш ефективним щодо впливу на характеристики ЕГтГ, ніж МП лівого напрямку.

З рис. 2, на якому представлені записи ЕГтГ тротропної ділянки гіпоталамуса видно, що з 9-го до 21-го тижня в ЕГтГ тварин кожної окремої групи відбувалася синхронізація електричної активності, яка проявлялась у підвищенні амплітуди хвиль різних частотних діапазонів і збільшенні кількості хвиль θ і α -діапазонів. Це найбільше проявилось в тварин 2-ї групи. Однак слід зазначити, що у щурів цієї групи до 9-го тижня експерименту не спостерігалася загальна тенденція змін ЕГтГ до синхронізації, а навпаки, – виявлялася десинхронізація електричної активності (зменшення амплітуди відносно контролю та незначне збільшення кількості швидких хвиль). Можливо, це явище було однією з причин більшої ефективності право спрямованого МП у наступні тижні експерименту.

Виявлено, що у щурів, які перебували за фізіологічних умов, найбільш варіативними в ЕГтГ були потужності Δ - і β -компонентів (рис. 3, а,г). Зокрема, потужність Δ -хвиль через 9 тиж експерименту збільшувалася майже у 3 рази ($P < 0,01$). Протягом наступного періоду (через 12–18 тиж) цей показник знову зменшувався до початкового

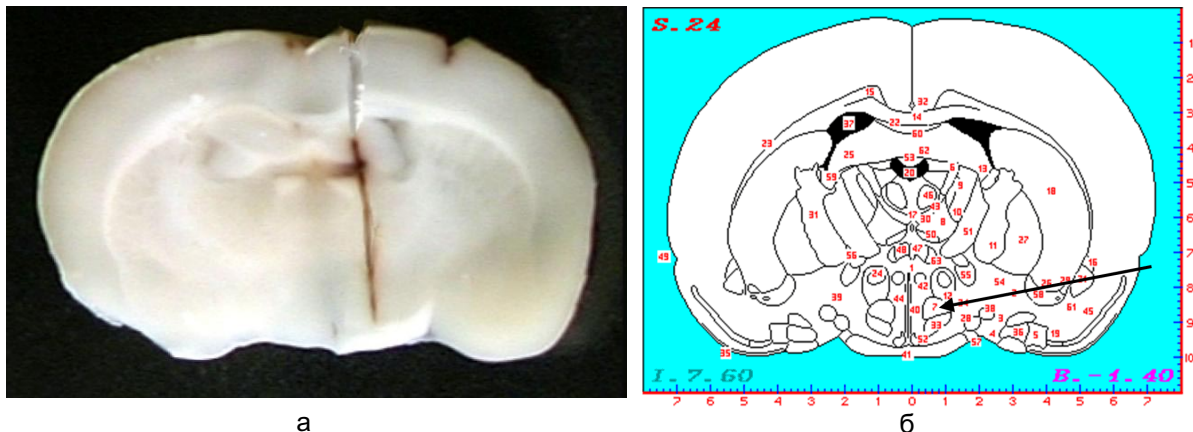


Рис. 1. Верифікація локалізації електрода передньої гіпоталамічної ділянки щура: а – фронтальний зріз мозку щура та трек електрода, б – схематичний план зрізу за атласом [36], 7 – передня гіпоталамічна ділянка на рівні – 1,4 мм від брегми (в)

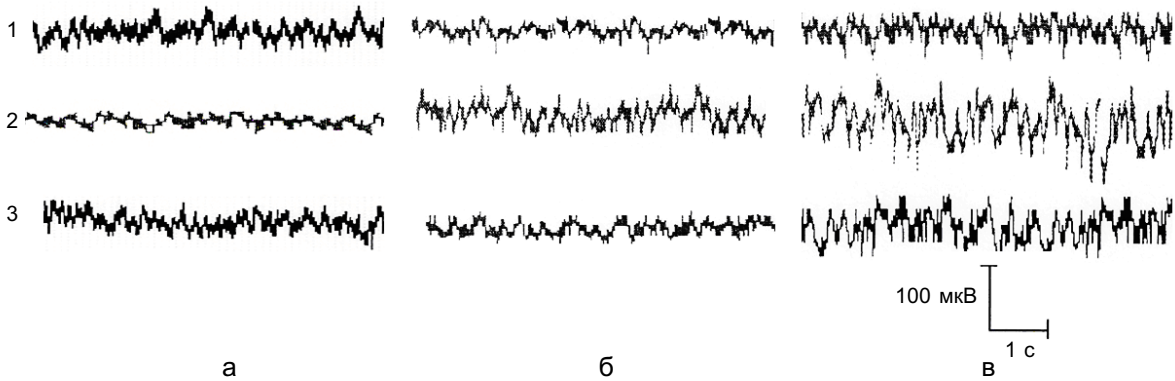


Рис. 2. Біоелектрична активність передньої гіпоталамічної ділянки у щурів контрольної групи (1), щурів, які зазнавали впливу магнітного поля (МП) правого напрямку (2) і лівого напрямку (3): а – 9 тиж, б – 15 тиж, в – 21 тиж

значення, а через 21 тиж достовірно збільшувався ($P < 0,05$). Подібно до описаної динаміки змінювалася потужність електричних коливань у β -діапазоні (див. рис. 3,г), тоді як досліджувані показники для

θ - і α -хвиль в ЕГтГ тварин контрольної групи залишалися досить стабільними (див. рис. 3,б,в).

Під впливом МП правого напрямку обертантя показники потужності Δ -хвиль

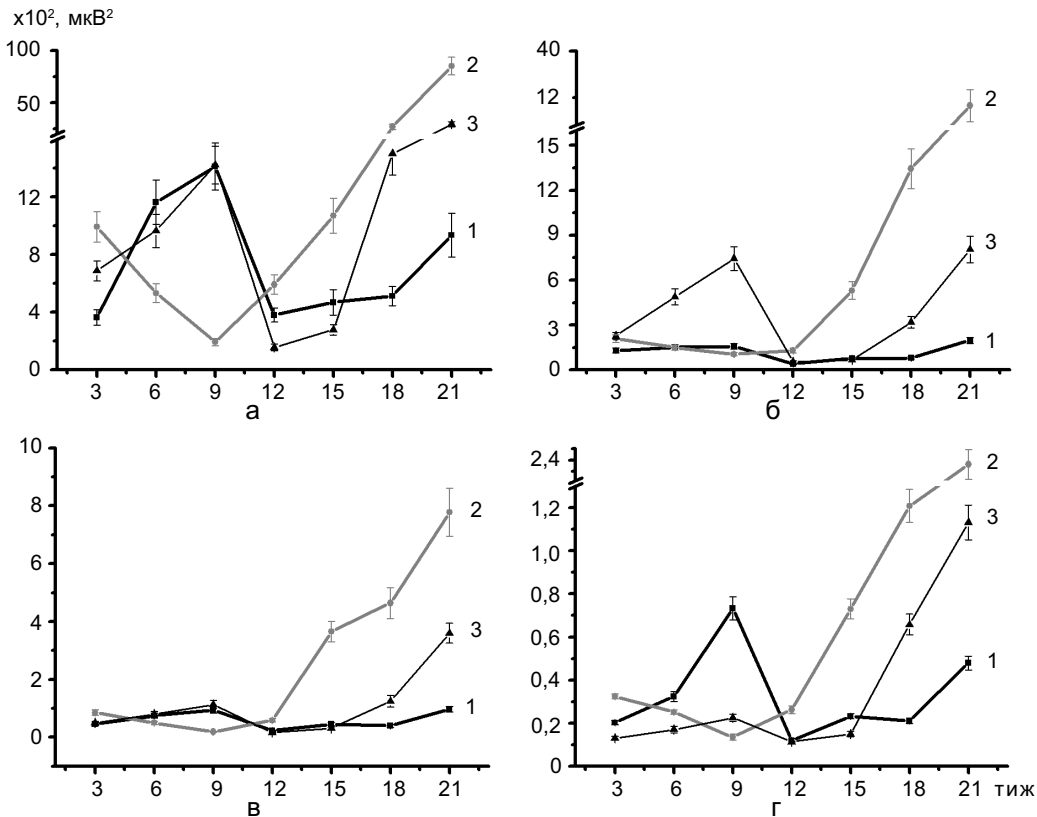


Рис. 3 Динаміка потужностей частотних компонентів електрогіпоталамограми (ЕГтГ), відведених від передньої гіпоталамічної ділянки щурів: 1 – контроль, 2 – дія магнітного поля (МП) правого напрямку, 3 – лівого напрямку. За віссю абсцис – термін спостереження; за віссю ординат – потужність коливань ЕГтГ; а–г динаміка потужностей коливань Δ , θ , α , β -частотних діапазонів відповідно

зменшувалися до мінімального значення через 9 тиж спостереження, після чого вони збільшувалися, сягаючи максимуму через 21 тиж (див. рис. 3,а). Наприкінці експерименту потужність Δ -хвиль перевищувала цей показник ЕГтГ тварин 1-ї групи в 9 разів ($P < 0,01$). Те саме можна було відмітити стосовно динаміки потужності β -хвиль ЕГтГ тварин 2-ї групи протягом експерименту. Зміни досліджуваного показника в θ - і α -діапазонах під впливом МП правого напрямку обертання полягали у значному зростанні протягом 12–21-го тижнів. Вплив МП з лівим напрямком обертання протягом 18 тиж експерименту майже не змінював потужності хвиль ЕГтГ передньої гіпоталамічної ділянки у щурів (див. рис. 3). Наприкінці експерименту відбувалося збільшення потужності хвиль ЕГтГ тварин 3-ї групи в усіх частотних діапазонах. Воно було достовірним у порівнянні з контролем ($P < 0,05$), однак меншим (приблизно у 3 рази), ніж у тварин 2-ї групи, на яких діяло МП з правим напрямком обертання.

Описані особливості динаміки потужностей хвиль ЕГтГ трофотропної ділянки гіпоталамуса тварин різних експериментальних груп у цілому були характерними і для електричної активності ерготропної ділянки гіпоталамуса. Однак слід зазначити, що в цій ділянці потужності електричних коливань були зменшеними відносно аналогічних показників у передньому відділі. Підвищення значень потужності усіх компонентів ЕГтГ щурів наприкінці експерименту було загальною тенденцією змін компонентів. У контрольних тварин показники збільшувалися в 1,5 – 2 рази у трофотропній ділянці гіпоталамуса і в 2,5 – 4 рази в ерготропній. В електричній активності гіпоталамуса щурів, які знаходилися під дією лівонаправленого МП, потужності ритмів ЕГтГ через 21 тиж перевищували контрольні приблизно в 3–4 рази у трофотропній ділянці гіпоталамуса і 1,15–2 рази у ерготропній. В

ЕГтГ щурів, які зазнавали впливу правого МП, значення показників перевищували контрольні в 5–17 разів в передньому відділі і гіпоталамуса в 1–7 разів у задньому.

Аналіз динаміки нормованих потужностей хвиль різних частотних діапазонів ЕГтГ тварин показав, що протягом експерименту під дією вихрових імпульсних МП відбулися певні зміни спектральної композиції ЕГтГ обох ділянок гіпоталамуса. Вони були більш вираженими у трофотропному його відділі (рис. 4) і полягали у зменшенні протягом експерименту в тварин 2-ї і 3-ї груп відносно контролю нормованої потужності Δ -хвиль і збільшенні представництва хвиль середніх частот (θ - і α -діапазону).

ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

Протягом дослідження показники біоелектричної активності гіпоталамуса зазнавали достовірних змін у тварин усіх експериментальних груп. Періодичні зміни показників ЕГтГ щурів контрольної групи, на нашу думку, були наслідком загальної циклічності фізіологічних процесів. У тварин, які знаходилися під впливом вихрових імпульсних МП, на такі зміни накладалися ті, що були викликані магнітним опроміненням, результатом чого стала більш істотна (ніж у контролі) модуляція фонові електричної активності обох досліджуваних ділянок гіпоталамуса протягом експерименту.

Вплив МП на динаміку досліджених показників ЕГтГ мав досить подібні прояви в передньому та задньому відділах гіпоталамуса. Це могло відображати їх спільну участь у реалізації відповіді організму на вплив МП. Крім того, подібність змін електричної активності різних відділів гіпоталамуса може бути наслідком механізмів дії МП перш за все на клітинному рівні. Відомо, що найбільш чутливими до різноманітних хімічних і фізичних агентів є мембрани нейронів. Зокрема, відомо, що

змінне МП малої індукції досить сильно впливає на структуру мембран клітин крові [3]. Функціональна активність мембран пов'язана з рухом іонів, а МП впливають на іонну проникність мембран. Крім того, компоненти мембран є рідкокристалічними структурами, орієнтація яких змінюється під магнітним впливом [18, 20, 22]. Тому дія МП могла викликати у мембранах низку зв'язаних між собою змін: транспорту іонів, величини мембранного потенціалу клітин, числа та типу активних потенціалзалежних іонних каналів і, нарешті, збудливості нейронів. Це може відобразитись у модуляції фонові сумарної електричної активності мозкових структур. При цьому у різних структурах такі явища можуть бути досить однотипними внаслідок спільних

іонних механізмів, які зумовлюють електричні властивості мембран. У наших дослідках це, очевидно, викликало аналогічні зміни під дією МП показників ЕГТГ, відведених від трюфотропної та ерготропної ділянок гіпоталамуса. Не виключено також, що внаслідок близького розташування досліджених структур електричні поля кожної з них могли суттєво взаємодіяти.

Характер впливу вихрових імпульсних МП на сумарну фонову електричну активність гіпоталамуса істотно залежав від тривалості їхньої дії, а також від напрямку обертання магнітної голівки. Найбільш суттєві зміни абсолютних показників потужності ЕГТГ шурів спостерігалися наприкінці експерименту, що могло свідчити про кумулятивність ефектів магнітного

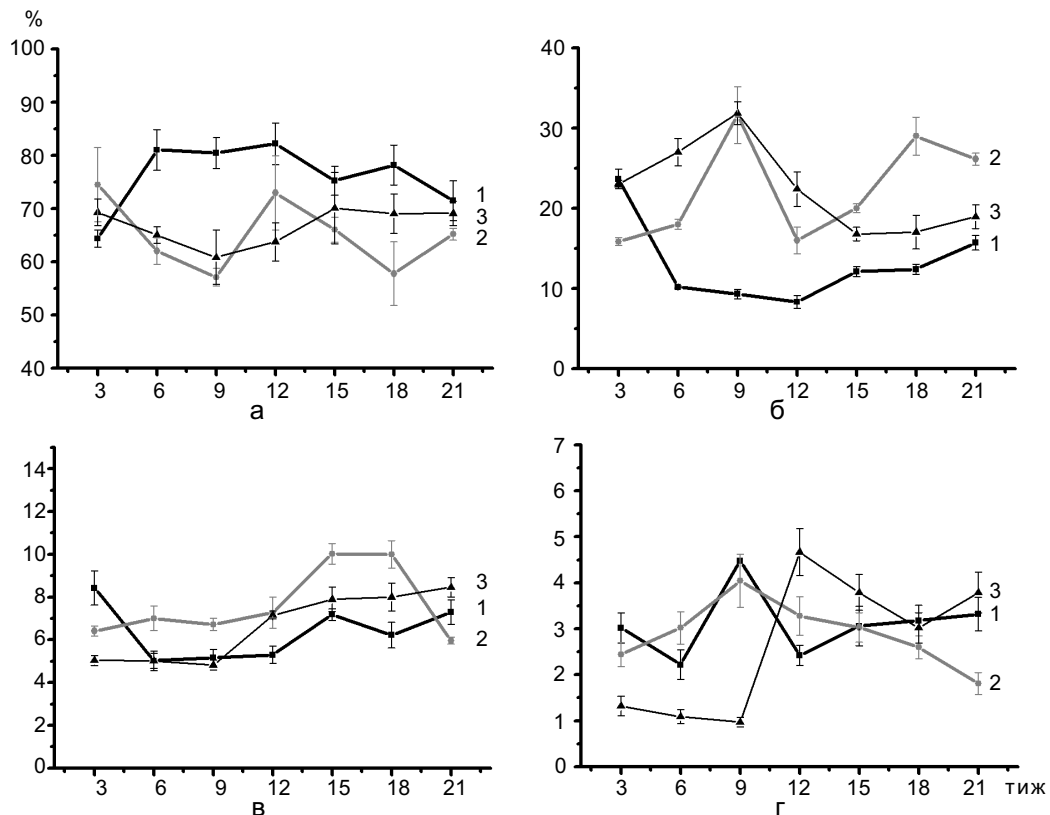


Рис. 4. Динаміка нормованої спектральної потужності частотних компонентів електрогіпоталамограми (ЕГТГ), відведених від передньої гіпоталамічної ділянки шурів. За віссю абсцис – термін спостереження, за віссю ординат – спектральна потужність, нормована до сумарної потужності коливань ЕГТГ у кожному часовому інтервалі спостереження: 1 – контроль, 2 – дія магнітного поля (МП) правого напрямку, 3 – лівого напрямку; а–г динаміка потужностей коливань Δ , θ , α , β -частотних діапазонів відповідно

опромінення. Під впливом МП з правим напрямком обертання зміни показників ЕГтГ шурів були більш виражені, ніж лівого напрямку. Такі результати узгоджуються з даними дослідження впливу вихрових магнітних полів на функції органів травлення [5], в яких „праве” МП було ефективнішим, ніж „ліве”. За припущеннями авторів, причиною таких явищ були відмінності дії вихрових імпульсних МП правої і лівої спрямованості на структуру та внутрішньомолекулярні взаємодії молекул, що призводило до змін їх біологічної активності.

Цікавою також є аналогія отриманих нами результатів з даними експериментів, в яких досліджували вплив надзвичайно високочастотного випромінювання на амплітуду α -ритму ЕЕГ людини і виявили більшу ефективність дії правополяризованого випромінювання у порівнянні з лівополяризованим [5]. Встановлена різна чутливість ока до лівої та правої компонент циркулярно поляризованого світла [5]. Дані літератури та результати наших дослідів добре узгоджуються з відомою концепцією сучасного природознавства про хіральність живого, яка, за однією з гіпотез, сформувалася під впливом на біооб'єкти електромагнітних полів.

Механізмом ефективного впливу вихрового МП на живий організм вважають наявність анізотропії такого магнітного сигналу. Слід зазначити, що в останні роки стрімко збільшилася кількість досліджень, що стосуються механізмів чутливості живих організмів до чинників навколишнього середовища у зв'язку з їх фізико-хімічними властивостями [7, 24]. Дані цих досліджень знайшли відображення у формуванні наукових концепцій, однією з яких є теорія параметричного резонансу [25].

У наших дослідженнях ми отримали модуляцію фонові електричної активності нейронів під дією вихрових імпульсних МП, яка могла бути зумовленою не тільки клітинними механізмами їх впливу. Відомо,

що тотальна проникна дія низькочастотного МП викликає різноманітні процеси на системному (рефлекторно-гуморальному) та структурно-метаболічному рівнях [12]. Слід відмітити складний характер формування сумарної фонові електричної активності мозку, що передбачає взаємозв'язок різних структур головного мозку, чутливість яких до дії МП може бути різною, та певну роль у цьому периферичних сигналів, що надходять у мозок через висхідні шляхи від органів, стан яких також може змінюватися при магнітних впливах. Зокрема варіації ЕГтГ можуть бути зумовленими кортико-гіпоталамічними впливами, або впливами гіпокампа чи епіфіза, оскільки відома велика чутливість цих мозкових структур до дії МП [14]. В електричній активності трофотропної ділянки могли відобразитися процеси, що відбувалися в ерготропній внаслідок існування нервових зв'язків між ними.

Нашими дослідженнями показано, що при довготривалому впливі МП активність синхронізуючих ритмоутворювальних систем мозку підсилюється. За даними літератури, магнітне опромінення супроводжується підвищенням неспецифічної резистентності організму [4, 12]. В електричній активності головного мозку незначно знижується збудливість кори та розвиток неспецифічного зворотного гальмування функцій специфічних систем [16]. При цьому спостерігається синхронізація електричних ритмів кори та гіпоталамуса, що відображає розвиток функціональних змін центральної нервової системи, які мають пристосувальне значення [12]. Зростання потужності хвиль ЕГтГ через 12 тиж під впливом правостороннього та через 18 тиж – лівостороннього МП на тлі підвищення нормованих потужностей хвиль θ - й α -діапазону, очевидно, було проявом указаних процесів синхронізації у структурах головного мозку.

Причиною розвитку станів природної

резистентності під впливом слабких МП може бути підвищення функціональної активації трофотропних реакцій, виявлене нами та іншими авторами [3]. Оптимальна частота при збудженні симпатичних нервів коливається в межах 1–10 Гц, а парасимпатичних нервів – 25–100 Гц. Вплив МП може призводити до змін стану медіаторних систем мозку, оскільки відомо, що при неоднакових частотах імпульсації нейронів вивільняються різні набори медіаторів. Можна припустити, що дія вихрових імпульсних МП могла змінювати продукцію та вивільнення медіаторів у кількісному й якісному відношенні, що могло зумовлювати розвиток неспецифічних реакцій організму, які ми спостерігали у своїх дослідженнях.

Динаміка показників електричної активності відділів гіпоталамуса щурів у наших експериментах могла бути зумовлена і пластичними змінами в мозку під впливом МП. Відомо, що дія МП протягом декілька діб викликала у головному мозку щурів зменшення кількості темних нейронів і збільшення світлих; у гліальних клітинах спостерігалися набряки та висвітлення матриксу тощо [1]. Більш інтенсивна дія МП призводила до активації ядерного апарату нейронів і інвагінацій ядерної оболонки, ектопії ядерця, збільшення вакуолей і лізосом, розширення каналів ендоплазматичного ретикулума, фрагментації терміналей апікальних і бокових дендритів [1]. Такі структурні зміни клітин ЦНС при дії МП мали переважно адаптаційний характер і спостерігались у гіпоталамусі, субталамусі та корі великих півкуль [1, 15].

Гіпоталамусу належить провідна роль у здійсненні ендокринних реакцій. Тому не виключається і той факт, що показники ЕГТГ щурів при дії вихрових імпульсних МП змінювалися внаслідок нейрогуморальних реакцій. У попередніх експериментах ми досліджували модуляцію показників ЕГТГ

при формуванні стрес-відповіді [8]. Результати наведеного дослідження впливу МП на фонову електричну активність гіпоталамуса за циклічністю та напрямком змін показників ЕГТГ (відносно контролю) досить подібні тим, що спостерігались за умов моделювання стрес-реакції. Це може свідчити, що в змінах електричної активності гіпоталамуса при дії вихрових імпульсних МП певну роль відігравали медіатори та гормони стрес-системи організму за Сельє. В сучасній літературі [2, 13, 17, 23, 26] досить активно розглядається гіпотеза модуляції МП синтезу мелатоніну, циркадний ритм якого задається супрахіазматичними ядрами переднього гіпоталамічного відділу. Цей факт дає підстави вважати, що серед механізмів впливу МП на живий організм певне значення мають саме нейрогуморальні реакції.

**Г.А. Задорожная, В.П. Ляшенко,
О.З. Мельникова**

ВЛИЯНИЕ ВИХРЕВЫХ ИМПУЛЬСНЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ПРАВОГО И ЛЕВОГО НАПРАВЛЕНИЙ ВРАЩЕНИЯ НА БИОЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ГИПОТАЛАМУСА КРЫС

Исследовали влияние вихревых импульсных магнитных полей (МП), созданных путём вращения их источника в правом и левом направлении, на суммарную фоновую электрическую активность передней и задней гипоталамической областей мозга крыс. Электрогипоталамограммы (ЕГТГ) обеих исследованных зон показала существенное повышение по сравнению с контролем спектральной мощности волн средних частот (θ - α -диапазонов) и абсолютной мощности волн всех частотных диапазонов ЕГТГ, что свидетельствовало о возрастании в таких условиях активности синхронизирующих ритмообразующих систем мозга. Указанные изменения были более выражены в передней области, в которой находятся центры регуляции трофотропных реакций. Исследовательские характеристики ЕГТГ при действии МП правого вращения изменялись более существенно, чем под влиянием левого, что свидетельствует о различной биологической эффективности указанных полей.

Ключевые слова: вихревое импульсное магнитное поле, электрическая активность гипоталамуса, электрогипоталамограмма.

**G.A. Zadorozhnaya, V.P. Lyashenko,
O.Z. Melnikova**

**THE INFLUENCE OF THE VORTICAL
IMPULSIVE MAGNETIC FIELDS OF RIGHT
AND LEFT DIRECTIONS OF ROTATION
ON HYPOTALAMIC BIOELECTRIC ACTIVITY
IN RATS**

We investigated the influence of the vortical impulsive magnetic fields (MF), created by the rotation of their source in right and left direction, on the total background electric activity anterior hypothalamic (AHA) and dorsal hypothalamic areas (DHA) in rat brain. It is shown, that under the action of such MF in electrohypothalamograms (EHtG) of both investigated areas there was a substantial increase of spectral power of middle frequencies waves (teta-, alfa-diapasons) as compared to control absolute power of waves in all frequency ranges of EHtG, that testified to growth in such terms of activity of the synchronizing rhythm-formative systems of brain. The indicated changes were more pronounced in AHA, which contains centers of adjusting of trophotropic reactions. The investigated descriptions of EHtG at the action of MF of right rotation changed more substantially, than under influence of left directed MF, that indicates on different biological efficiency of the indicated fields.

Key words: the vortical impulsive magnetic field, hypothalamic electric activity, electrohypothalamogram.

O. Gonchar Dnipropetrovsk National University

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Агаджанян Н.А., Власова И.Г. Влияние инфранизкочастотного магнитного поля на ритмику нервных клеток и их устойчивость к гипоксии // Биофизика. – 1992. – **37**, вып. 4. – С. 681–689.
- Арушанян Э.Б., Бейер Э.В. Имунотропные свойства эпифизарного мелатонина // Эксперим. и клин. фармакология. – 2002. – **65**, №5. – С. 73–80.
- Бордюшков Ю.Н., Горошинская И.А., Франциянц Е.М. и др. Структурно-функциональные изменения мембран лимфоцитов и эритроцитов под воздействием переменного магнитного поля // Вопр. мед. химии. – 2000. – № 1. – С. 52–54.
- Гаркави Л. Х. Квакина Е. Б., Шихлярова А. И. и др. Магнитные поля, адаптационные реакции и самоорганизация живых систем // Биофизика, 1996. – **41**, вып. 4. – С. 898–905.
- Дмитриевский И.М. Космофизические корреляции в живой и неживой природе как проявление слабых воздействий // Там же. – 1992. – **37**, вып.4. – С. 674–680.
- Кучугурный Ю.П., Соколовский И.И., Яшин А.А. Моделирование комбинированных магнитных полей, используемых в магнитотерапии заболеваний – последствий радиационного облучения // Вестн. новых мед. технологий. – 2003. – **10**, № 4. – С. 73–75.
- Леднев В.В. Биоэффекты слабых комбинированных, постоянных и переменных магнитных полей // Биофизика. – 1996. – **42**, вып. 1. – С. 224–232.
- Ляшенко В.П., Мельникова О.З., Горковенко А.В. та ін. Динаміка характеристик електричної активності трофо- та ерготропної зон гіпоталамуса щурів у перебігу довготривалого емоційного стресу // Нейрофізіологія. – 2007. – **39**, № 1. – С. 69–80.
- Ноздрачев А.Д., Щербатых Ю.В. Современные способы оценки функционального состояния автономной (вегетативной) нервной системы // Физиол. человека. – 2001. – **27**, № 6, – С. 95–101.
- Парин С.Б., Полевая С.А. Преобразование информации в синапсе // Научная сессия МИФИ – 2005. VII Всерос. науч.-техн. конф. «Нейроинформатика-2005»: Сб. науч. тр. – М.: МИФИ. – 2005. Ч.2. – С. 112–115.
- Патент № 29009 А Украина, 6 А61N2/02. Пристрій для генерування магнітних полів / Філіпов Ю.О., Соколовский І.І., Гриценко І.І., Житник М.Я., Путилов Ю.Г., Руденко А.І. – Заяв.15.01.1993 № 3687 – XII. – Оpubл. 01.06.2000. – Бюл. № 5.
- Сидякин В.Г. Влияние флуктуаций солнечной активности на биологические системы // Биофизика. – 1992. – **37**, вып.4, – С. 647–652.
- Темурьянц Н.А., Шехоткин А.В, Камынина И.Б. Влияние слабого переменного магнитного поля сверхнизкой частоты на инфранидную ритмику физиологических систем, контролируемых эпифизом // Там же. – 1998. – **43**, вып. 5. – С. 783–788.
- Темурьянц Н.А., Владимирский Б.М., Тишкин О.Г. Сверхнизкочастотные электромагнитные сигналы в биологическом мире. – К.: Наук. думка, 1992. – 188 с.
- Холодов Ю.А. Мозг в электромагнитных полях. – М.: Наука, 1982. – 118 с.
- Bassett C. A. The development and application of pulsed electromagnetic fields for ununited fractures and arthromeres // Orthop. Clin. N. Am. – 1984. – **15**. – P. 61–87.
- Blackman C.F., Benane S.G., House D.E. The influence of 1.2 T, 60 Hz magnetic fields on melatonin- and tamoxifen-induced inhibition of MCF-7 cell growth // Bioelectromagnetics. – 2001. – **22**, № 2. – P. 122–128.
- Blinov L.M. Electro-optical and Magneto-optical Principles of liquid Crystals – London: John Wiley and Sons, 1983. – 56 p.
- Feychting M., Schulgen G., Olsen J. H., Ahlbom A. Magnetic fields and childhood cancer – a pooled analysis of two Scandinavian studies // Eur. J. Cancer. – 1995. – **31** A, № 12. – P. 2035–2039,
- Gennes P.G. The Physics of Liquid Crystals. – Oxford: Clarendon Press, 1974. – P.28.
- Gurney J. G., Davis S., Schwartz S. M. Childhood cancer occurrence in relation to power line configurations: a study of potential selection bias in case-control studies // Epidemiology. – 1995. – № 6. – P. 31–35.
- Hong F.T. Magnetic field effects on biomolecules, cells, and living organism // Biosystems. – 1995. – **36**, № 3. – P. 187–229.

23. Kato M., Honma K., Shigemitsu T., Shiga Y. Effects of exposure to a circularly polarized 50-Hz magnetic field on plasma and pineal melatonin levels in rats // *Bioelectromagnetics*. – 1993. – **14**. – P. 97–106.
24. Kordyum E. L. Bogatina N. I., Sheykina N. V. Weak combined magnetic fields affect a root gravitropic reaction // 13 Congress of the Federation of European Societies of Plant Physiology: interm. conf., 2-6 Septembr, 2002. – Hersonissos, Heraklion, Crete, Greece, 2002. – P. 340.
25. Lednev V.V. Possible mechanism for the influence of weak magnetic field on biological system // *Bioelectromagnetics*. – 1991. – 12. – P. 71–75.
26. Lerchl A., Rieter R.J., Howes K.A. Evidence that extremely low frequency Ca(2+)-cyclotron resonance depresses pineal melatonin synthesis in vitro // *Neurosci. Lett.* – 1991. – **124**, № 2. – P. 213–215.
27. Loscher W., Wahnschaffe U., Mevissen M. Effects of weak alternating magnetic fields on nocturnal melatonin production and mammary carcinogenesis in rats // *Oncology*. – 1994. – **51**. – P. 288–295.
28. Wilson B., Stevens R., Anderson L.E. Extremely Low Frequency. Electromagnetic fields: The Question of Cancer. – Columbus OH: Battelle Press, 1990. – P. 81.
29. Zilles K. The Cortex of the Rat. A Stereotaxis Atlas. – Berlin. Germany: Springer, 1985.

Дніпропетров. ун-т імені Олеся Гончара
E-mail: vinograd03@list.ru

Матеріал надійшов до
редакції 20.10.2008