

УДК 612.176:612/014.4

Чаус Т. Г. ¹⁾, Задорожна Г.О. ²⁾, Ляшенко В.П. ¹⁾,
Мельнікова О.З. ³⁾, Лукашов С. М. ¹⁾

ВПЛИВОМ ВИХРОВОГО ІМПУЛЬСНОГО МАГНІТНОГО ПОЛЯ РІЗНИХ НАПРЯМКІВ ОБЕРТАННЯ НА ЕЛЕКТРИЧНУ АКТИВНІСТЬ ГІПОТАЛАМУСА ЩУРІВ

¹⁾Дніпропетровський національний університет ім. Олеся Гончара,
e-mail: lyschenkov@mail.ru

²⁾Дніпропетровська медична академія,

³⁾Запорізький державний медичний інститут

Ключові слова: ерготропна зона гіпоталамусу, трофотропна зона гіпоталамусу, вихрове імпульсне магнітне поле, електрогіпоталамограма

Однією з сучасних наукових проблем, що з кожним роком привертає все більшу увагу багатьох дослідників, є з'ясування фізіологічних механізмів дії магнітних полів на живі організми. Вважають, що зі всього різноманіття природних та штучних магнітних полів найбільш біологічно активними є імпульсні поля [2; 17], а серед них - вихрові магнітні поля, які завдяки обертаючій компоненті відповідають у фізичному моделюванні трьохмірним структурам, що підвищує їх вплив на біооб'єкти [24]. Однак фізіологічні механізми дії імпульсних магнітних полів залишаються до тепер. Крім того, отримані досить суперечливі дані щодо різної ефективності дії на живі організми вихрових магнітних полів правого і лівого напрямків обертання. З'ясування цих питань, особливо за умов тривалої експозиції біооб'єктів у магнітних полях, представляє теоретичний інтерес та є важливим з точки зору практичного використання магнітних полів у дослідженнях і медицині.

Вважають, що одним з фізіологічних механізмів високої ефективності дії магнітних полів на функції живого організму є їхня здатність вносити інформацію безпосередньо у головний мозок, оминаючи органи чуття [1]. При цьому з усіх структур нервової системи найбільш чутливим до дії зовнішніх електромагнітних полів є гіпоталамус [23]. Оскільки йому належить роль вищого центру вегетативної та ендокринної регуляції в організмі, це може слугувати причиною значних впливів магнітних полів на показники внутрішнього середовища організму.

Відомо, що нейрони різних відділів гіпоталамуса, отримуючи інформацію про дію зовнішніх факторів на організм, синтезують набір гормонів і медіаторів, котрі значно впливають на роботу вегетативної нервової і ендокринної систем. Однак зміни функціональної активності нейронів гіпоталамуса за умов дії магнітних полів вивчені недостатньо, особливо за допомогою фізіологічних методів. В зв'язку з цим рівень знань про біологічну ефективність магнітних полів є явно недостатнім, що певною мірою перешкоджає встановленню механізмів дії цього фізичного фактору на організм ссавців. Тому представляло інтерес дослідження функціонального стану нейронів гіпоталамуса шляхом відведення їх фонові електричної активності за умов дії вихрових імпульсних магнітних полів правого і лівого напрямків обертання.

Ми вважали, що характеристика впливу магнітного поля на фізіологічний стан гіпоталамуса не може бути достатньо цілковитою без аналізу функціонального стану його переднього і заднього відділів, які мають свої особливості у вегетативній регуляції організму. Зокрема відомо, що при подразненні структур передньої зони гіпоталамуса виникають переважно парасимпатичні (трофотропні) ефекти, а при активації структур, розташованих у задній зоні гіпоталамуса, – симпатичні (ерготропні) [15]. Вказаним відділам гіпоталамуса властива також певна специфіка нервових зв'язків та гормонально-медіаторних механізмів [14]. Однак на теперішній час залишаються зовсім невідомими особливості впливу магнітних полів на функціональний стан нейронів переднього та заднього відділів гіпоталамуса. Подібні дослідження є необхідними як з точки зору механізмів впливу, так і з точки зору широкого використання магнітних сигналів в магнітній практиці і гігієнічному нормуванні.

Враховуючи все вищевикладене, метою нашого дослідження стало виявлення особливостей функціонального стану передньої та задньої зон гіпоталамуса за умов тривалої дії вихрових імпульсних магнітних полів правого і лівого напрямків обертання.

МАТЕРІАЛИ И МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Всі експерименти були виконані відповідно з існуючими міжнародними вимогами і нормами гуманного ставлення до тварин.

Досліди проводилися на білих безпородних щурах-самцях, яких розподілили на три групи. Перша, контрольна група (35 щурів) складалася з тварин, які перебували за стандартних умов віварію. На щурів другої (27 особин) і третьої (28 тварин) груп здійснювали вплив вихровим імпульсним магнітним полем відповідно правого та лівого

напрямків обертання. Експозиція у таких полях, яку створювали за допомогою магнітотерапевтичного апарату «Магнітер – 01» [16], тривала 15 хвилин щоранку в один і той же час. Параметри магнітного поля складали: індукція магнітного поля – 5-10 мТл, частота модуляції – 80 Гц. Загальна тривалість експерименту складала 21 тиждень.

Реєстрацію сумарної фонові електричної активності передньої і задньої зон гіпоталамуса (електрогіпоталограми, ЕГтГ) проводили за умов гострого експерименту. Хірургічну підготовку до нього здійснювали, використовуючи тіопентал натрію (50 мг/кг) та кетаміну гідрохлорид (15 мг/кг), які вводили внутрішньочеревино.

Відведення біопотенціалів зон гіпоталамуса здійснювали голчатими електродами (ніхром, діаметр 100 мкм, лакова ізоляція за винятком кінчика) за допомогою поліграфу ПБЧ – 01. Координати зон гіпоталамуса визначали за атласом фронтальних перерізів мозку щура [27]. Для трофотропної зони (anterior hypothalamic area, АНА) вони складали: росто-каудальна координата – -1,4 мм, латеральна координата – 0,8 мм, вентральна координата – 9,0 мм; для ерготропної зони (dorsal hypothalamic area, ДНА) відповідно – -2,3 мм, 0,3 мм, 8,0 мм.

По закінченню експерименту проводилась декапітація тварин і морфологічний контроль локалізації кінчиків електродів.

Реєстрацію ЕГтГ проводили у підгрупах з 3-5 тварин різних експериментальних груп через кожні три тижні впродовж усього періоду спостереження. Результати окремих досліджень запам'ятовували, зберігали та обробляли на ЕОМ за допомогою програми «Eksperiment» (Інститут фізіології ім. О.О. Богомольця, м. Київ) та «Mathcad 2001». Використовували рекомендовану Міжнародною федерацією суспільства електроенцефалографії та клінічної нейрофізіології класифікацію коливань ЕГтГ за частотними діапазонами: дельта (δ)-хвилі – 0,5 – 3,5 Гц, тета (θ) – 4 – 7 Гц, альфа (α) – 8 – 13 Гц, бета (β) – 14 – 35 Гц [9]. В усіх записах електричної активності тривалість епохи аналізу становила 10 с з кроком дискретизації частоти df , рівним 0,1 Гц. Для видалення крайових ефектів використовували вікно Хеммінга. Аналізували потужність (мкВ^2) хвиль ЕГтГ у межах різних частотних діапазонів, а також спектральну композицію ЕГтГ, тобто відсоток потужності хвиль певного діапазону щодо загальної потужності всіх коливань у запису.

Статистичну обробку результатів, отриманих у тварин різних експериментальних груп, проводили за програмою «Origin 6.0 Professional».

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

В результаті наших досліджень було виявлено, що аналізовані показники ЕГтГ характеризувались певною динамікою у щурів всіх трьох експериментальних груп. Зміни потужності частотних компонентів ЕГтГ трофотропного відділу гіпоталамуса, які спостерігались у цих тварин протягом 21 тижнів експерименту, представлені на рис. 1.

В контрольній групі щурів протягом дослідження найбільш варіативними в ЕГтГ були потужності дельта- (рис. 1, А) і бета-ритмів (рис. 1, Г). Зокрема потужність дельта-хвиль від мінімальної величини через 3 тижні експерименту зростала через 9 тижнів майже у три рази. Протягом наступного періоду (через 12 – 18 тижнів) цей показник знов зменшувався до початкового значення, а через 21 тиждень відбулось достовірне його зростання.

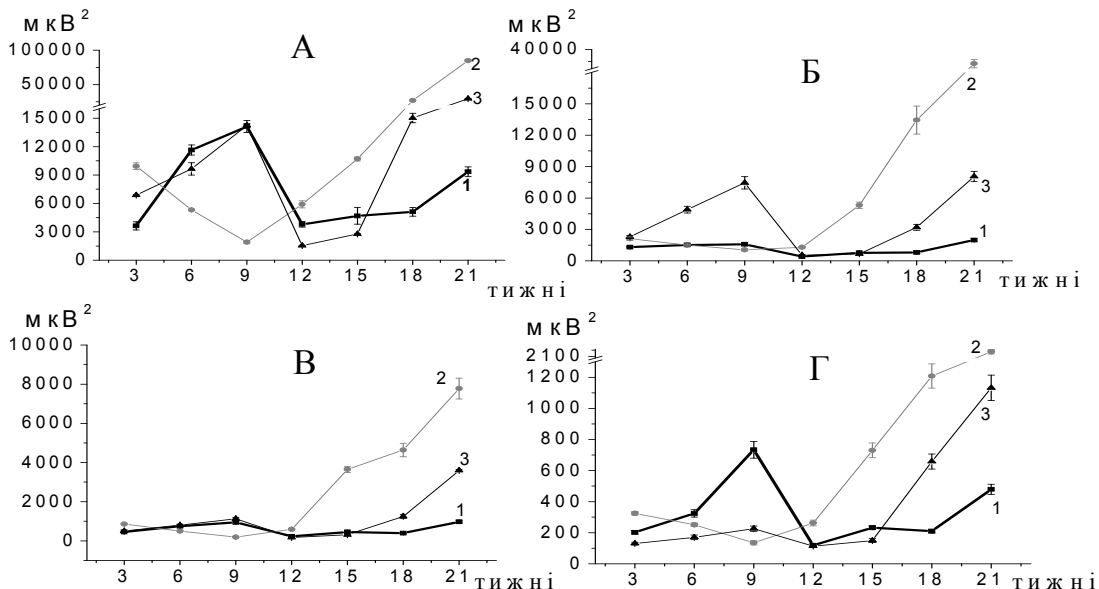


Рис. 1. Динаміка потужностей частотних компонентів ЕГтГ, відведених від трофотропної зони гіпоталамуса щурів:

1 (контрольна група), 2 (група тварин, які підпадали під дію МП правого напрямку) і 3 (тварини, що зазнавали впливу лівостороннього МП) груп.

По осі абсцис – термін спостереження, тижні; по осі ординат – потужність коливань ЕГтГ, mV^2 . А-Г динаміка потужностей коливань дельта-, тета-, альфа- та бета-діапазонів відповідно.

Подібно до описаної динаміки потужності дельта-хвиль протягом експерименту змінювалась потужність електричних коливань у бета-діапазоні (рис. 1, Г), тоді як аналізовані показники для тета- і альфа-хвиль в контрольній групі тварин в трофотропній зоні гіпоталамусу залишались досить стабільними (рис. 1 Б, В).

При застосуванні імпульсного магнітного поля правого напрямку (у тварин 2 групи) динаміка потужностей хвиль усіх частотних діапазонів істотно відрізнялась від описаної для контрольної групи. Потужність дельта-хвиль зменшувалась з початку експерименту до мінімального значення через 9 тижнів, після чого вона почала зростати, сягаючи максимуму через 21 тиждень досліду (рис.1, А). При цьому через 6-9 тижнів потужність дельта-хвиль була достовірно нижчою, а через 3 тижні та у період через 12 тижнів і до кінця експерименту – достовірно вищою, ніж у контролі. Зокрема через 21 тиждень потужність дельта-хвиль перевищувала цей показник ЕГтГ контрольних тварин в 9 разів. Те ж саме можна було відмітити стосовно динаміки потужності бета-хвиль у тварин 2 групи протягом експерименту. Зміни аналізованого показника в тета- и альфа-діапазонах під впливом магнітного поля правого напрямку обертання полягали у тім, що через 12 тижнів дослідження, до чого потужність хвиль достовірно не відрізнялась від контрольних значень, відбувалось значне його зростання, як було відмічено у цей самий період стосовно біоелектричної активності у дельта- та бета-діапазонах.

На відміну від впливу магнітного поля правого напрямку обертання, поле з лівим напрямком обертання (3 група тварин) майже не змінювало динаміки потужностей хвиль ЕГтГ тропотропної зони гіпоталамусу щурів у порівнянні з контролем 18 тижнів експерименту (рис. 1). Однак абсолютні значення аналізованого показника зберігались у тварин 3 групи тільки для електричної активності в альфа-діапазоні. Потужність дельта-хвиль ЕГтГ тварин, які знаходились під впливом магнітного поля правого напрямку, через 3 тижні досліду була вищою, ніж у контролі, а потім досить тривалий час (через 6, 12 та 15 тижнів) вона достовірно зменшувалась. Потужність бета-хвиль у тварин 3 групи змінювалась подібним чином, але була зменшеною вже через 3 тижні експерименту. На відміну від цього, через 3 -9 тижнів у цих щурів достовірно збільшувалась потужність тета - хвиль, але через 12 - 15 тижнів вона не відрізнялась від такого показника у контрольній групі. Через 18 тижнів дослідження відбувалось зростання потужності хвиль ЕГтГ тварин 3 групи в усіх частотних діапазонах. Воно було достовірним у порівнянні з контролем, однак значно меншим, ніж у тварин 2 групи, на яких діяло поле з правим напрямком обертання магнітної голівки.

Описані зміни потужностей хвиль ЕГтГ тропотропної зони протягом дослідження у тварин різних експериментальних груп, у цілому, були характерними і для ерготропної його зони (рис. 2). Однак

необхідно відмітити, що у задньому відділі гіпоталамуса потужність електричних коливань була зменшеною відносно цього показника в передній зоні. Це, очевидно, відображало більш активний стан ерготропного відділу, якому належить провідна роль у безперервному аналізованні різноманітних сигналів внутрішнього та зовнішнього середовищ організму, що веде до десинхронізації активності нейронів досліджуваної структури, наслідком чого могло бути зменшення потужності електричних коливань.

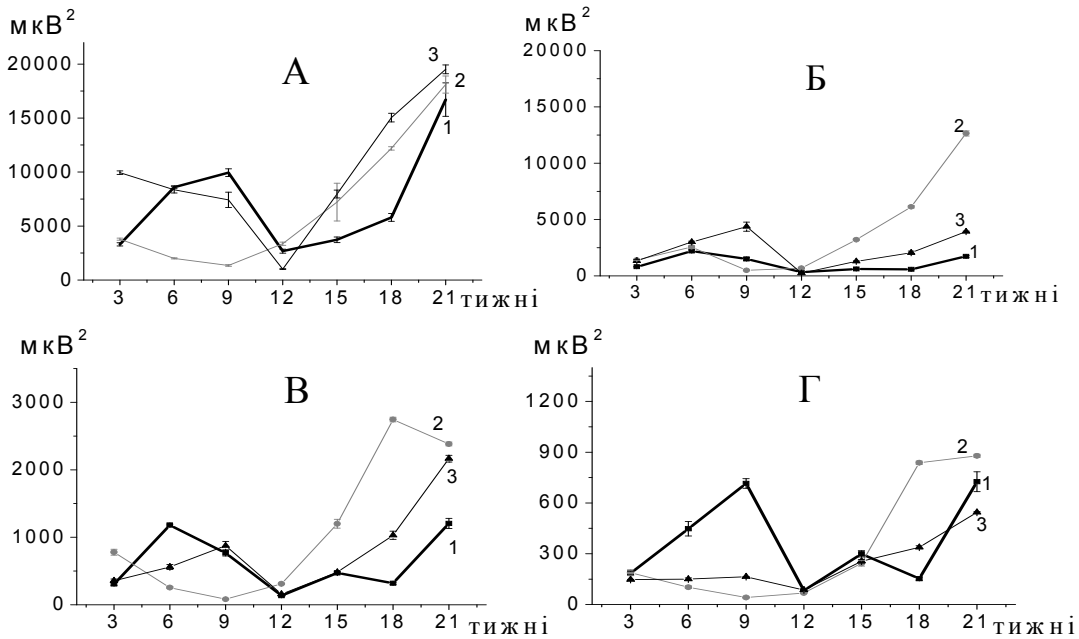


Рис. 2. Динаміка потужностей частотних компонентів ЕГТГ, відведених від ерготропної зони гіпоталамуса щурів.
Позначення ті ж самі, що на рис. 1.

Вплив магнітного поля правого і лівого напрямків обертання на динаміку потужності хвиль ЕГТГ ерготропного відділу був подібним до такого в трофотропній зоні. Однак в ньому дія лівостороннього поля на потужність дельта-хвиль виявилась більш ефективною, ніж у передній частині гіпоталамуса, а також у порівнянні з впливом на цей показник поля правого напрямку обертання. Крім того, в ерготропній зоні гіпоталамуса, починаючи з виміру через 12 тижнів експерименту, дія магнітних полів обох напрямків обертання на потужність бета-хвиль була менш виразною, ніж у трофотропній зоні.

Підсумовуючи вищевикладене, можна стверджувати, що характер впливу імпульсних магнітних полів на електричну активність гіпоталамуса істотно залежав від тривалості їхньої дії, а також від напрямку обертання магнітної голівки. Зокрема у змінах потужності хвиль ЕГТГ щурів при експозиції їх у полі правого

напрямку можна виділити періоди, протягом яких значення аналізованого показника зростали (через 3 тижні та через 12 тижнів і до кінця експерименту). Між ними знаходився період досить тривалого (через 6 - 9 тижнів експерименту) зменшення потужності хвиль. Така картина була характерною для хвиль усіх частотних діапазонів обох досліджуваних зон гіпоталамуса.

Вказані зміни потужності хвиль ЕГтГ, що відбувались під впливом поля правого напрямку обертання, в цілому, спостерігались також під дією поля лівого напрямку. Однак в останньому випадку їх прояв був менш істотним. Крім того, можна було відмітити збільшення тривалості другого періоду (через 9 - 15 тижнів) і відповідно зменшення третього. Оскільки кожні наступні зміни параметрів ЕГтГ могли бути наслідком їх модуляції у попередній період, така особливість динаміки потужності хвиль ЕГтГ під впливом лівостороннього магнітного поля, очевидно, була зумовленою його меншою ефективністю (у порівнянні з правонаправленим полем) щодо процесів, які можуть відображатись в ЕГтГ. Однак є можливими інші причини такої дії МП лівого напрямку, оскільки у тварин, що знаходились під його впливом, відбувалось значне зростання потужності тета - хвиль через 6 - 9 тижнів, що не спостерігалось у щурів 2 групи.

Наряду з вищеописаними змінами абсолютної потужності хвиль ЕГтГ щурів під впливом магнітних полів правого і лівого напрямку обертання, ми визначали також динаміку спектральної потужності частотних компонентів ЕГтГ, тобто їх потужність, нормовану до загальної потужності електричної активності відділів гіпоталамуса. Такий підхід був обґрунтований тим, що, якісні показники у динаміці формування ЕГтГ в деяких випадках є більш інформативними, ніж кількісні, та можуть відображати модуляцію ритмів електричної активності мозкової структури відносно один одного, що не можна помітити при аналізуванні значень абсолютної потужності.

Зокрема у щурів різних експериментальних груп потужність дельта-ритму в ЕГтГ коливалась, приблизно, в однакових межах. Але при спектральному аналізі виявлено, що протягом майже усього дослідження відсоток вказаних хвиль в трофотропній зоні гіпоталамуса значно зменшувався під дією магнітних полів обох напрямків, у порівнянні з контролем (рис. 3, А).

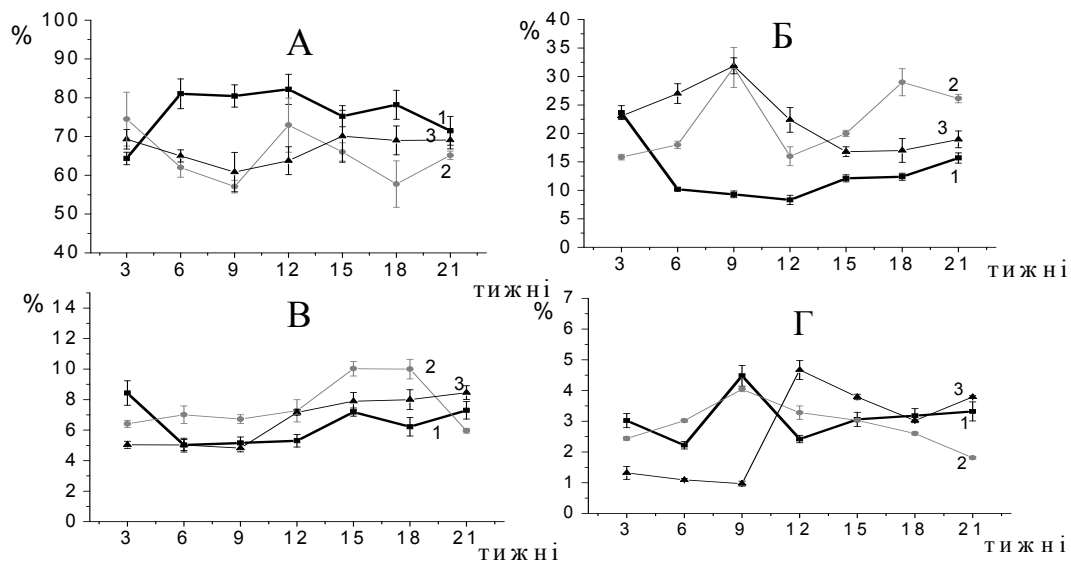


Рис. 3. Динаміка нормованої спектральної потужності частотних компонентів ЕГТГ, відведених від трофотропної зони гіпоталамуса щурів.

По осі абсцис – термін спостереження, тижні, по осі ординат – спектральна потужність (%), нормована до сумарної потужності коливань ЕГТГ у кожному часовому інтервалі спостереження. Решта позначень ті ж самі, що й на рис. 1.

Частка тета – коливань в ЕГТГ переднього гіпоталамуса контрольних щурів від найвищих показників з початку спостереження різко зменшувалась і залишалась більш – менш стабільною на рівні 8-12% до кінця експерименту (Рис. 3, Б). Початкові показники тета – активності трофотропної зони гіпоталамуса щурів, які зазнавали впливу правого МП, були меншими за контрольні, але впродовж решти експерименту завжди перевищували показники 1 групи та коливались в межах 16 – 31%, з максимумами через 9 і 18 тижнів досліду. Представництво тета – коливань в ЕГТГ передньої зони у щурів 3 групи через 3 тижні не відрізнялось від показників контрольних тварин, але на подальших етапах воно було завжди більшим, ніж значення контролю.

Зміни динаміки спектральної потужності хвиль альфа-діапазону в трофотропній зоні у тварин під впливом МП обох напрямків у порівнянні з контролем були подібними вищеописаним для електричної активності в тета - діапазоні (рис. 3, В), тобто протягом майже усього експерименту значення спектральної потужності альфа-хвиль у щурів, що знаходились під впливом МП, були вищими, ніж в ЕГТГ тварин контрольної групи. На відміну від цього, вплив МП на представництво бета-хвиль в ЕГТГ трофотропної зони був більш складним. Зокрема правостороннє поле, в основному, сприяло зменшенню цього показника (за винятком показників через 6 та 12

тижнів), а лівостороннє МП чинило такий самий вплив лише у першій половині досліду, а починаючи з виміру через 12 тижнів сприяло зростанню спектральної потужності бета-хвиль в ЕГтГ тварин. Однак можна припустити, що такі зміни внаслідок невеликої кількості бета-хвиль в значній мірі залежали від значень у відповідні тижні спектральних потужностей хвиль інших частотних діапазонів.

Як і в трофотропній зоні, в ЕГтГ ерготропної зони гіпоталамуса зберігалась тенденція зменшення спектральної потужності дельта-хвиль і збільшення цього показника для хвиль тета-діапазону під впливом МП обох напрямків (рис. 4, А, Б). Спектральна потужність альфа-хвиль протягом експерименту в задньому відділі достовірно зменшувалась у порівнянні з контролем через 6 - 9 тижнів досліду під дією правостороннього і через 3 – 6 та 15 тижнів при експозиції тварин у лівосторонньому полі (рис. 4, В). В інші тижні експерименту спостерігалось зростання цього показника, як це було відмічено у трофотропному відділі. Представництво бета-хвиль в ЕГтГ ерготропної у тварин 2 и 3 груп було протягом майже усього експерименту зниженим відносно контролю (рис. 4, Г).

Таким чином, аналіз динаміки нормованої потужності хвиль різних частотних діапазонів ЕГтГ тварин показав, що в електричній активності обох зон гіпоталамуса протягом експерименту та під дією вихрових магнітних полів відбувались не тільки зміни абсолютних потужностей хвиль, але й певний перерозподіл їх частот. Зокрема, звертає увагу факт збільшення протягом експерименту у тварин 2 і 3 груп представництва хвиль середніх частот тета- и альфа - діапазону, особливо у трофотропному відділі гіпоталамуса, що може вказувати на посилення за умов дії МП активності синхронізуючих ритмоутворюючих систем мозку. Таке явище могло сприяти загальному підвищенню абсолютних потужностей електричних коливань усіх частотних діапазонів, яке починалось в досліджуваних відділах гіпоталамуса тварин 2 и 3 груп через 12 - 15 тижнів і характеризувалось максимальним проявом наприкінці експерименту.

Необхідно відмітити, що в ЕГтГ тварин, які зазнавали дії вихрових імпульсних МП, найбільш істотно і стабільно зростала нормована потужність хвиль тета – діапазону, що, очевидно, відображало особливості електричної активності досліджуваної структури мозку. Крім того, зважаючи на те, що подібні зміни параметрів ЕГтГ щурів описані в багатьох роботах з моделюванням різних стрес – станів (зооконфліктна ситуація, ноцицептивне подразнення кінцівок експериментальних тварин) [11; 25], отримані нами результати можна розглядати як прояви в електричній

активності гіпоталамуса під дією використаних МП ознак напруги та стресового навантаження.

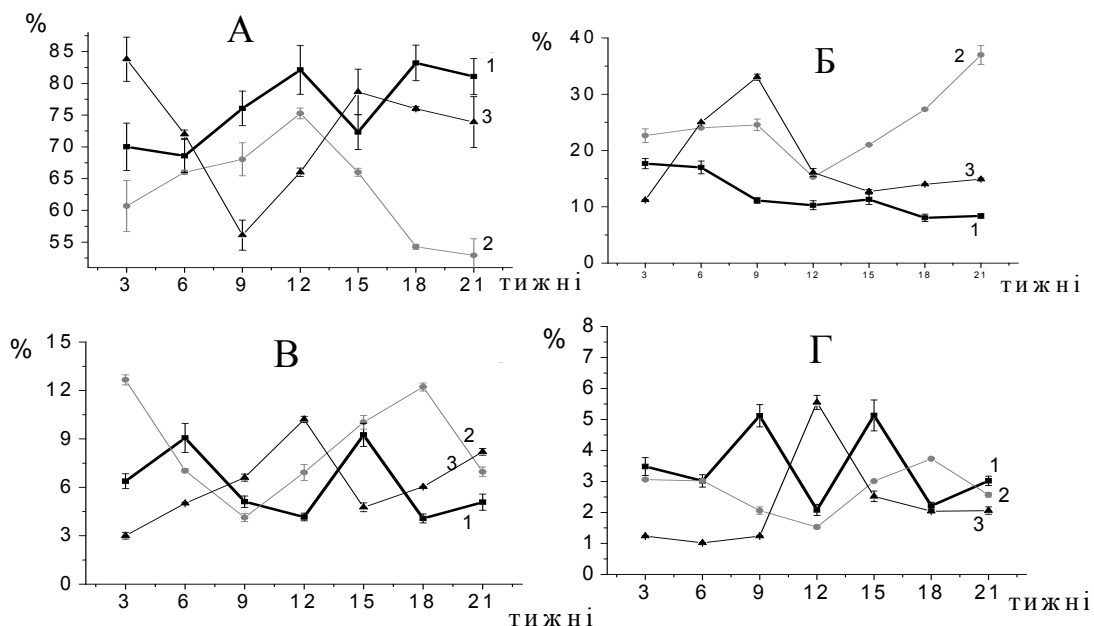


Рис. 4. Динаміка нормованої спектральної потужності частотних компонентів ЕГГ, відведених від ерготропної зони гіпоталамуса щурів. Позначення ті ж самі що на рис. 3.

Посилення активності в тета – діапазоні у щурів і деяких інших тварин, крім того, вважають показником активного стану мозку [9]. Відмічають, що синхронізовані коливання з частотою 4 – 7 в 1 с виникають в давніх структурах мозку – гіпокампі, гіпоталамусі та ретикулярній формації - у відповідь на різноманітні подразнення [6]. Довгочасна дія слабким низькочастотним імпульсним МП призвела до значного і стабільного зростання потужності тета – ритму в другій половині нашого досліджу. Це могло свідчити про розвиток в організмі щурів за таких умов активного стресоподібного стану.

Такий результат є цікавим з точки зору сучасних досліджень, що характеризують різні сторони загальної реакції, індукованої використанням слабких змінних МП, зокрема підвищення загальної резистентності організму [3]. Встановлено, що воно формується по механізму адаптаційного синдрому при провідній ролі системних нейрогуморальних механізмів регуляції функцій і може застосовуватись для корекції розладів діяльності функціональних систем організму внаслідок дії любых стрес-чинників [2; 3; 16]. Однак тривала дія слабких змінних МП може призводити до послаблення функціональних резервів організму та появи оборотних порушень структури і функцій. Така динаміка впливу слабких змінних МП

відповідає різним фазам стрес-відповіді організму, прояви яких, або деяких з них (враховуючи поетапний характер змін характеристик ЕГтГ щурів при дії на них вихрових імпульсних МП), ми могли спостерігати в електричній активності гіпоталамуса щурів.

Підвищення неспецифічної резистентності організму в відповідь на дію МП супроводжується, за даними літератури, помірним зниженням збудливості кори головного мозку та розвитком неспецифічного оборотного гальмування функцій специфічних систем головного мозку [2]. Відбувається синхронізація електричних ритмів кори та гіпоталамуса, що відображує розвиток функціональних змін центральної нервової системи, які мають пристосувальне значення [20]. Зростання потужності хвиль ЕГтГ через 12 тижнів під впливом правостороннього поля і через 18 тижнів – при дії лівостороннього МП на тлі підвищення нормованих потужностей хвиль тета- і альфа-діапазону, очевидно, відображало такі процеси синхронізації у структурах головного мозку.

Зростання значень потужності усіх компонентів ЕГтГ щурів наприкінці експерименту було загальною тенденцією отриманих результатів. У контрольних тварин показники зростали в 1,5 – 2 рази у трофотропній зоні гіпоталамуса і в 2,5 – 4 рази в ерготропній. В електричній активності гіпоталамуса щурів, які знаходились під дією лівонаправленого МП, показники потужностей ритмів ЕГтГ через 21 тиждень перевищували контрольні приблизно в 3 – 4 рази у передньому відділі гіпоталамуса і 1,15 – 2 рази в його задньому відділі. В ЕГтГ щурів, які зазнавали впливу правого МП, значення показників перевищували контрольні в 5 – 17 разів в передньому відділі і в 1,17 – 7 разів у задньому. Такі результати дозволяють зробити певні висновки щодо дії використаних МП в залежності від напрямку обертання магнітної голівки та стосовно їх впливу на трофо- і ерготропний відділи гіпоталамусу.

Наші дослідження показали, що біологічну активність мало вихрове імпульсне МП як з правим, так і з лівим напрямком обертання магнітної голівки. Однак протягом майже усього експерименту правостороннє поле виявилось більш ефективним, ніж лівостороннє. Цікава аналогія такого результату з висновками, отриманими в експериментах, в яких досліджували вплив крайне височастотного випромінювання на амплітуду альфа-ритму ЕЕГ людини і виявили, що правополяризоване випромінювання діяло більш ефективно, ніж лівополяризоване [8]. Встановлена також різна чутливість ока до лівої та правої компонент циркулярно поляризованого світла [7]. Враховуючи дані цитованих робіт, можна стверджувати, що

результати наших експериментів відображали певну універсальну закономірність дії електромагнітних випромінювань на біооб'єкти.

Стосовно впливів МП на живі організми відома велика чутливість до них структур ЦНС. У наших дослідах протягом усього періоду спостереження при дії МП відбувались істотні зміни фонові електричної активності трофотропної і ерготропної зон гіпоталамуса тварин, причому динаміка досліджуваних показників ЕГТГ була досить подібна в обох відділах. Це може свідчити про їх спільну участь в реалізації відповіді організму на вплив МП і бути зрозумілим, враховуючи можливі механізми дії МП, перш за все, на клітинному рівні.

Найбільш чутливими до різноманітних хімічних і фізичних агентів є мембрани. МП, як відомо, впливають на рухомі електричні заряди. Тому дія МП викликає у мембранах низку зв'язаних між собою змін: транспорту іонів, величини мембранного потенціалу клітин, числа і типу активних потенціалзалежних іонних каналів і, у кінцевому підсумку, збудливості нейронів. Це може відобразатись у модуляції фонові сумарної електричної активності мозкових структур, яка є результатом сумачії постсинаптичних потенціалів на мембранах нейронів [9; 6]. При цьому у різних структурах такі явища можуть бути досить однотипними внаслідок спільних іонних механізмів, які зумовлюють електричні властивості мембран. Це могло у наших дослідах викликати схожі зміни параметрів ЕГТГ під дією МП в трофотропній і ерготропній зонах гіпоталамуса. Не виключено також, що внаслідок близького розташування досліджених структур електричні поля кожної з них могли суттєво взаємодіяти між собою.

Однак мембранні механізми модуляції фонові електричної активності нейронів під дією МП треба розглядати паралельно з механізмами більш високих рівнів. Це зумовлено складним характером формування такої активності, який передбачає взаємозв'язок між різними структурами головного мозку [6], чутливість яких до дії МП може бути різною [23], та певну роль у цьому периферичних сигналів, що надходять у мозок через висхідні шляхи від органів, стан яких також може змінюватись при магнітних впливах [21]. Зокрема варіації ЕГТГ могли бути зумовленими кортико-гіпоталамічними впливами, оскільки відома велика чутливість кори мозку до дії МП [23]. В електричній активності трофотропної зони могли відображуватись процеси, що відбувались в ерготропній (і навпаки) внаслідок існування нервових зв'язків між ними [6; 25]. Однак з'ясування міжструктурних функціональних взаємовідносин

відділів головного мозку під впливом МП на теперішній час ще зостається актуальним та перспективним завданням подальших досліджень.

Тотальна проникна дія низькочастотного магнітного поля викликає різноманітні процеси на системному (рефлекторно – гуморальному) та структурно – метаболічному (фізико – хімічному та біохімічному субклітинному, клітинному, тканинному) фізіологічних рівнях [19]. Саме тому динаміка показників електричної активності відділів гіпоталамуса щурів, що зазнавали впливу поля, могла відобразити зміни електричних явищ, що супроводжували структурні перетворення. Але не виключний і той факт, що параметри ЕГтГ щурів при дії вихрових імпульсних МП змінювались і за рахунок нейрогуморальних реакцій, в здійсненні яких провідна роль належить гіпоталамусу. Такі зміни були достовірними протягом майже усього дослідження, хоча реєстрація фонові електричної активності проводилась не під час безпосереднього впливу МП. Це вказувало на те, що їх походження могло бути зумовлено виникненням досить повільних реакцій, що можуть здійснюватись гуморальним шляхом, а не тільки дією МП на структури ЦНС, яким властива швидка і відносно короткотривала відповідь на подразнення.

Крім того, на нейрогуморальний механізм змін ЕГтГ трофотропної і ерготропної зон гіпоталамуса при магнітних впливах вказували електрографічні прояви різних фаз стрес-реакції організму, які вже обговорювались вище. Очевидно, в ЕГтГ кожної з досліджуваних зон відображались зміни активності іншої, оскільки за природних умов симпатична і парасимпатична системи знаходяться у певному тонусі та взаємодіють між собою [15]. Однак активація ерготропного відділу гіпоталамуса, як правило, має десинхронізуючий вплив на електричну активність мозкових структур, а в трофотропному відділі представлені синхронізуючі механізми [14]. Тому можна припустити, що у першій половині експерименту на показники ЕГтГ обох зон гіпоталамуса більш істотний вплив справляла активація ерготропного відділу (зменшення потужності хвиль ЕГтГ при дії МП). В другій половині дослідження превалювала функціональна активація трофотропної зони гіпоталамуса при магнітному впливі обох напрямків, оскільки в цей період спостерігалась синхронізація ритмів ЕГтГ. Порівняння ступеню прояву вказаних десинхронізуючих і синхронізуючих впливів в ЕГтГ показало, що останні були значно виразнішими, що могло свідчити про функціональну активацію трофотропного відділу як за рахунок безпосередньої дії МП, так і впливами від заднього гіпоталамуса, що

відбувається за умов розвитку стрес-реакції в організмі і має обмежувати її у фізіологічно припустимих границях. Результати наших дослідів можна пов'язати з іншими, в яких спостерігалось підсилення тону парасимпатичної нервової системи під дією МП [5; 18]. Можливо, підвищення функціональної активації трофотропних реакцій є причиною розвитку станів природної резистентності під впливом слабких МП, які базуються на відновлювальних компенсаторних процесах, і в яких не спостерігається виснаження та необоротного порушення функцій організму. І тут доречно буде згадати, що оптимальна частота при збудженні симпатичних нервів коливається межах 1 – 10 Гц, а парасимпатичних нервів 25 – 100 Гц. Якщо в даному випадку припустити наявність реакції засвоєння частоти нервовими волокнами використаного нами МП, то зрозуміло, чому саме трофотропний відділ гіпоталамусу набуває найбільшої функціональної активації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Аристархов В.М. Биофизические механизмы действия магнитного поля (теоретические и экспериментальные исследования). - Автореф. дис... докт. биол. наук. - М.: Институт химической физики РАН, 2003. - 86 с.
2. Берлин Ю.В., Бувин Г.М., Белькевич В.И., Гак Е.З. Некоторые особенности действия импульсных магнитных полей на электропроводные жидкости и биологические системы / Реакции биологических систем на магнитные поля. - М.: Наука, -1978. -С. 39-48.
3. Ведяев Ф.П., Воробьева Т.М. Модели и механизмы эмоциональных стрессов. - К.: Здоров'я, 1983. - 136 с.
4. Гаркави Л.Х., Квакина Е.Б., Уколова М.А. Адаптационные реакции и резистентность организма. - Ростов на Дону: Издательство Ростовского университета. - 1990. - 224 с.
5. Гишинская Н.Ю. Магнитные поля в лечении сосудистых заболеваний мозга / Магнитология. - 1991. №1. - С. 13-17.
6. Гусельников В.И. Электрофизиология головного мозга. - М.: Высшая школа, - 1976. - 424 с.
7. Дмитриевский И.М. Воздействие поляризованного света на глаз человека (новое объяснение зрительного феномена, обнаруженного И.М. Фейгенбергом). Препринт МИФИ 014-85. М., 1985.
8. Дмитриевский И.М. Космофизические корреляции в живой и неживой природе как проявление слабых воздействий // Биофизика. - 1992. - Т. 37, вып.4, - С. 674-680.
9. Зенков Л.Р. Клиническая электроэнцефалография (с элементами эпилептологии). - М.: МЕДпрессинформ, 2001. - 368 с.
10. Котляревская Е.С. Исследование функционального состояния гипоталамической области головного мозга при противоопухолевом действии магнитных полей: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Ростов на Дону, 1974. - 24 с.

11. Ляшенко В.П., Мельникова О.З., Горковенко А.В., Лукашов С.М., Чаус Т.Г. Динаміка характеристик електричної активності трофо- та ерготропної зон гіпоталамуса щурів у перебігу довготривалого емоційного стресу // *Нейрофізіологія*. – 2007. – Том 39, № 1. – С. 69-80.
12. Малыгина В.И., Грабовская Е.Ю. Влияние переменных магнитных полей инфранизкой частоты на функциональное состояние симпато-адреналовой системы // *Ученые записки Таврического национального университета*. – 2006. № 2 (58). – С. 32-35.
13. Мартынюк В.С. К вопросу о синхронизирующем действии магнитных полей инфранизких частот на биологические системы // *Биофизика*. – 1992. – Т.37, вып.4, – С. 669-674.
14. Могилевский А. Я., Романов Д.А. Гипоталамус: активация мозга и сенсорные процессы. – К.: Наук. думка, 1989. - 324 с.
15. Ноздрачев А.Д., Щербатых Ю.В. Современные способы оценки функционального состояния автономной (вегетативной) нервной системы // *Физиология человека*. – 2001. – Т.27, № 6, С. 95 – 101.
16. Патент Пат. 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-ХІІ; опубл. 01.06.2000. Бюл. № 5-11.
17. Пестряев В.А. Некоторые изменения биоэлектрической активности головного мозга при коротких регулируемых воздействиях импульсных электромагнитных полей // *Биофизика*. – 2003. – Т.48, вып.4, – С. 733-739.
18. Стрелкова Н.И. Поясничные боли и физические методы лечения // *Вопросы курортологии, физиотерапии и ЛФК*. – 1993. – №6. – С. 52-54.
19. Сидякин В.Г. Влияние флуктуаций солнечной активности на биологические системы // *Биофизика*. – 1992. – Т.37, вып.4, – С. 647-652.
20. Сидякин В.Г., Сташков А.М. Магнитоиндуцированные реакции в механизмах радиорезистентности организма // *Ученые записки Таврического национального университета*. – 2001. – № 7. – С. 46.
21. Темурьянц Н.А., Владимирский Б.М., Тишкин О.Г. Сверхнизкочастотные электромагнитные сигналы в биологическом мире. – К.: Наук. думка, 1992. - 188 с.
22. Теппермен Дж., Теппермен Х. Физиология обмена веществ и эндокринной системы. – М.: Мир, –1989.
23. Холодов Ю.А. Мозг в электромагнитных полях. – М.: Наука – 1982. - 286 с.
24. Хоменко О.М. Вплив вихрового імпульсного магнітного поля на функції органів травлення та крові (моделі та механізми) // Автореф. дисс. ... канд.биол.наук. - Дніпропетровськ, – 2002. – 20 с.
25. Шеверева В.М., Особенности формирования и обратимости эмоциональных нарушений у крыс при нейрогенном стрессе // *Нейрофизиология*. – 2003. – Том 35, № 2. – С. 147-158.
26. Bernhard H. Gaese, Joachim Ostwald. Anesthesia changes frequency tuning of neurons in the rat primary cortex // *J. Neurophysiol.* - 2001. – Vol. 86, № 2. – P. 1062 – 1066.
27. Zilles K. *The Cortex of the Rat. A Stereotaxis Atlas*. – Berlin. Germany: Springer, – 1985. – 132 p.

Чаус Т. Г., Задорожная Г. А., Ляшенко В. П.,
Мельникова О. З., Лукашев С. Н.

**ДЕЙСТВИЕ ВИХРЕВОГО ИМПУЛЬСНОГО МАГНИТНОГО
ПОЛЯ РАЗНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ВРАЩЕНИЯ НА
ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ГИПОТАЛАМУСА КРЫС**

Ключевые слова: эрготропная зона гипоталамуса, трофотропная зона гипоталамуса, вихревое импульсное магнитное поле, электрогипоталамограмма

Исследовали влияние вихревых импульсных магнитных полей, созданных вращением головки магнита в правом и левом направлении, на суммарную фоновую электрическую активность трофо- и эрготропной зон гипоталамуса крыс. Установлено, что при длительном влиянии указанных магнитных полей существенно возростала мощность электрических процессов в гипоталамусе, особенно в его трофотропной зоне. Показаны особенности действия магнитных полей левого и правого направлений на динамику мощностей частотных компонентов электрогипоталамограммы (ЭГТГ). Результаты экспериментов показали, что изменения параметров ЭГТГ крыс под действием вихревых импульсных магнитных полей осуществлялись за счет нейро-гуморальных реакций.

**Chaus T. G., Zadorozhnaja G. A., Lyashenko V. P.,
Melnikova O. Z., Lukashev S. N.**

**THE EFFECT OF VORTEX PULSE MAGNETIC FIELD OF DIFFERENT
DIRECTIONS ON THE ELECTRIC ACTIVITY OF HYPOTHALAMUS IN
RATS**

Key words: anterior hypothalamic area, dorsal hypothalamic area, vortex pulse magnetic field, electrohypothalamogram

The influence of the vortex pulse magnetic field created by the rotation of the head of the magnet in the right and left direction on the total background electric activity of trophotropic and ergotropic sections of rats' hypothalamus has been researched. It is determined that under the continuous impact of such magnetic fields the power of the electric processes in hypothalamus is greatly increased, particularly in its trophotropic section. The specific effect of the magnetic fields of the left and right directions on the dynamics of the power of frequency components of the electrohypothalamogram (EHtG) is shown. The results of the experiments show that changes in the parameters of rats' EHtG under the influence of the vortex pulse magnetic field were due to the neuro-humoral reactions.