

УДК 612.176:612/014.4

Г. О. Задорожна, В. П. Ляшенко

*Дніпропетровський національний університет*

**ВПЛИВ ВИХРОВОГО ІМПУЛЬСНОГО МАГНІТНОГО ПОЛЯ  
ПРАВОГО ТА ЛІВОГО ОБЕРТАННЯ НА БІОЕЛЕКТРИЧНУ  
АКТИВНІСТЬ ПЕРЕДНЬОЇ ТА ЗАДНЬОЇ ЗОН ГІПОТАЛАМУСА  
ЗА УМОВ МОДЕЛЮВАННЯ СТРЕСУ**

Досліджено динаміку основних ритмів гіпоталамограми за умов стресу та дії вихрового імпульсного магнітного поля правого та лівого обертання. Виявлено неоднозначний вплив як на різну активність, так і в різних зонах гіпоталамуса, що може бути обумовлено як специфічністю дії передньої та задньої зон гіпоталамуса у період стрес-реакції, так і механізмом генерації окремих хвиль.

G. O. Zadorozhna, V. P. Lyashenko

*Dnipropetrovsk National University*

**INFLUENCE OF THE RIGHT-HANDED  
AND LEFT-HAND VORTEX PULSED MAGNETIC FIELDS  
ON BIOELECTRIC ACTIVITY OF ANTE-RIOR AND POSTERIOR  
ZONES OF HYPOTHALAMUS UNDER STRESS SIMULATION**

Dynamics of the basic rhythms of hypothalamogram under conditions of stress and action of the right-handed and left-hand vortex pulsed magnetic fields was studied. Ambiguous influence on both various activities and different zones of hypothalamus was revealed. It may be a result of the specific action of anterior and posterior zones of hypothalamus during the stress-response, and of the mechanism of separate waves generation.

**Вступ**

Інтерес дослідників до проблеми стресу не зменшується з часу його відкриття Г. Сельє. Неспецифічна дія стрес-фактора зумовлює таку метаболічну перебудову організму, яка торкається усіх аспектів обміну речовин, і жодна система органів не залишається осторонь [4]. Однак ролі різних органів і систем у стресі надто нерівноцінні. Центральною ланкою стрес-системи є гіпоталамус, який контролює установчі точки гомеостазу [5; 7; 8]. Безпосереднім методом вивчення функціонального стану гіпоталамуса є вимірювання його біоелектричної активності. Саме цей метод дозволяє адекватно вирішувати питання, пов'язані з вивченням роботи цієї глибинної структури мозку [2].

Аналіз літературних даних свідчить, що виражена реакція на магнітне поле з боку ЦНС спостерігається в гіпоталамусі, далі йде кора головного мозку, гіпокамп, ретикулярна формація середнього мозку. Це якоюсь мірою пояснює складний механізм реакцій організму на вплив магнітного поля та залежність від початкового функціонального стану нервової системи в першу чергу, а потім уже інших органів [3; 6; 10–12]. Тому мета нашої роботи – охарактеризувати динаміку біоелектричної активності гіпоталамуса за умов стресу, оцінити вплив на неї вихрового імпульсного магнітного поля.

## Матеріал і методи досліджень

Досліди проводилися на білих безпородних щурах-самцях, яких розподілили на чотири групи. Перша, контрольна група (30 щурів) складалася з тварин, які перебували у стандартних умовах віварію. Друга група (27 щурів) – тварини, яким створювалась стресова ситуація шляхом обмеження життєвого простору до 80–100 см<sup>2</sup> на одну тварину. Тварини наступних груп (36 та 30 щурів) також жили під впливом стресу, але одночасно із цим вони підпадали під дію вихрового імпульсного магнітного поля правого та лівого обертання відповідно. Експозиція за допомогою магніто-терапевтичного апарата Магнітер–01 тривала 15 хвилин щоранку після годування. Параметри магнітного поля склали: індукція магнітного поля – 5–10 мТл, частота модуляції – 75–85 Гц. Експеримент тривав 9 тижнів. Координати передньої та задньої зон гіпоталамуса визначали за атласом фронтальних перерізів мозку щура за редакцією професора А. Ю. Буданцева [9]. Реєстрація показників відбувалась через 3, 6 та 9 тижнів експерименту. Як наркотичну речовину використовували тіопентал натрію (50 мг/кг) та кетаміну гідрохлорид (15 мг/кг). При появі першої рухової активності проводили відведення біопотенціалів передньої та задньої зон гіпоталамуса голчастими електродами за допомогою поліграфа П6Ч–01. По закінченні експерименту здійснювали декапітацію тварин і морфоконтроль локалізації кінчиків електродів.

Електрографічні дані реєстрували ЕОМ. Запам'ятовування, зберігання та подальшу обробку результатів експериментальних досліджень проводили за допомогою програми «Experiment» (Інститут фізіології ім. О. О. Богомольця, м. Київ) та «Mathcad 2001». Статистичну обробку результатів у тварин усіх груп виконували із застосуванням програми «Origin 6.0 Professional». Відповідно до рекомендації Міжнародного товариства електроенцефалографії та клінічної нейрофізіології ми застосовували наступну класифікацію коливань за діапазонами: дельта ( $\delta$ ) – 0,5–3,5 Гц, тета ( $\theta$ ) – 4–7 Гц, альфа ( $\alpha$ ) – 8–13 Гц, бета ( $\beta$ ) – 14–35 Гц.

## Результати та їх обговорення

Слід відзначити, що серед фізіологів прийнято поділяти гіпоталамус на два різні морфофункціональні відділи. Припускається, що краніальні відділи гіпоталамуса відповідають за соматичні вегетативні та ендокринні реакції, які відновлюють і зберігають резерви організму. Ці функції пов'язують зі збудженням парасимпатичної системи та у сукупності називають трофотропною реакцією. Передній відділ гіпоталамуса вважають його трофотропною зоною. Вважається також, що збудження каудальних частин гіпоталамуса приводить до активації норадренергічної симпатичної системи, мобілізації енергії організму, збільшення його спроможності до фізичних навантажень. Такі ефекти отримали назву ерготропних реакцій, а, відповідно, задній відділ гіпоталамуса – назву ерготропної зони. [4]. Тому в наших дослідях ми намагалися порівняти реакції цих областей гіпоталамуса за показниками їх біоелектричної активності.

Розглянемо результати дослідження біоелектричної активності передньої (табл. 1) і задньої (табл. 2) зон гіпоталамуса щурів контрольної групи, щурів, що перебували під дією стресу, та тварин, які зазнавали впливу вихрового імпульсного магнітного поля правого та лівого обертання. Дані відображають зміни потужності вказаних ритмів протягом 3, 6 та 9 тижнів у відсотковому співвідношенні.

За фізіологічних умов домінуючим ритмом як у трофотропній, так і у ерготропній зонах гіпоталамуса впродовж усього часу дослідження був дельта-ритм, що є видоспецифічним для цього виду тварин. Відсоткова частка цього ритму у сумарній біоелектричній активності в обох зонах гіпоталамуса була однаковою. Відсоткове

значення тета-ритму на початок дослідження (через 3 тижні) також більше виражене у передній частині гіпоталамуса, а через 6–9 тижнів – у задній. Характерною ознакою для високочастотного діапазону активності був незначний відсоток кожного ритму, який для бета-діапазону не перевищував 5 %, а для альфа- – 9 %.

Показники біоелектричної активності гіпоталамуса тварин, що підпадали під дію стресу, суттєво відрізнялися від показників щурів із групи контролю. За умов стресу, домінуючим ритмом упродовж усього часу дослідження у даних зонах залишався дельта-ритм, однак відсоток потужності був значно більшим у ерготропній зоні. На нашу думку, подібні зміни можуть бути підтвердженням того, що на початкових стадіях стресу відбувається мобілізація енергетичних ресурсів організму, напруження норадренергічної симпатичної системи, тобто активація ерготропних реакцій.

Таблиця 1

**Динаміка співвідношення ритмів (%) гіпоталамограми переднього відділу гіпоталамуса**

Активність	Тиждень дослідження	Контрольна група	Стрессова група	Група під впливом магнітного поля правого обертання	Група під впливом магнітного поля лівого обертання
$\delta$	3	64,33±0,60	68,50±0,60	61,67±2,8	81,47±3,42
	6	81,25±0,80	80,02±0,80	57,28±1,41	50,32±2,07
	9	80,30±0,80	60,36±0,60	59,69±3,09	66,83±1,24
$\theta$	3	23,12±0,22	17,07±0,12	16,98±0,70	12,89±0,85
	6	10,53±0,11	9,41±0,09	21,39±0,32	19,19±1,10
	9	9,02±0,09	20,33±0,22	25,36±1,56	16,89±1,71
$\alpha$	3	8,40±0,08	8,31±0,08	11,67±0,73	3,02±0,26
	6	5,39±0,05	6,06±0,06	11,87±0,17	21,69±1,65
	9	5,00±0,05	10,29±0,14	9,06±0,58	9,08±0,60
$\beta$	3	3,25±0,03	4,03±0,04	8,14±0,68	1,22±0,04
	6	2,69±0,02	2,24±0,02	8,15±0,25	7,28±0,02
	9	4,08±0,04	6,90±0,06	4,96±0,05	6,11±0,24

Таблиця 2

**Динаміка співвідношення ритмів (%) гіпоталамограми заднього відділу гіпоталамуса**

Активність	Тиждень дослідження	Контрольна група	Стрессова група	Група під впливом магнітного поля правого обертання	Група під впливом магнітного поля лівого обертання
$\delta$	3	70,32±0,07	77,02±0,71	64,60±2,30	80,28±5,32
	6	68,51±0,60	86,98±0,80	57,84±0,96	61,34±1,65
	9	76,08±0,72	70,45±0,72	68,25±3,12	69,44±2,60
$\theta$	3	17,07±0,11	9,27±0,09	18,99±1,00	14,15±0,03
	6	17,41±0,14	6,34±0,06	27,52±0,91	20,73±0,25
	9	11,44±0,10	12,24±0,11	16,67±0,60	16,34±0,23
$\alpha$	3	6,06±0,06	3,03±0,07	10,71±0,04	3,09±0,13
	6	9,00±0,09	3,22±0,03	7,36±0,05	12,49±0,06
	9	5,00±0,05	11,00±0,10	7,79±0,50	6,99±0,32
$\beta$	3	3,07±0,03	4,05±0,04	4,62±0,09	1,57±0,08
	6	3,10±0,03	2,12±0,02	5,87±0,06	3,98±0,03
	9	5,00±0,05	4,24±0,04	5,21±0,15	5,10±0,42

Відсоткові показники тета-ритму тварин другої групи на початок дослідження достовірно зменшувались за значення контролю, але через 9 тижнів експерименту спостерігалось значне їх збільшення, до превалювання над аналогічними показниками контролю у передньому відділі гіпоталамуса. Тета-ритм відомий як стрес-ритм. Збільшення від-

сотка тета-ритму може свідчити про наявність активуючої функції лімбічної системи у відповідь на зміну навколишнього середовища. Враховуючи те, що діяльність гіпоталамічної активуючої системи пов'язують із задоволенням основних фізіологічних потреб організму, такі зміни можна вважати доказом послідовного переходу першої стадії стресу у другу – «стадію резистентності». Можливо, у цей період починає активуватися механізм зовнішньої регуляції за рахунок модуляції регуляторних систем. Це так звані стрес-лімітуючі системи, які здатні обмежувати активність стрес-системи та надлишкову стрес-реакцію на центральному та периферичному рівні регуляції.

Відсоток альфа-подібного ритму через 3–6 тижнів дослідження був більшим у трофотропній зоні, а через 9 тижнів превалював у ерготропній. Десинхронізація, яку ми спостерігаємо в даному випадку, є відображенням збуджувальної дії активуючих систем заднього відділу гіпоталамуса на симпатичну нервову систему в перебігу перших стадій стрес-реакції. Показники бета-подібної активності даних зон гіпоталамуса під час дослідження були схожі і мали аналогічну динаміку. Збільшення відсотка цього ритму через 9 тижнів можна розглядати як посилення активації структур мозку, які беруть участь у компенсаторних процесах. Отримані результати свідчать, що загальним для стресу є напруження функцій вегетативної нервової системи, а також втрата синергізму у діяльності її парасимпатичного та симпатичного відділів.

Магнітне поле здатне лімітувати стрес-реакцію [1]. Низькоінтенсивна дія магнітними полями справляє синхронізувальний вплив на роботу багатьох функціональних систем організму. За допомогою цього досягається формування ефективних захисних реакцій і компенсаторно-приспосувальних процесів без великих енергетичних втрат [13]. Магнітне поле, використане під час експерименту, суттєво впливало на електричну активність досліджених структур. Хоча динаміка змін у передньому та задньому відділах гіпоталамуса досить схожа, напрямок обертання поля викликав досить різні ефекти.

Значення дельта-ритму переднього відділу гіпоталамуса тварин дослідженої групи правого обертання поля стабільно нижчі за показники груп контролю і навіть стресу із самого початку досліду. Таке гальмування трофотропних реакцій, безумовно, має теоретичне пояснення. Однак для детального обґрунтування ці дуже цікаві явища вимагають тривалішого спостереження за послідовними стадіями перебігу стресу. В ерготропній зоні гіпоталамуса показники цього діапазону тварин піддослідної групи були завжди нижчими за контроль і відображали процес, протилежний розвитку стресу.

Максимальний відсоток (81 %) дельта-ритму спостерігався через 3 тижні експерименту в обох областях гіпоталамуса тварин, що підпадали під дію поля лівого обертання. Після цього дельта-ритм мав дуже суттєву тенденцію до зниження та залишався упродовж усього останнього часу експерименту значно нижчим за показники норми. Привертає увагу велика розбіжність значень на різних тижнях експерименту. Ця динамічна картина, можливо, пов'язана з резонансним підсиленням первинного модуляційного впливу. Однак слід пам'ятати, що зміни відсоткових показників дослідженого ритму відбуваються також за рахунок відповідної зміни активності останніх ритмів, які у третій і четвертій групах під впливом магнітного поля у переважній більшості випадків перевищували показники контролю. Картина тета-ритму обох областей гіпоталамуса була протилежною до такої, що спостерігалася при дії стресу (як при правому, так і при лівому напрямку обертання поля). У цьому випадку стрес-лімітувальна можливість вихрового імпульсного магнітного поля не викликає сумніву.

Відсоток електричної активності в рамках альфа-діапазону у передньому гіпоталамусі під впливом магнітного правостороннього поля значно перевищував показники біоелектричної активності і за умов стресу, і за умов контролю. У задньому гіпоталамусі

у більшості випадків теж спостерігалось превалювання показників біоелектричної активності тварин третьої групи над групою тварин, які перебували у фізіологічних умовах. Але наприкінці досліду (через 9 тижнів) найвищими були відсоткові показники альфа-активності групи стресу. Лівостороннє магнітне поле знов досить сильно впливало на різницю між значеннями відсотка електричної активності на різних тижнях досліду. Через 3 тижні експерименту показники альфа-діапазону найнижчі, через 6 тижнів – найвищі з усіх досліджених груп. До 9-го тижня відсоток альфа-ритму переднього гіпоталамуса майже співпадає зі значенням групи тварин, що підлягали дії магнітного поля правостороннього обертання.

Показники бета-подібної активності обох зон гіпоталамуса під впливом магнітного поля правого обертання перевищували значення тварин першої та другої груп, але наприкінці досліду співпадають зі значеннями контролю й у трофотропній, і в ерготропній зонах гіпоталамуса. У передньому відділі гіпоталамуса тварин четвертої групи показники знов відзначались великою розбіжністю. Із початку досліду відсоток потужності хвиль бета-діапазону був нижчим за значення тварин, що підлягали дії стресу, і тварин контролю, через 6 тижнів значно перевищував їх, а наприкінці експерименту співпадав із показниками стресової групи. У задньому відділі гіпоталамуса відсоток потужності хвиль бета-діапазону був нижчим за показники контролю через 3 тижні, перевищував їх через 6 тижнів і співпадав зі значеннями контрольної групи наприкінці досліду. У цілому дія магнітного поля лівого напрямку у задній частині гіпоталамуса на відсоток потужності бета-подібної активності протилежна до дії стрес-фактора.

Дія вихрового імпульсного магнітного поля на біологічні системи відрізняється від впливу постійного чи змінного магнітного поля наявністю тангенціальної (обертової) компоненти. Тобто поле вихрове, відповідає у фізичному моделюванні тривимірним структурам, що забезпечує високу біологічну чутливість до цього фізичного фактора. Зусилля науковців спрямовані на підвищення біологічної та терапевтичної ефективності штучних магнітних полів, а для цього важливо, щоб поляризаційні характеристики генерованих магнітних полів були б узгоджені з напрямком руху речовини та енергії у біологічних системах. У даному аспекті продемонстровані досліди можуть мати істотне значення у розширенні наших уявлень про розвиток механізмів адаптаційних реакцій організму людини і тварин, а також для пошуку шляхів корекції вихровим магнітним полем паталогічних станів, зумовлених дією стресу.

### **Висновки**

Дія вихрового імпульсного магнітного поля різного напрямку обертання при його застосуванні на фоні стресу протягом 9 тижнів призводила до складних змін біоелектричної активності гіпоталамуса. У передньому гіпоталамусі напрямок обертання мав протилежний ефект дії на тета-ритм і бета-подібний ритм. У задньому гіпоталамусі такого ефекту не спостерігалось. Застосування магнітотерапії на фоні стресу протягом 9 тижнів практично не впливало на відсоткові значення потужності дельта-ритму як у передньому, так і у задньому гіпоталамусі.

### **Бібліографічні посилання**

1. **Гаркави Л. Х.** Адаптационные реакции и резистентность организма / Л. Х. Гаркави, Е. Б. Квакина, М. А. Уколова. – Ростов-на-Дону: РГУ, 1990. – 224 с.
2. **Каплан А. Я.** Нестационарность ЭЭГ: методологический и экспериментальный анализ // Успехи физиологических наук. – 1998. – Т. 29, № 3. – С. 35–55.

3. **Лысков Е. Б.** Активация компенсаторно-восстановительных процессов ЦНС путем неинвазивной импульсной магнитной стимуляции / Е. Б. Лысков, З. А. Алексанян, Т. Е. Сафонова // *Коррекция и управление функциональным состоянием в процессе трудовой деятельности.* – Караганда, 1993. – С. 113.
4. **Меерсон Ф. З.** Физиология адаптационных процессов. – М.: Наука, 1986. – 639 с.
5. **Никонов В. В.** Стресс. Современный патофизиологический подход к лечению. – Харьков: Консум, 2002. – 240 с.
6. **Проблема** нормы в токсикологии / И. М. Трахтенберг, Р. Е. Сова, В. О. Шефтель, Ф. А. Оникиенко. – М.: Медицина, 1991. – 205 с.
7. **Пшенникова М. Г.** Феномен стресса. Эмоциональный стресс и его роль в патологии // *Пат. физиол. и эксперим. терапия.* – 2001. – № 1. – С. 26–31.
8. **Современные** представления о некоторых нетрадиционных нейро-эндокринных механизмах стресса / В. Д. Слепушкин, Ю. Б. Лишманов, Г. К. Золоев, И. А. Прум // *Успехи физиол. наук.* – 1985. – Т. 16, № 4. – С. 106–111.
9. **Стереотаксический** атлас мозга крыс (фронтальные сечения) / Под ред. А. Ю. Буданцева. – Пушкино: Аналитическая микроскопия, 2002. – С. 7–15.
10. **Темурьянц Н. А.** Нервные и гуморальные механизмы антистрессорного действия слабых переменных магнитных полей крайне низких частот // *Магнитология.* – 1992. – № 1. – С. 16–21.
11. **Улащик В. С.** Теоретические и практические аспекты общей магнитобиологии // *Вопросы курортологии, физиотерапии и физической культуры.* – 2001. – № 5. – С. 3–8.
12. **Холодов Ю. А.** Способы использования магнитных полей в медицине и пути воздействия этих полей на организм // *Магнитология.* – 1991. – № 1. – С. 6–11.
13. **Холодов Ю. А.** Реакции нервной системы человека на электромагнитные поля / Ю. А. Холодов, Н. Н. Лебедева. – М.: Наука, 1992. – 135 с.

*Надійшла до редколегії 05.05.2007*