

## Вікові зміни показників біоелектричної активності ерготропної зони гіпоталамусу самок щурів

В. В. Муквич<sup>1\*</sup>, В. П. Ляшенко<sup>1</sup>, С. М. Лукашов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Дніпро, Україна

<sup>2</sup>Лікувально-діагностичний науково-консультативний центр "Головний біль", Дніпро, Україна

\*Corresponding author. E-mail: mukvichv@ukr.net

Paper received 25.08.18; Accepted for publication 30.08.18.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2018-179VI21-07>

**Анотація.** Здійснено реєстрацію та проведено аналіз динаміки показників абсолютної потужності хвиль ЕГТГ та спектральних потужностей (%) частотних компонентів ЕГТГ нормовану до загальної потужності біоелектричної активності ерготропної зони гіпоталамусу самок щурів різних вікових груп. У самок ювенільного віку відзначили майже рівноцінний розподіл між високо-частотними та низькочастотними коливаннями. Встановлено переважання високочастотних коливань серед всієї спектральної композиції ЕГТГ у самок молодого та зрілого віку, що супроводжувалось включенням механізмів десинхронізації. Повільно-хвильові синхронізуючі процеси відобразились на показниках біоелектричної активності ерготропної зони гіпоталамусу самок передстаречого віку.

**Ключові слова:** задня зона гіпоталамусу, ЕГТГ, вік, самки щурів.

**Вступ.** Системи, що забезпечують обмін речовин на клітинному рівні, а саме транспортні (кровоносна й лімфатична) та регуляторні (ендокринна, нервова, імунна) є найбільш вразливими та чутливими до різних аспектів вікових змін, що протікають в організмі. Не є винятком й "найдосконаліший механізм у світі" – головний мозок живого організму, який також зазнає вікових змін [1, 2]. Відомо, що однією із провідних причин старіння організму є вікові зміни гіпоталамусу. У зв'язку з цим, гіпоталамус вважають своєрідним "годинником старіння" [3, 4].

Гіпоталамус є провідною ланкою механізмів як розвитку, так і подальшого старіння організму. Гіпоталамічні механізми інтеграції ерготропних та трофотропних впливів розташовані у всіх відділах гіпоталамусу [5]. Натомість ерготропна зона переважає в межах заднього відділу, а трофотропна – у межах переднього. Оскільки ядра тієї чи іншої зони гіпоталамусу відзначаються наявністю різного нейротрансмітерного забезпечення, то відповідна характеристика знаходить своє відображення у різниці вісцеральних ефектів під час їх активації [6]. Виходячи з цього, стимулювання переднього гіпоталамусу, як правило, супроводжується реакціями, подібними подразненню парасимпатичної нервової системи. Активація заднього відділу гіпоталамусу характеризується ефектами, подібними до стимуляції симпатичної нервової системи [7].

Більшість сучасних досліджень ґрунтуються на висвітленні особливостей функціонування гіпоталамусу чи деяких його ядер під впливом різного роду медичних препаратів чи хімічних речовин, вихрового імпульсного магнітного поля чи електричної стимуляції, стресу чи певних хвороб, введенні гормонів, медіаторів та інше [8, 9, 10]. Натомість недостатньо вивченими залишаються вікові зміни показників біоелектричної активності ерготропної зони гіпоталамусу самок щурів у звичайних умовах.

Метод електроенцефалографії є основним та в більшості випадків єдиним індикатором перебігу центральних нервових процесів при дослідженні функціонального стану ерготропної зони гіпоталамусу щурів на кожному віковому етапі. Відведення біоелектричної активності від досліджуваної зони гіпоталамусу надає

можливість простежувати динаміку відповідних вікових змін, які відбуваються на певних вікових відрізках життя організму.

**Мета.** Метою представленої роботи є визначення вікових змін показників біоелектричної активності ерготропної зони гіпоталамусу щурів різних вікових категорій.

**Матеріали та методи.** Утримання тварин та експерименти проводили відповідно до положень «Європейської конвенції про захист хребетних тварин, які використовуються для експериментів та інших наукових цілей» (Страсбург, 2005), «Загальних етичних принципів експериментів на тваринах», ухвалених П'ятим національним конгресом з біоетики (Київ, 2013).

Досліди були проведені на нелінійних безпородних білих щурах-самках. Для розподілу тварин на досліджувані групи використано вікову класифікацію лабораторних тварин Западнюка І. П. [11]. Згідно якої щури за віком були розподілені на IV групи: I група (2,5 м.) – щури ювенільного віку періоду статевого дозрівання; II група (8 м.) – щури молодого віку репродуктивного періоду; III група (14 м.) – щури зрілого віку репродуктивного періоду; IV група (21 м.) – щури передстаречого віку періоду виражених старечих змін.

Для щурів, які входили в досліджувані групи, перед початком проведення експериментальної частини нашої роботи був проведений карантин відповідно до всіх правил зоогігієни. Самки щурів представлених вікових категорій утримувались у стандартних умовах для лабораторних тварин, а саме в світлому приміщенні з постійною температурою 20 – 25°C та вологістю 40-45%. Тварини жили за стандартних умов, по чотири щури в клітці площею 0,15 м<sup>2</sup> (0,3 × 0,5 м). Виходячи з цього, площа, яка припадала на одну тварину, складала близько 375 см<sup>2</sup>. Клітки прибирались регулярно. Щотижня проводилася дезінфекція крутим окропом та 5-10% розчином їдкового луґу. Раціон годування тварин складався з розрахунку добової потреби. У середньому для щурів він складає 30-32 г, з яких змішаного зернового корму – 25 г, овочів – 5-7 г. У питній воді щурів не обмежували. Таким чином, тварини відповідних досліджуваних груп перебували за стандартних умов утримання, які відображалися в до-

статній кількості температури, освітленості та вологості в приміщенні віварію, а також у звичайному харчовому раціоні та необмеженості в питній воді.

Задля формування однорідних груп самок з більш менш подібними їх індивідуально-типологічними особливостями, використовували методику “відкрите поле”. Маючи на меті уникнення недостовірності даних, за дві години до проведення тестування тварин за методикою “відкрите поле”, не проводили їх перегрупування, не годували, а також не здійснювали по відношенню до лабораторних щурів жодних інших маніпуляцій. Переміщення з однієї клітки в іншу, маркування та інші подібні процедури проводили з тваринами не менше як за 24 год до початку тестування.

У щурів досліджуваних груп відводили електрогіпоталамограму (ЕГтГ) від ерготропної зони. Реєстрацію біоелектричної активності відповідної зони гіпоталамусу здійснювали в умовах гострого експерименту на поліграфі П6Ч-01 за допомогою стандартного електрофізіологічного устаткування з 16-розрядним аналогоцифровим перетворювачем з частотою квантування – 512 Гц (Інститут фізіології ім. О.О. Богомольця, м. Київ). Хірургічна підготовка до відведення ЕГтГ виконувалась після внутрішньочеревного введення наркозу: тіопентал натрію (50 мг/кг). Тварину закріплювали в стереотаксичному приладі та здійснювали трепанацію черепа, місця фіксації інфільтрували місцевим анестетиком. При появі першої рухової активності в неокортекс вводили голчастий уніполярний електрод (ніхром, діаметр 100 мкм) з лаковою ізоляцією окрім кінчика, який за допомогою маніпулятора занурювали в досліджувану зону гіпоталамусу. Відведення біопотенціалів структур здійснювали згідно координатам атласу [12]. Координати ерготропної зони гіпоталамусу (posterior hypothalamus area – PHA): брегма (B) = -2,3; латеральна вісь (L) = 0,03; інтєрауральна вісь (I) = 0,8. Індиферентний електрод закріплювали на вушній раковині тварини. У всіх записах біоелектричної активності тривалість епохи аналізу становила 60 с з кроком дискретизації частоти df, що дорівнював 0,1 Гц.

Для видалення крайових ефектів використовували вікно Хеммінга. Оцінювали спектральну потужність біоелектричної активності ерготропної зони гіпоталамусу в частотному діапазоні від 0,5 до 30 Гц. Визначали спектральну композицію ЕГтГ, а саме відсоток потужності хвиль певного діапазону щодо загальної потужності всіх коливань у запису. Відповідно до рекомендацій Міжнародної федерації суспільства електроенцефалографії та клінічної нейрофізіології, ми застосували класифікацію коливань ЕГтГ за частотними діапазонами: дельта ( $\delta$ ) хвилі – 0,5-3,5 Гц, тета ( $\theta$ ) хвилі – 4-7 Гц, альфа ( $\alpha$ ) хвилі – 8-13 Гц, бета ( $\beta$ ) хвилі – 14-30 Гц (очевидно, що при аналізі ЕГтГ коливання альфа- та бета-діапазонів коректніше іменувати альфа- та бета-подібною активністю). По закінченню кожного експерименту проводились декапітація тварин.

Подальша обробка зареєстрованих електрогіпоталамограм здійснювалась за допомогою програми “Experiment” (Інститут фізіології ім. О. О. Богомольця, м. Київ) та пакета прикладних програм у складі «MathCAD15.0». Статистичну обробку результатів, отриманих під час проведення експериментальної частини досліджень на щурах-самках різних вікових кате-

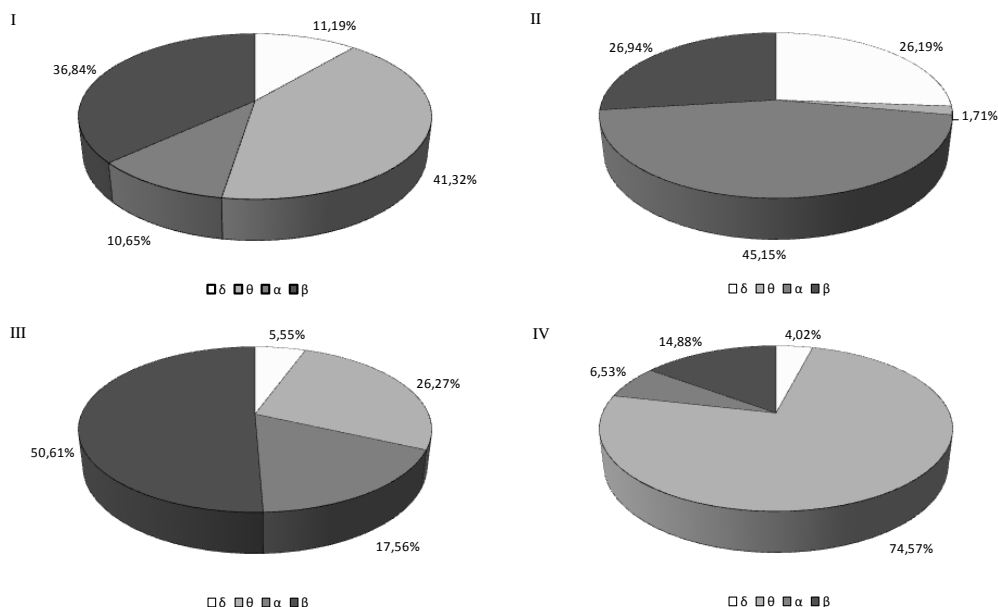
горій, проводили за допомогою програми Origin 6.0 Professional методом парних порівнянь. Розраховували середнє значення та помилку середнього. Достовірність визначали за t-критерієм Стьюдента ( $p < 0,05$ ).

**Результати та їх обговорення.** Для більш кращого та детальнішого відображення модуляції ритмів біоелектричної активності даної зони відповідної мозкової структури, досліджували вікову динаміку як абсолютної (рис. 1), так й нормованої спектральної потужності хвиль ЕГтГ самок щурів.

Абсолютна потужність хвиль дельта-діапазону з віком у самок характеризувалась тенденцією до зниження, при цьому вірогідних змін відмічено не було, окрім самок останньої представленої вікової групи. У самок передстаречого віку потужність дельта-подібного ритму по відношенню до відповідних показників у щурів досліджуваних вікових груп відповідала мінімальному значенню –  $6,75 \pm 0,99$  мкВ та була вірогідно нижчою в 2,6 рази порівнюючи з самками ювенільного віку. Абсолютна потужність в діапазоні 4-7 Гц у самок ювенільного віку становила  $13,86 \pm 0,54$  мкВ та відзначалась вірогідним підвищенням у 9,1 рази в порівнянні з самками молодого віку. У останніх, в свою чергу, зафіксували найнижчі показники тета-подібної активності в спектральній композиції ЕГтГ, відведеної від ерготропної зони гіпоталамусу серед самок різних вікових груп. З віком простежували підвищення показників абсолютної потужності коливань тета-діапазону, яке відобразилось на самках зрілого віку. Їх показники є вірогідно вищими у 3,1 та 28,7 разів порівнюючи з самками ювенільного та молодого віку. Натомість у подальшому простежували значне різке підвищення потужності тета-подібної активності в самок передстаречого віку. Зважаючи на це, дані показники стягнули найвищих значень потужності коливань тета-діапазону як у порівнянні з відповідними показниками в самок різного віку, так й серед всіх частотних компонентів ЕГтГ, відведеної від ерготропної зони гіпоталамусу в самок передстаречого віку. Таким чином, значення абсолютної потужності хвиль у дослідженому діапазоні самок передстаречого віку порівнюючи з відповідними показниками в самок ювенільного, молодого та зрілого віку, були відзначені вірогідним перевищенням. У динаміці показників альфа-подібної активності простежували значне вірогідне їх збільшення до пікової позначки, яка знайшла своє відображення у молодому віці самок щурів. У подальшому, а саме зі зрілого віку самок розпочинається зниження абсолютної потужності хвиль у частотному діапазоні 8-13 Гц, що призводить до відповідних мінімальних показників у самок передстаречого віку. Досить не схожою на решту компонентів ЕГтГ, відведеної від ерготропної зони самок виявилась вікова динаміка потужності бета-подібної активності. З віком спостерігали підвищення показників коливань бета-діапазону в самок щурів. Відповідна ситуація в тварин змінилась з настанням передстаречого віку та характеризувалась значним вірогідним зниженням потужності даного діапазону порівнюючи з самками зрілого віку. Отже, слід відмітити, що вікова динаміка показників абсолютної потужності кожного із представлених компонентів ЕГтГ, відведеної від ерготропної зони гіпоталамусу самок щурів відзначається наявністю певної специфіки в розвитку вікових змін

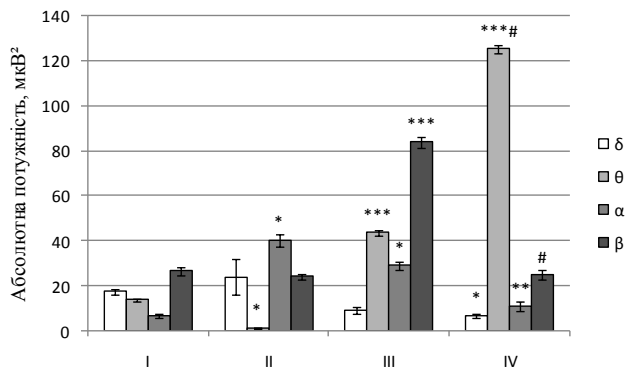
притаманну лише тій чи іншій досліджуваній активності.

Нормована потужність хвиль у частотному діапазоні 0,5-3,5 Гц у самок ювенільного віку становила  $11,19 \pm 1,33$  % (рис. 2). З віком (молодий вік репродуктивного періоду) у щурів простежували тенденцію підвищення відповідного показника до  $26,19 \pm 6,49$  %. Натомість у подальшому спостерігали значне зниження потужності дельта коливань, що не відзначалося при цьому наявністю вірогідності. Відповідний спад досліджуваного частотного компонента ЕГтГ, відведеної від ерготропної зони гіпоталамусу припав на самок зрілого та передстаречого віку. Мінімальна потужність, що була зареєстрована в даному діапазоні в самок передстаречого віку періоду виражених старечих змін становила  $4,02 \pm 0,57$  %. Слід відзначити, що за результатами досліджень, не було зафіксовано вірогідних змін в динаміці нормованої потужності дельта-подібної активності ерготропної зони гіпоталамусу в самок щурів представлених вікових груп.



**Рисунок 2.** Динаміка нормованих спектральних потужностей (%) частотних компонентів ЕГтГ, відведеної від ерготропної зони гіпоталамусу самок щурів ювенільного віку періоду статевого дозрівання (I), молодого віку репродуктивного періоду (II), зрілого віку репродуктивного періоду (III), передстаречого віку періоду виражених старечих змін (IV).

Показники нормованої потужності коливань тета-діапазону ерготропної зони гіпоталамусу самок ювенільного віку в 24,16 рази вірогідно вищі в порівнянні з відповідними значеннями самок молодого віку. Натомість наступний віковий період у самок щурів відзначився докорінними змінами в динаміці досліджуваного низькочастотного компонента ЕГтГ. Дані зміни відобразились у показниках тета-подібної активності самок зрілого віку та характеризувались вірогідним підвищенням в 15,4 рази порівнюючи з самками попередньої вікової групи. Оскільки з віком тенденція щодо збільшення потужності в діапазоні від 4 до 7 Гц у ерготропній зоні гіпоталамусу самок щурів продовжилась. То саме остання група тварин із представлених вікових категорій, а саме самки передстаречого віку відзначились наявністю максимальних зна-



**Рисунок 1.** Динаміка абсолютної потужності коливань електрогіпоталамограми (ЕГтГ), відведеної від ерготропної зони гіпоталамусу самок щурів ювенільного віку періоду статевого дозрівання (I), молодого віку репродуктивного періоду (II), зрілого віку репродуктивного періоду (III), передстаречого віку періоду виражених старечих змін (IV).

Примітки: \* - вірогідність між щурами ювенільного віку та іншими віковими групами тварин, при  $p < 0,05$ ; \*\* - вірогідність між щурами молодого віку та іншими віковими групами тварин, при  $p < 0,05$ ; # - вірогідність між щурами зрілого віку та іншими віковими групами тварин, при  $p < 0,05$ .

чень потужності відповідного діапазону, що становили  $74,57 \pm 1,55$ %. Виходячи з цього, самки щурів передстаречого віку періоду виражених старечих змін характеризувались вірогідним підвищенням нормованої потужності хвиль тета-діапазону в 43,6 та 2,8 рази в порівнянні з самками молодого та зрілого віку відповідно. Варто звернути увагу на те, що вікова модуляція нормованої потужності двох низькочастотних компонентів ЕГтГ, відведеної від ерготропної зони гіпоталамусу самок щурів є цілком протилежною. Таким чином, аналізуючи вікову динаміку потужності дельта-коливань, слід відзначити відсутність вірогідних змін, натомість простежувалась тенденція з початку до підвищення показників, але вже після періоду молодого віку в самок щурів було зареєстровано досить різкий спад досліджуваних значень. Ди-

наміка потужності тета-подібної активності ерготропної зони гіпоталамусу самок щурів з віком не відзначається стабільністю показників, натомість характеризується значними вірогідними їх змінами. Як і на початку нашого експериментального дослідження проявились у стрибкоподібному зниженні, але після завершення у самок молодого віку, спостерігали навпаки збільшення нормованої потужності хвиль тета-діапазону.

З віком динаміка спектральної потужності одного із високочастотних компонентів ЕГтГ, тобто активність альфа-діапазону в ерготропній зоні гіпоталамусу самок щурів зазнає значних змін на кожному віковому етапі. Найбільша відсоткова частка альфа-подібної активності в порівнянні з відповідними показниками щурів різних вікових груп належить самкам молодого віку ( $45,15 \pm 4,68\%$ ). Таким чином, значення нормованої потужності хвиль альфа-діапазону досліджуваної зони гіпоталамусу в самок 8-місячного віку є вірогідно вищими в 4,2 та 6,9 разів порівнюючи з самками ювенільного та передстаречого віку відповідно. Зрілий вік у самок щурів характеризується тенденцією до спаду альфа-подібної активності в порівнянні з самками попередньої вікової групи. З віком продовжилось стрімке зниження відсоткових показників потужності (до  $6,53 \pm 1,13\%$ ) у частотному діапазоні від 8 до 13 Гц даної зони гіпоталамусу, що відобразилось у найнижчих значеннях альфа-подібної активності серед представлених вікових груп щурів та припало на самок передстаречого віку. Їх показники вірогідно нижчі в 2,7 рази порівнюючи з самками зрілого віку. Зміни потужності альфа-подібної активності, які з віком проступають у самок щурів дещо схожі за своєю динамікою з дельта-подібного активністю. Отже після завершення ювенільного віку в самок відбувається вірогідний стрімкий сплеск потужностей, який припадає на наступний віковий період у розвитку тварин. Натомість початок зрілого віку в щурів являє собою зниження показників потужностей як дельта-, так й альфа-подібної активностей, що з віком призводить до мінімальних значень у самок передстаречого віку.

У самок ювенільного віку нормована потужність хвиль бета-діапазону становила  $36,84 \pm 3,12\%$ . Натомість з віком, у самок молодого віку простежувалось тенденція до зниження досліджуваного показника до  $26,94 \pm 2,42\%$ . Самки зрілого віку репродуктивного періоду відзначались вірогідним стрімким підвищенням значень бета-подібної активності в ерготропній зоні гіпоталамусу в 1,9 та 3,4 рази порівнюючи з самками молодого та передстаречого віку відповідно. Таким чином найвищий показник потужності даного компонента ЕГтГ припав на зрілий вік репродуктивного періоду в самок. Різким спадом показників бета-подібної активності за результатами нашого дослідження можна охарактеризувати самок передстаречого віку. Здійснюючи порівняння всіх отриманих нами значень відповідного компонента спектральної композиції ЕГтГ, відведеної від ерготропної зони в самок різних вікових груп, можемо говорити про те, що мінімальний показник, а саме  $14,88 \pm 1,04\%$ , що відобразився на самкам останньої представленій вікової групи. Таким чином, можемо зазначити, що з віком динаміка бета-подібної активності у складі ЕГтГ, відведеної від

ерготропної зони гіпоталамусу в самок розглянутих вікових груп характеризувалась переплетенням як стрімкого зниженням, так й раптового підвищенням їх показників, пік якого припав на самок зрілого віку репродуктивного періоду.

Порівнюючи абсолютні та нормовані показники електрогіпоталамограми щурів представлених вікових груп, можна констатувати, що в самок ювенільного віку зафіксовано переважання повільнохвильових синхронізуючих процесів у вигляді переважання низькочастотної високоамплітудної біоелектричної активності в ерготропній зоні гіпоталамусу. Зміну частоти домінуючого ритму електричної активності мозку розглядають як показник зміни функціональної рухливості нейронів: його уповільнення – зниження лабільності нейронів, почастищення – підвищення їх функціональної рухливості. Одночасні зміни функціональної рухливості великої групи нейронів представляють собою осередок стаціонарного збудження, що визначає процес синхронізації ритмічної активності. Зі зміною вікових періодів у самок щурів простежували й значні зрушення в динаміці потужностей всіх компонентів ЕГтГ, відведеної від досліджуваної зони гіпоталамусу. Біоелектрична активність ерготропної зони гіпоталамусу в самок молодого та зрілого віку характеризувалась превалюванням, яке супроводжувалось як поступовим, так й різким збільшенням частки нормованої та абсолютної потужностей високочастотних складових ЕГтГ, що проявлялось у функціональній активації десинхронізуючого впливу на біоелектричну активність відповідної зони гіпоталамусу. Натомість передстаречий вік у самок щурів відзначився значним домінуванням тета-подібної активності, що є свідченням функціонування потужних синхронізуючих механізмів.

За результатами досліджень, маємо можливість сформулювати уявлення щодо деяких механізмів динаміки показників електрогіпоталамограми самок щурів в різних вікових групах. Модуляція біоелектричної активності ерготропної зони гіпоталамусу самок щурів з віком може бути пов'язана з адаптаційно-компенсаторними змінами центральної нейротрансмісії в цілому. Напевно зміни нейрофізіологічних характеристик у даному відділі мозку обумовлені відповідною динамікою синаптичної пластичності [13, 14, 15]. З нашої точки зору низький рівень диференціювання постсинаптичних рецепторів медіаторного поглинання сприяє синхронізованій відповіді постсинаптичних нейронів. Таким чином, чим менша кількість постсинаптичних рецепторів, тим нижча частота хвиль електрогіпоталамограми [16]. Найнижчий рівень цього показника відповідає частоті дельта-подібного ритму. З віком синтетична активність пресинаптичних нейронів поступово зростає, що призводить до відповідного зросту абсолютної потужності відповідного ритму в тварин досліджених вікових групи [17, 18]. Спектральна потужність цього ритму з віком навпаки знижується, що обумовлено поступовим зростанням представленості більш високочастотних десинхронічних ритмів. Так, спостерігається поступове домінування тета-подібного ритму, що характерно для самок щурів передстаречого віку. Цей феномен з нашої точки зору обумовлений підвищенням кількості постсинаптичних рецепторів, які з віком активно диференціюються.

**Висновки.** Показано, що з віком динаміка показників нормованих та абсолютних потужностей частотних компонентів ЕГТГ відведеної від ерготропної зони гіпоталамусу самок шурів істотно змінюється. У самок ювенільного віку відзначили майже рівноцінний розподіл між високочастотними та низькочастотними коливаннями. Встановлено переважання високочастотних коливань серед всієї спектральної композиції ЕГТГ у самок молодого та зрілого віку, що супроводжувалось включенням механізмів десинхронізації. Зріст

потужності і представленості десинхронних ритмів характерний для найбільш продуктивного вікового періоду із притаманною для нього максимально розвинутою нейросинаптичною пластичністю. Повільнохвильові синхронізуючі процеси відобразились на біоелектричній активності ерготропної зони гіпоталамусу самок передстаречого віку, де зафіксовано найвищі показники потужності тета-подібної активності (74,57±1,55 %; 125,25±1,91 мкВ).

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Bischof, G. N., & Park, D. C. (2015). Obesity and Aging: Consequences for Cognition, Brain Structure, and Brain Function. *Psychosom Med*, 77(6), 697-709. doi: 10.1097/PSY.0000000000000212.
2. Zhang, B., Gong, J., Zhang, W., Xiao, R., Liu, J., & Xu, X. Z. S. (2018). Brain-gut communications via distinct neuroendocrine signals bidirectionally regulate longevity in *C. elegans*. *Genes Dev.*, 32 (3-4), 258-270. doi: 10.1101/gad.309625.117.
3. Безруков, В. В. (1982). Гипоталамус при старении. Физиологические механизмы старения. Наука, Ленинград. С.94-107.
4. Жураківська, О. Я. (2014). Вікові морфологічні зміни вентромедіального ядра гіпоталамуса. Молодий вчений, 5(08), 154-7.
5. Satoh, A., & Imai, S. (2014). Systemic regulation of mammalian ageing and longevity by brain sirtuins. *Nat Commun.*, 26 (5), 4211. doi: 10.1038/ncomms5211.
6. Felsted, J. A., Chien, C. H., Wang, D., Panessiti, M., Ameroso, D., Greenberg, A., Feng, G., Kong, D., & Rios, M. (2017). Alpha2delta-1 in SF1+ Neurons of the Ventromedial Hypothalamus Is an Essential Regulator of Glucose and Lipid Homeostasis. *Cell Rep.*, 21 (10), 2737-2747. doi: 10.1016/j.celrep.2017.11.048.
7. Мельникова, О. З., & Ляшенко, В. П. (2009). Исследование медиаторных механизмов модуляции при длительном стрессе фоновой суммарной электрической активности эрготропной зоны гипоталамуса крыс. Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского, 22 (61), 92-102.
8. Задорожна, Г. О., & Ляшенко, В. П. (2008). Вплив вихрового імпульсного магнітного поля правого та лівого обертання на біоелектричну активність передньої та задньої зон гіпоталамуса за умов моделювання стресу. Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія, 16, 93-8.
9. Vetrile, L. A., Zakharova, I. A., Kudrin, V.S., & Klodt, P.M. (2013). Effects of antiglutamate antibodies on the development of stress response and neurotransmitter content in the hippocampus and hypothalamus of rats with different behavioral activity. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, 155(3), 318-23 (in Ukrainian).
10. Nabbi-Schroeter, D., Elmenhorst, D., Oskamp, A., Laskowski, S., Bauer, A., & Kroll, T. (2018). Effects of long-term caffeine consumption on the adenosine A1 receptor in the rat brain: an in vivo PET study with [18F] CPFPX. *Mol Imaging Biol.*, 20(2):284-91. doi: 10.1007/s11307-017-1116-4.
11. Западнюк, И. П., Западнюк, Е.А., & Захария, Е.А. (1983). Лабораторные животные: разведение, содержание, использование в эксперименте. Вища школа, Київ. 383 с.
12. Paxinos, G., & Watson, C. (2005). The rat brain in stereotaxic coordinates. 5-th edition. Academic Press, New York. 367 p.
13. Patterson, S. L. (2015). Immune dysregulation and cognitive vulnerability in the aging brain: Interactions of microglia, IL-1 $\beta$ , BDNF and synaptic plasticity. *Neuropharmacology*, 96 (Pt A), 11-8. doi: 10.1016/j.neuropharm.2014.12.020.
14. Dulcis, D. (2016). The ever-changing brain: Clinical implications. *J. Chem. Neuroanat.*, 73, 1-2. doi: 10.1016/j.jchemneu.2015.10.003.
15. Cole, D. C., Chung, Y., Gagnidze, K., Hajdarovic, K. H., Rayon-Estrada, V., Harjanto, D., Bigio, B., Gal-Toth, J., Milner, T. A., McEwen, B. S., Papavasiliou, F. N., & Bulloch, K. (2017). Loss of apobec1 RNA-editing function in microglia exacerbates age-related CNS pathophysiology. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 114(50), 13272-13277. doi: 10.1073/pnas.1710493114.
16. Piechota, M., & Sunderland, P. (2014). Neuronal ageing. *Postepy Biochem.*, 60(2), 177-86.
17. Straathof, M., Sinke, M. R., van der Toorn, A., Weerheim, P. L., Otte, W. M., & Dijkhuizen R. M. (2018). Differences in structural and functional networks between young adult and aged rat brains before and after stroke lesion simulations. *Neurobiol Dis.*, 18, 30393-0. doi: 10.1016/j.nbd.2018.08.003.
18. Raghunathan, R., Polinski, N. K., Klein, J. A., Hogan, J. D., Shao, C., Khatri, K., Leon, D. R., McComb, M. E., Manfredsson, F. P., Sortwell, C. E., & Zaia, J. (2018). Glycomic and Proteomic changes in aging brain nigrostriatal pathway. *Mol Cell Proteomics*. doi: 10.1074/mcp.RA118.000680.

#### REFERENCES

1. Bezrukov, V. V. (1982). Gipotalamus pri starenii. Fiziologicheskie mehanizmy sarenija. Nauka, Leningrad. pp. 94-107 (in Russian).
2. Zhurakivska, O. Ja. (2014). Vikovi morfologichni zmini ventromedialnogo jadra gipotalamusa. Molodij vchenij, 5 (08), 154-7 (in Ukrainian).
3. Melnikova, O. Z., & Ljashenko, V. P. (2009). Issledovanie mediatornyh mehanizmov moduljatsii pri dlitelnom stresse fonovoj summarnoj jelektricheskoj aktivnosti jergotropnoj zony gipotalamusa krys. Uchenye zapiski Tavricheskogo nacionalnogo universiteta im. V. I. Vernadskogo. Serija "Biologija, himija", 22 (61), 92-102 (in Ukrainian).
4. Zadorozhna, G. O., & Ljashenko V. P. (2008) Vpliv vihrovogo impulsnogo magnitnogo polja pravogo ta livogo obertannja na bioelektrichnu aktivnist perednoi ta zadnoi zon gipotalamusa za umov modeljuvannja stresu. Visnik Dnipropetrovskogo universitetu. Biologija. Ekologija, 16, 93-8 (in Ukrainian).
5. Zapadnjuk, I. P., Zapadnjuk, E. A., & Zaharija E. A. (1983). Laboratornye zhivotnye: razvedenie, sodержanie, ispolzovanie v jeksperimente. Vishha shkola, Kiiv. 383 p. (in Ukrainian).

#### Age-related changes in bioelectric activity of the ergotropic zone of hypothalamus in female rats

V. V. Mukvyeh, V. P. Liashenko, S. M. Lukashov

**Abstract.** The registration and analysis of the dynamics of the absolute power of the Electric Hypothalamus Test (EGtG) waves and the spectral capacities (%) of the EGtG frequency components normalized to the total power of the bioelectric activity of the ergotropic zone of hypothalamus of female rats of different age groups was made. Female rats of juvenile age were characterized by an almost equal distribution between high-frequency and low-frequency oscillations. The predominance of high-frequency oscillations among the whole EGtG spectral composition in young and mature female rats was established, which was accompanied by desynchronization mechanisms. Slow-wave synchronization processes influenced the indices of bioelectric activity of the ergotropic zone of hypothalamus in presenile female rats.

**Keywords:** posterior hypothalamus area, EGtG, age, female rats.