

УДК 612.82:612.014.4

АДАПТАЦІЙНІ РЕАКЦІЇ НЕЙРОСИНАПТИЧНОЇ АКТИВНОСТІ ЕРГОТРОПНОЇ ЗОНИ ГІПОТАЛАМУСА ЩУРІВ ЗА УМОВ ЛУЖНОГО РАЦІОНУ

Заєць Н.С.¹, Ляшенко В.П.¹, Бурцева Д.О.¹, Лукашев С.М.², Мельнікова О.З.³

¹*Дніпропетровський національний університет ім. Олеся Гончара;*

²*Науково-консультативний та лікувально-діагностичний центр Головна біль,
Дніпропетровськ, Україна;*

³*Запорізький державний медичний університет, Запоріжжя, Україна.*

E-mail: _nz_8@ukr.net

Встановлено, що в умовах лужного раціону, активація адаптаційних реакцій нейросинаптичної активності ерготропної зони гіпоталамуса щурів проявляється в модуляції синхронізуючих та десинхронізуючих процесів, які відбуваються у стійких змінах абсолютної та нормованої потужності електрогіпоталамограми (ЕГтГ) щурів. Виразна десинхронізація ЕГтГ з переважання бета-подібної активності наприкінці експерименту найімовірніше пов'язана з підвищенням частоти пресинаптичного квантування та зменшенням зворотного захоплення медіатора в синаптичних структурах заднього гіпоталамуса. Також розглядаються інші механізми явищ, що спостерігались.

Ключові слова: абсолютна потужність, нормована потужність, кислотно-лужна рівновага, водневий показник, ерготропна зона гіпоталамуса, електрогіпоталамограма.

ВСТУП

Однією з сучасних наукових проблем фізіології є дослідження закономірностей процесів адаптації та гомеостазу при дії на організм різноманітних чинників середовища [1].

Встановлено, що центральною ланкою нервової системи яка реагує на дію ушкоджуючого агенту є гіпоталамус. Він входить до ієрархічно організованої системи відділів головного мозку, яка реалізує вісцеральні функції, має найважливіше функціональне значення у формуванні фізіологічної відповіді на вплив зовнішніх подразників, а також бере участь у формуванні цілісних актів поведінки. З цієї точки зору у гіпоталамусі виділяють ерготропні і трофотропні зони, при подразненні яких виникають такі самі ефекти, що і при подразненні симпатичної та парасимпатичної системи. Хоча вказані зони гіпоталамуса не мають чітких меж, більшість дослідників вважає, що гіпоталамічні механізми інтеграції ерготропних реакцій реалізуються переважно в задній його частині. При цьому, функціонування цих систем може бути виявлено у параметрах просторової та частотної організації фонові імпульсної активності при тонкому статистичному аналізі методом багатомірної статистики [2, 3]. Центри гіпоталамуса характеризуються управлінням всіма основними гомеостатичними процесами. Вони

володіють вираженою вибірковістю збудження в залежності від різних змін кислотно-лужного стану який обумовлює сукупність фізико-хімічних та фізіологічних процесів, що забезпечують відносну сталість концентрації іонів водню в рідинах організму [4, 5].

Водневий показник (рН) є життєво важливою константою. Незначні зміни рН рідин організму здатні складати суттєву загрозу, зумовлену зміною активності ферментних систем та порушень інтенсивності і спрямованості ряду метаболічних перетворень різних сполук, транспорту і синтезу метаболітів, перебігу біоенергетичних процесів тощо [6, 7].

Зсув рН залежить від багатьох факторів, один з яких є перманентні компоненти раціону - електролітні домішки, основним джерелом яких є вода з різним водневим показником; вона надходить в організм щоденно і є найважливішим реакційним середовищем, що виконує роль основного пластичного елемента організму. На сьогоднішній день існує безліч кількості суджень та рекомендацій, щодо рН води щоденного раціону і питного водолікування та її дії на організм [8–10]. Однак єдиної думки не існує.

Виходячи з цього, метою даної роботи було як розкриття деяких механізмів регуляції рН так і показати зміни функціонального стану центральної нервової системи при певному значенні водневого показника в перманентних компонентах раціону. Це може допомогти в вирішенні важливих питань діагностики і лікуванні гострих порушень водного, електролітного та кислотно-лужного балансу та при розробці норм гігієнічних вимог до якості питної води.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Експерименти були проведені відповідно з існуючими міжнародними вимогами і нормами гуманного відношення до тварин. Дослідження проведено на нелінійних білих щурах самцях, вагою на початку експерименту 125-140 г. Тварин було поділено на 2 групи. В першу групу ввійшли контрольні тварини (n=44), які перебували за фізіологічних умов і звичайного раціону харчування і питному режиму. Щури другої групи (n=66) тривало вживали гідрокарбонат натрію (NaHCO₃). Його тварини отримували як безпосередньо в їжу так і з питною водою. Розрахунок кількості NaHCO₃ проводився за принципом 4,9 г на 1 кг (LD50=4,9 г/кг).

У щурів досліджувальних груп відводили електрогіпоталамограму (ЕГТГ) від ерготропної зони гіпоталамусу. Реєстрацію такої активності здійснювали в умовах гострого експерименту через кожні 2 тижні впродовж всього періоду спостережень, тривалість якого дорівнювала 22 тижня. Хірургічна підготовка до відведення ЕГТГ виконувалась після внутрішньоочеривинного введення 20 мг/кг кетаміну та 50 мг/кг тіопенталу натрію. Після фіксації тварин у стереотаксичному приладі і трепанації їх черепу у задню і передню зони гіпоталамусу вводили уніполярний електрод (ніхром, діаметр 100 мкм, лакова ізоляція за винятком кінчика) згідно координатам атласу головного мозку щурів [11]. Референтний електрод закріплювали на вушній раковині тварини.

Електричну активність ерготропної зони гіпоталамусу реєстрували за допомогою поліграфу ПБЧ-01 (Україна), з'єднаному через АЦП з комп'ютером, в

якому записи запам'ятовували у цифровому вигляді. Подальшу їх обробку здійснювали за допомогою комп'ютерної програми «Eksperiment» (Інститут фізіології ім. О.О. Богомольця, м. Київ) та «Mathcad 14.0». Аналізували абсолютні потужності (мкВ²) хвиль електричної активності ерготропної зони гіпоталамусу у межах загальноприйнятих частотних діапазонів. Статистичну обробку результатів у тварин всіх груп проводили за допомогою програми Origin 6.0 Professional методом парних порівнянь. Достовірність різниць між двома середніми величинами визначали за t-критерієм Стьюдента ($P < 0,05$).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Дослідження електричної активності ерготропної зони гіпоталамусу щурів під тривалою дією лужних компонентів раціону дозволило виявити деякі механізми регуляції рН та певні зміни функціонального стану центральної нервової системи.

Аналіз електричної активності ерготропної зони гіпоталамусу (рис. 1) показав, що у тварин контрольної групи реєструвались відносно регулярні, близькі до синусоїдальних коливань біопотенціали, які не мали істотних змін протягом всього експерименту.

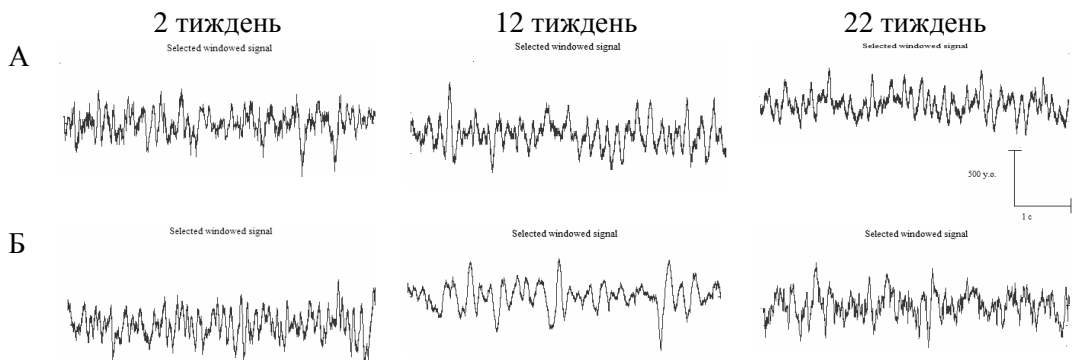


Рис. 1. Нативний запис сумарної електричної активності ерготропної зони гіпоталамусу щурів через 2, 12, 22 тижні дослідження.

Примітка. А – тварин контрольної групи; Б – тварин, що вживали гідрокарбонат натрію.

У щурів, які знаходились під тривалою дією гідрокарбонату натрію на початку та наприкінці експерименту (рис. 1) спостерігалась, у порівнянні з контрольною групою, модуляція ритмічності протікання хвильових процесів з заміщенням впорядкованої синхронної хвильової активності, коливаннями менш регулярними з різною тривалістю, що характеризує активацію десинхронних процесів ЕГТГ. Через 12 тижнів дослідження відмічалось більш синхронна активність, яка була результатом сумарії в часі амплітуд синфазних коливань.

Подальша статистична обробка всіх електричних сигналів показала, що основним компонентом ЕГТГ в ерготропній зоні гіпоталамусу у тварин 2 групи була дельта-подібна активність (рис. 2). У динаміці абсолютної потужності дельта-активності досить чітко можна виділити два піки – через 12 та 22 тижні від початку

експерименту, які становили відповідно $1754,15 \pm 75,45$ % та $2396,27 \pm 145,37$ % контролю. Слід зазначити, що на початку дослідження спостерігалась тенденція до зменшення абсолютної потужності. Через 6 тижнів величина вказаного показника у частотному діапазоні домінуючої дельта-подібної активності складала $27,06 \pm 1,81$ % контрольного значення. Надалі, майже на всіх тижнях експерименту за виключенням 14 та 18 тижня значення абсолютної потужності тварин, що знаходились під тривалою дією гідрокарбонату натрію була достовірно більшою відносно контролю.

Динаміка абсолютної потужності у тета-діапазоні досліджуваної структури (рис. 2) тварин, які знаходились під тривалою дією гідрокарбонату натрію, була подібною до динаміки показників у дельта-діапазоні. Абсолютна потужність тета-подібних хвиль на початку дослідження зменшувалась та сягала $71,89 \pm 1,69$ % контрольного значення. Через 8-12 тижнів спостерігалось її суттєве підвищення, що достовірно перевищувало значення контрольної групи. Наприкінці дослідження 22 тиждень значення абсолютної потужності буди максимальними і становили $1856,27 \pm 184,22$ % контролю.

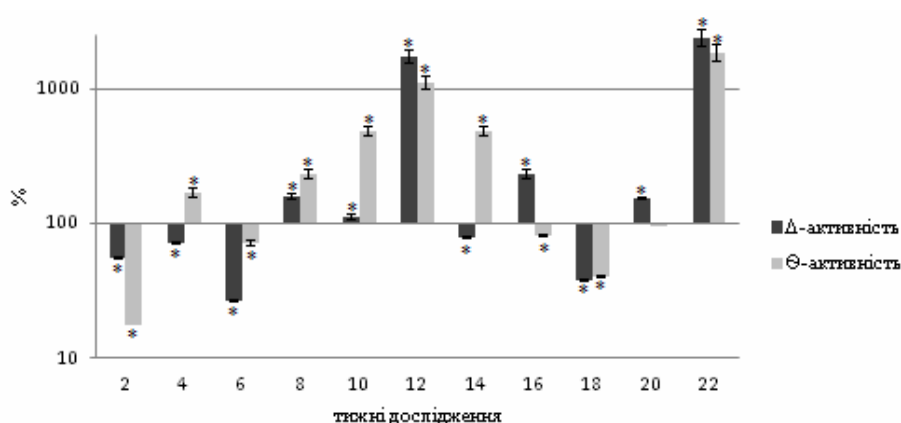


Рис. 2. Зміни абсолютних потужностей низькочастотних хвиль біоелектричної активності ерготропної зони гіпоталамусу щурів, що вживали гідрокарбонат натрію відносно значень цього показника у тварин контрольної групи у відповідні тижні спостереження, %.

Зірочки над стовпчиками – достовірні зміни потужностей біоелектричної активності ерготропної зони гіпоталамусу щурів, що вживали гідрокарбонат натрію відносно контролю за критерієм Манна-Уїтні ($p < 0,05$)

На початку експерименту (2-6 тиждень) абсолютна потужність ЕГТГ щурів, що знаходились під дією лужних компонентів раціону у діапазоні 8-13 Гц (рис. 3) мала тенденцію до зменшення й становила $14,3 \pm 1,02$ % і $80,39 \pm 2,41$ % контролю. Та через 8-12 тижнів значення абсолютної потужності зростали й були достовірно більшим за значення контрольної групи щурів. Наприкінці експерименту (14-20 тиждень) відбувалось суттєве зменшення показника, що був достовірно менший контрольних

значень. Але на 22 тижні дослідження аналізований показник був максимальним та становив $4558,33 \pm 200,34\%$ контролю.

Значення абсолютної потужності ерготропної зони гіпоталамуса щурів у діапазоні 14-30 Гц (рис. 3) експериментальної групи, були достовірно більшими ($P < 0,05$) за контроль протягом всього дослідження. Виключенням були 10 та 16 тижні, де абсолютна потужність сягала $3,11 \pm 0,06\%$ та $26,21 \pm 0,29\%$ контрольних значень. Наприкінці експерименту цей показник сягав своїх максимальних значень та становив $23667,61 \pm 476,23\%$ контролю.

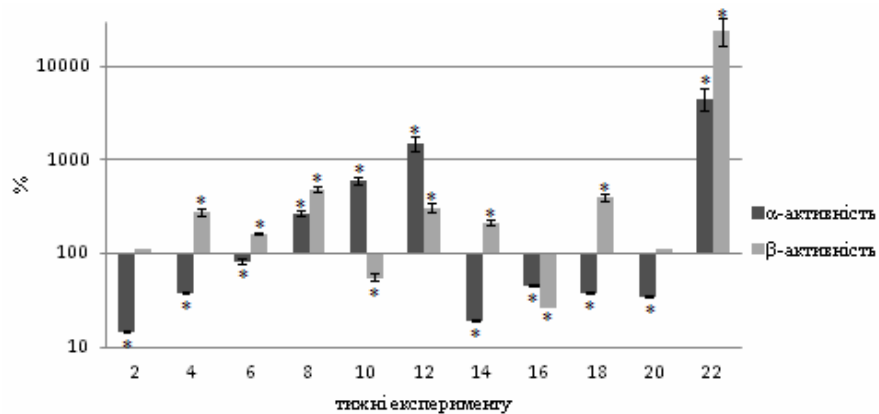


Рис. 3. Зміни абсолютних потужностей високочастотних хвиль біоелектричної активності ерготропної зони гіпоталамусу щурів, що вживали гідрокарбонат натрію відносно значень цього показника у тварин контрольної групи у відповідні тижні спостереження, %.

Зірочки над стовпчиками – достовірні зміни потужностей біоелектричної активності ерготропної зони гіпоталамусу щурів, що вживали гідрокарбонат натрію відносно контролю за критерієм Манна-Уїтні ($p < 0,05$)

Аналіз динаміки показників нормованої потужності (рис. 4) електричної активності заднього гіпоталамусу щурів показав, що нормовані показники сумарної електричної активності щурів контрольної групи суттєво не змінювались майже у всіх частотних діапазонах. Виключенням слугувала бета-подібна активність, нормований показник якої через 12 тижнів дослідження був максимальним і становив 3%.

Динаміка досліджуваного показника у дельта-діапазоні у щурів, які знаходились під тривалою дією гідрокарбонату натрію, мала тенденцію до зменшення, однак вона була більшою за значення щурів контрольної групи, за виключенням останніх тижнів дослідження.

Нормовані значення потужності у тета-діапазоні збільшувались, але були достовірно нижчими за значення тварин контрольної групи.

Значення аналізованого показника у діапазоні 8-13 Гц протягом експерименту мали тенденцію до збільшення, та достовірно перевищували значення контролю, виключенням слугував 2 тиждень дослідження.

Дослідження показника нормованої потужності у діапазоні 14-30 Гц дозволило виявити таку динаміку: на початку та наприкінці експерименту аналізований показник у щурів що знаходились під дією лужних компонентів раціону, був достовірно більшим за значення контролю, та на 20 тижні сягав своїх максимальних значень і становив $30,28 \pm 1,13$ %. Через 12 тижнів дослідження його значення були мінімальними і не перевищували результату контрольної групи тварин.

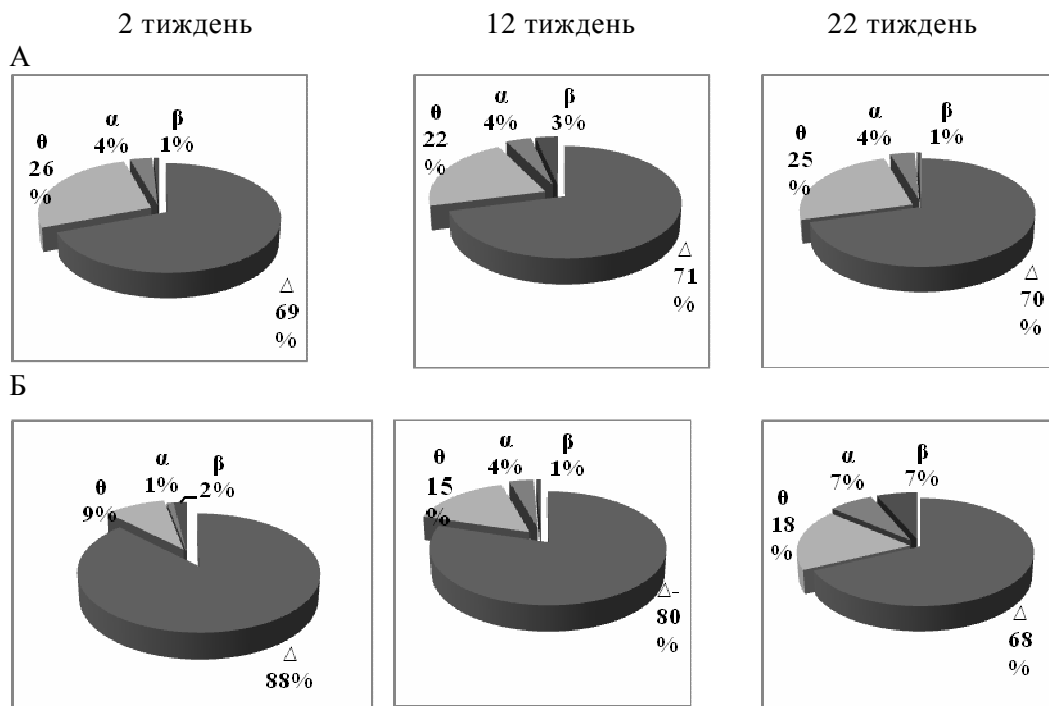


Рис. 4. Динаміка показників нормованої потужності біоелектричної активності ерготропної зони гіпоталамусу щурів через 2, 12, 22 тижні дослідження. Примітка: А - тварин контрольної групи; Б - тварин, що вживали гідрокарбонат натрію.

Така динаміка абсолютної та нормованої потужності низькочастотних хвиль електричної активності ерготропної зони гіпоталамусу щурів може свідчити на нашу думку про активацію синхронізуючих систем мозку на 12 та 14 тижні, ці процеси можуть бути показником активації метаболізму, що посилюють адаптаційно-компенсаторні процеси. Певний рівень синхронізації систем мозку є необхідною умовою його надійності. При дефектності гальмівних механізмів на той же об'єм аферентного припливу мозкові системи реагують синхронною відповіддю набагато більших популяцій нейронів, а в свою чергу нейрони, що генерують більш масивні і синхронні залпи потенціалів дії обумовлюють більш масивні нейрони

наступних каскадів. Найважливіша роль тут належить неспецифічним лімбіко-ретикулярним структурам, що містить на всіх рівнях ядра з активними гальмівними механізмами і ГАМК-чутливими рецепторами [2].

Натомість, така динаміка високочастотних хвиль електричної активності досліджуваної структури, на початку та наприкінці експерименту говорить про те, що активуючі системи ерготропної зони гіпоталамусу викликають десинхронізацію електричної активності. Відомо, що активуючі системи заднього гіпоталамусу можуть викликати десинхронізацію електричної активності навіть при повному порушенні мезенцефалічної ретикулярної формації, хоча в нормі, безсумнівно, функціонують разом. Ефекти стимуляції гіпоталамусу, при цьому, будуть сильніше виражені у поведінці та у електричній активності лімбічних структур [2].

Отримані результати в ході проведення експерименту дозволили встановити такі закономірності. Домінуючим ритмом впродовж всього часу дослідження залишався дельта-ритм. В період з 2-10 тижнів спостерігалось зменшення його відсотку на фоні збільшення альфа та бета-активності. Така динаміка свідчить про десинхронізацію ЕГтГ, що виражається появою високочастотної, низькоамплітудної, нерегулярної за частотою електричної активності. Надалі відмічається збільшення дельта-ритму за рахунок зниження альфа-активності, це може говорити про активність синхронізуючих ритмоутворюючих систем мозку. Також слід зазначити, що з 12 тижня спостерігалось поступове збільшення бета-ритму, що тривало до кінця експерименту і сягало максимальних значень на 20 тижні. Така активність наприкінці експерименту у діапазоні 14-30 Гц свідчить про виразну десинхронізацію електричної активності ерготропної зони щурів, що знаходились під дією лужних компонентів.

На нашу думку, виразна десинхронізація електричної активності ерготропної зони гіпоталамуса щурів з переважанням бета-подібної активності найімовірніше пов'язана з підвищенням частоти пресинаптичного квантування та зменшення зворотного захоплення медіатора в синаптичних структурах заднього гіпоталамуса з піком амплітуди даного ритму на останньому тижні експерименту. Щодо дельта та тета-подібної активності, то вони відображають нормальну стабільну енергетику нейропередачі, а відновлення їх представленості на 12 і 22 тижнях пов'язані з переодичним енергодефіцитом медіаторсинтезуючих систем в період вироблення адаптаційних реакцій. Це може бути пов'язано як з безпосередньою дією лужних компонентів раціону, що впливають на зміни гомеостатичних констант, так і з тим, що цей фактор може бути активатором адаптаційних реакцій, які знаходять своє відображення в модуляції нейропередач в ерготропній зоні гіпоталамуса.

ВИСНОВКИ

1. У щурів, що знаходились під впливом лужного раціону спостерігалась модуляція активності електрогіпоталамограми.
2. Домінуючим ритмом ЕГтГ в обох групах щурів залишався дельта-ритм впродовж всього часу дослідження.

3. На початку та наприкінці експерименту у щурів експериментальної групи має місце виразна десинхронізація електричної активності ерготропної зони гіпоталамуса щурів з переважанням бета-подібної активності через 20 тижнів дослідження.
4. З 10 по 12 тижень експерименту спостерігалась активність синхронізуючих ритмоутворюючих систем мозку, яка пов'язана зі збільшенням потужності дельта-діапазону за рахунок зниження потужності альфа-активності.

Список літератури

1. Агаджанян Н.А. Стресс, физиологические и экологические аспекты адаптации, пути коррекции / Н.А. Агаджанян, С. В. Нотова. – Оренбург : ИПК ГОУ ОГУ, 2009. – 274 с.
2. Зенков Л. Р. Клиническая электроэнцефалография (с элементами эпилептологии) / Л.Р.Зенков, 4-е изд. – М. : МЕДпресс-информ, 2011. – 368 с.
3. Воробьева Т.М. Электрическая активность мозга (природа, механизмы, функциональное значение) / Т.М. Воробьева, С. П. Колядко // Экспериментальная и клиническая медицина. – 2007. – № 2. – С. 4–11.
4. Ying Z. Hypothalamic stimulation enhances hippocampal BDNF plasticity in proportion to metabolic rat / Z. Ying, A. Covalin, J. Judy [et al] // Brain Stimul. – 2012. – Vol.5, № 4. – P. 642 – 646.
5. Васильев Ю.Г. Гомеостаз и пластичность мозга : монография / Ю.Г. Васильев, Д.С. Берестов. – Ижевск : ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2011. – 216 с.
6. Сидоров А.В. Регуляция и модуляция нейронных функций при колебаниях уровня pH / А.В. Сидоров // Вестник Белорусского государственного университета. Сер. 2, Химия. Биология. География. – 2008. – № 3. С. 67 – 72.
7. Obara M. Regulation of pH in the mammalian central nervous system under normal and pathological conditions: facts and hypotheses / M. Obara, M. Szeliga, J. Albrecht // Neurochem Int. – 2008. – Vol. 52, № 6. – P. 905 – 919.
8. Казанцева Т.В. Сучасні аспекти діагностики та лікування хворих на метаболічний синдром/ Т.В. Казанцева, С.В. Білецький, Н.А. Шевцова, Т.М Трипадуш.// Буковинський медичний вісник. – 2008. – Том 12, № 4. – С. 138 – 142.
9. Соколова Л.К. Метаболічний синдром: клініка, критерії діагностики, принципи терапії / Л.К. Соколова // Ж. практ. лікаря. – 2005. – № 1. – С. 44–47.
10. Khan V.V. Quinapril, an ACE inhibitor, reduces markers of oxidative stress in the metabolic syndrome / V.V.Khan, S.Sola, W.B.Lauten // Diabetes care. – 2004. – Vol. 27. – P. 1712-1715
11. Paxinos G. The rat brain in stereotaxic coordinates – 5-th edition / G. Paxinos, C. Watson. – New York, 5th ed: Academic Press, 2005. – 367 p.
12. Дергунов А.В. Нарушение электролитного обмена в тканях крыс при дегидратации и гипергидратации/ А.В.Дергунов, В.М. Хмара, Г.П. Гусев// Актуальные проблемы транспортной медицины. – 2012 – № 2 (28). – С. 140-143
13. Sławuta P. Comparison of the utility of the classic model (the Henderson-Hasselbach equation) and the Stewart model (Strong Ion Approach) for the diagnostics of acid-base balance disorders in dogs with right sided heart failure / P. Sławuta, K. Glińska-Suchocka // Pol J Vet Sci. – 2012. – V. 15, № 1. – P. 119 – 24.

Заец Н.С. Адаптационные реакции нейросинаптической активности эрготропной зоны гипоталамуса крыс в условиях щелочного рациона / Н.С. Заец, В.П. Ляшенко, Д.О. Бурцева, С.Н. Лукашев, О.З. Мельникова // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2014 – Т. 27 (66), № 1. – С. 46-55.

Установлено, что в условиях щелочного рациона, активация адаптационных реакций нейросинаптической активности эрготропной зоны гипоталамуса крыс проявляется в модуляции синхронизирующих и десинхронизирующих процессов, которые отражаются в устойчивых изменениях абсолютной и нормированной мощности электрогипоталамограммы крыс. Выразительная десинхронизация ЭГГ с преобладание бета-подобной активности в конце эксперимента скорее

связана с повышением частоты пресинаптического квантования и уменьшением обратного захвата медиатора в синаптических структурах заднего гипоталамуса. Также рассматриваются другие механизмы наблюдающихся явлений.

Ключевые слова: абсолютная мощность, нормированная мощность, кислотно-щелочное равновесие, водородный показатель, эрготропная зона гипоталамуса, электрогипоталамограмма.

ADAPTIVE REACTIONS OF NEYROSYNAPTICAL ACTIVITY OF ERGOTROPIC AREA OF THE HYPOTHALAMUS OF RATS IN RESPONSE TO ALKALINE RATION

Zayets N.S.¹ Lyashenko V.P.¹, Burtseva D.O.¹, Lukashev S.M.², Melnikova O.Z.³

¹*Dnipropetrovsk National University Oles' Gonchar;*

²*The Scientifically-consultative and curatively-diagnostic center is a headache, Dnipropetrovsk, Ukraine;*

³*Zaporizhzhya state medical university, Zaporizhyya, Ukraine.*

E-mail: _nz_8@ukr.net

Adaptive reactions of neyrosynaptical activity of ergotropic area of the hypothalamus of rats in response to alkaline regime was studied with the help abduction elektrohipotalamohramy. The study was conducted on nonlinear white male rats, which were divided into 2 groups. In the first group included control animals (n = 44) who were under physiological conditions. The rats of the second group (n = 66) continued to consume sodium bicarbonate (NaHCO₃) in a dose of 4.9 g per 1 kg. Elektrohipotalamogramy registration was carried out in conditions of acute experiment every 2 weeks during the observation period, the duration of which is 22 weeks. The results obtained during the experiment allowed establishing the following regularities. Dominant rhythm throughout the study period was delta rhythm. Between 2-10 weeks there was a reduction of its interest, with increased alpha and beta activity. Such dynamics shows desynchronization EGtG that expressed the advent of high-frequency, low-amplitude, frequency irregular electrical activity. In the future, there is an increase of delta - rhythm by reducing alpha - activity; it may indicate the activity of synchronizing processes. It should also be noted that with 12 weeks there was a gradual increase in beta - rhythm, which lasted until the end of the experiment and reached maximum values at 20 weeks. Such activity at the end of the experiment in the range of 14 – 30 Hz indicates expressive desynchronized of electrical activity of ergotropic area of the hypothalamus of rats which were under the influence of alkaline components. In our opinion, expressive desynchronization of electrical activity of ergotropic area of the hypothalamus of rats with a predominance of beta - rather like activity is associated with increased frequency and quantization reduce the presynaptic reuptake of the neurotransmitter in the synaptic structures of the posterior hypothalamus, with a peak amplitude of this rhythm in the last week of the experiment. Delta and theta activity, stable energy reflect normal neurotransmission, and the restoration of their representation at 12 and 22 weeks are associated with periodic energy shortages mediator synthesizing systems during the development of adaptive responses. This may be due both to the direct action of alkaline components of the diet that influence changes homeostatic constants, and also with this

factor may be an activator of adaptive responses that are reflected in the modulation of neurotransmission in the ergotropic area of the hypothalamus.

Keywords: absolute power, normalized power, acid-base balance, pH, ergotropic area of the hypothalamus, elektrogipotalamograma.

References

1. Aghajanian N.A. Stress, physiological and ecological aspects of adaptation, ways of correction / N.A.Aghajanian, S.V. Notova. - Orenburg: IPK SEI OSU, 2009. - 274 p.
2. Zenkov L.R. Clinical electroencephalography (with elements epileptology) / L.R. Zenkov, 4th ed. - M.: MEDpress Inform 2011. - 368.
3. Vorobyova T.M. Electrical brain activity (nature, mechanisms, functional significance) / T.M.Vorobyova, S.P. Kolyadko // Experimental and Clinical Medicine. - 2007. - № 2. - P. 4-11.
4. Ying Z. Hypothalamic stimulation enhances hippocampal BDNF plasticity in proportion to metabolic rat / Z. Ying, A. Covalin, J. Judy [et al] // Brain Stimul. – 2012. – Vol.5, № 4. – P. 642 – 646.
5. Y.G. Vasilyev Homeostasis and brain plasticity: monograph / Y.G Vasiliev, D.S. Berastau. - Izhevsk: VPO Izhevsk State Agricultural Academy, 2011. - 216.
6. Sidorov A.V. Regulation and modulation of neural functions with fluctuations in pH / A.V. Sidorov // Bulletin of the Belarusian State University. Ser. 2 Chemistry. Biology. Geography. - 2008. - № 3. P. 67 - 72.
7. Obara M. Regulation of pH in the mammalian central nervous system under normal and pathological conditions: facts and hypotheses / M. Obara, M. Szeliga, J. Albrecht // Neurochem Int. – 2008. – Vol.52, № 6. – P. 905 – 919.
8. Kazantsev T.V. Modern aspects of diagnosis and treatment of metabolic syndrome / T.V. Kazantsev, S.V. Beletsky, N.A. Shevtsova, T.M. Trypadush. // Bukovina Medical Journal. - 2008. – Vol. 12, № 4. - S. 138 - 142.
9. Sokolov L.K. Metabolic syndrome: clinical features, diagnostic criteria, principles of therapy / L.K. Sokolova // Pract. doctor. - 2005. - № 1. - P. 44-47.
10. Khan B.V. Quinapril, an ACE inhibitor, reduces markers of oxidative stress in the metabolic syndrome / B.V.Khan, S.Sola, W.B.Lauten // Diabetes care. – 2004. – Vol. 27. – P. 1712-1715
11. Paxinos G. The rat brain in stereotaxic coordinates – 5-th edition / G. Paxinos, C. Watson. – New York, 5th ed: Academic Press, 2005. – 367 p.
12. Dergunov A.V. Violation of electrolyte metabolism in rat tissues under dehydration and hydration / A.V. Dergunov, V.M. Khmara, G.P. Gusev // Actual problems of transport medicine. – 2012 – № 2 (28). – P. 140-143.
13. Sławuta P. Comparison of the utility of the classic model (the Henderson-Hasselbach equation) and the Stewart model (Strong Ion Approach) for the diagnostics of acid-base balance disorders in dogs with right sided heart failure / P. Sławuta, K. Glińska-Suchocka // Pol J Vet Sci. – 2012. – V. 15, № 1. – P. 119 – 24.

Поступила в редакцію 16.01.2014 г.