

••• ФІЗІОЛОГІЯ ЛЮДИНИ ТА ТВАРИН •••
••• PHYSIOLOGY OF HUMAN AND ANIMALS •••

УДК: 612.82:612.014.4

**Аналіз фонові електрокортикограми щурів в умовах довготривалої дії
гідрокарбонатного навантаження****Д.О.Бурцева¹, С.М.Лукашов², Н.С.Заєць¹, В.П.Ляшенко¹, А.В.Крупка¹**¹Дніпропетровський національний університет ім. Олеся Гончара (Дніпропетровськ, Україна)²Науково-консультативний та лікувально-діагностичний центр «Головна біль» (Дніпропетровськ, Україна)

darya.burtseva.2012@yandex.ua

Досліджували вплив гідрокарбонатного навантаження на електричну активність кори головного мозку щурів. Встановлено, що у щурів, які отримували NaHCO_3 впродовж 22 тижнів експерименту, спостерігались процеси десинхронізації електричних коливань, обумовлені ростом абсолютної та нормованої потужності хвиль альфа- та бета-діапазонів. Інтенсивність десинхронізації залежала від періоду експерименту. Зміни електричної активності кори головного мозку щурів, які перебували під дією гідрокарбонатного навантаження, носили фазовий характер і, можливо, свідчили про формування нового гомеостатичного стану та адаптаційно-компенсаторної стрес-реакції.

Ключові слова: електрокортикограма, кора головного мозку, електрична активність, абсолютна потужність, нормована потужність, десинхронізація, гідрокарбонат натрію.

**Анализ фоновой электрокортикограммы крыс в условиях долгосрочного
действия гидрокарбонатной нагрузки****Д.А.Бурцева, С.Н.Лукашов, Н.С.Заец, В.П.Ляшенко, А.В.Крупка**

Исследовали влияние гидрокарбонатной нагрузки на электрическую активность коры головного мозга крыс. Установлено, что у крыс, получавших NaHCO_3 в течение 22 недель эксперимента, наблюдались процессы десинхронизации электрических колебаний, обусловленные ростом абсолютной и нормированной мощности волн альфа- и бета-диапазонов. Интенсивность десинхронизации зависела от периода эксперимента. Изменения электрической активности коры головного мозга крыс, находившихся под действием гидрокарбонатной нагрузки, носили фазовый характер и, возможно, свидетельствовали о формировании нового гомеостатического состояния и адаптационно-компенсаторной стресс-реакции.

Ключевые слова: электрокортикограмма, кора головного мозга, электрическая активность, абсолютная мощность, нормированная мощность, десинхронизация, гидрокарбонат натрия.

**Analysis of the background electrocorticogram of rats under the long-term
action of hydrocarbonate load****D.A.Burtseva, C.M.Lukashov, N.S.Zaets, V.P.Lyashenko, A.V.Krupka**

There has been studied the influence of hydrocarbonate load on the electrical activity of the cerebral cortex of rats. It was found that in rats treated by NaHCO_3 for 22 weeks of the experiment, there were observed the processes of desynchronization of electrical oscillations due to increasing absolute and normalized power of waves of alpha- and beta-bands. Intensity of the desynchronization depended on the period of the experiment. Changes in the electrical activity of the cerebral cortex of rats under the influence of hydrocarbonate load carried phase character and, perhaps, showed the formation of a new homeostatic state and compensatory-adaptive stress responses.

Key words: electrocorticogram, cerebral cortex, electrical activity, absolute power, normalized power, desynchronization, hydrocarbonate.

Вступ

Відомо, що будь-які зовнішні та внутрішні впливи на організм призводять до зміни електричної активності мозку, в якій відображується взаємодія збуджувальних та гальмівних процесів клітин центральної нервової системи (Мозг ..., 2003). Механізми впливу факторів різної тривалості та інтенсивності на структури ЦНС, як правило, досліджують у хронічному експерименті завдяки методу електроенцефалографії. Цей метод в аспекті вивчення функціональної активності структур головного мозку, зокрема кори, є найбільш доречним, оскільки його результати дозволяють об'єктивно судити про характер впливів на організм і функціональний стан його нервової системи (Зенков, 2004; Вороб'єва, Колядко, 2007).

На сьогоднішній день майже відсутні роботи, присвячені дослідженню електрокортикограми (ЕкоГ) щурів при різному електролітному навантаженні, зокрема гідрокарбонатному. В нормі головний мозок захищений від будь-яких коливань рН в організмі (Фокин, Пономарєва, 2003). Однак коливання показника кислотно-лужної рівноваги при хронічному надходженні гідрокарбонатів до організму призводять до метаболічних зсувів у ньому, і як наслідок – активації адаптаційних реакцій (Гаркави и др., 1990; Obara et al., 2008; Сидоров, 2008; Todorović et al., 2015). Захисні механізми адаптації проявляються лише за умови постійної дії екзогенного фактора, що призводить до перебудови різних блоків фізіологічної регуляції для досягнення їх максимальної фізіологічної ефективності. При цьому процеси адаптації реалізуються, в першу чергу, завдяки центральним механізмам. Виходячи з цього, найбільший інтерес серед різних аспектів дослідження механізмів адаптації викликає центральний, реалізацію якого, як встановлено, забезпечує діяльність структур ЦНС (Гаркави и др., 1990; Сидоров, 2008).

Показано, що серед структур мозку найбільш чутливими до тривалої дії екзогенних факторів є кора головного мозку (McEwen, 2008; Artola, 2008). Це пов'язано з тим, що корі відводиться домінуюча роль у здійсненні вищих функцій мозку завдяки численним зв'язкам з іншими структурами ЦНС, і дія факторів різної природи на організм відображається комплексом вегетативно-соматичних реакцій в ньому та реакціями з боку вищої нервової діяльності (McEwen, 2008; Сапин, Хатамов, 2007).

Таким чином, аналіз електрокортикограми може показати зміни у функціонуванні кори головного мозку при превалюванні гідрокарбонатних компонентів в організмі. З огляду на це мета нашої роботи полягала у виявленні змін функціональної активності нейронів кори головного мозку в умовах тривалої дії гідрокарбонатного навантаження, що дасть змогу розкрити можливі центральні механізми адаптаційних реакцій у відповідь на дію перманентних компонентів раціону.

Матеріали та методи

Експерименти здійснювали на нелінійних білих щурах-самцях, вагою 125–140 г (початкова), відповідно до існуючих міжнародних вимог і норм гуманного відношення до тварин. З метою дослідження тривалої дії гідрокарбонатного навантаження, щурів поділили на дві групи. До першої, контрольної, групи ввійшли тварини, які знаходились за стандартних санітарно-гігієнічних умов віварію та раціону харчування (n=44). Щурам другої групи (n=66) додавали гідрокарбонат натрію (NaHCO₃) безпосередньо в їжу. Кількість NaHCO₃ визначалася з розрахунку 4,09 г речовини на 1 кг маси тіла тварини (LD₅₀=4,09 г/кг).

Реєстрацію ЕкоГ проводили кожні два тижні впродовж всього терміну спостереження (22 тижні) у гострому експерименті. Хірургічна процедура підготовки до експерименту виконувалась під дією наркозу: тіопентал натрію (50 мг/кг) та 2-(орто-хлорфеніл)-2(метиламіно)-циклогексанону гідрохлорид, або кетаміну гідрохлорид (20 мг/кг). Після фіксації тварини у стереотаксичному приладі та проведення трепанації черепа в неокортекс вводили уніполярний електрод (ніхром, діаметр 100 мкм, лакова ізоляція, окрім кінчика) згідно координатам атласу (Paxinos, Watson, 2005): відстань від брегми (B) – 1,4; латерально (L) 0,8; глибина відносно інтерауральної осі (I) 2,0. Референтний електрод закріплювали на вушній раковині тварини. По закінченню кожного експерименту проводилась декапітація тварин.

Подальша обробка ЕкоГ здійснювалась за допомогою пакету спеціальних комп'ютерних програм. В усіх записах тривалість епохи аналізу становила 60 с з кроком дискретизації частоти df, рівним 0,1 Гц. Статистичну обробку отриманих результатів у тварин всіх піддослідних груп здійснювали за допомогою статистичних програм, параметричними методами, методом парних порівнянь. Достовірність різниць між двома середніми величинами визначали за t-критерієм Стьюдента (p<0,05).

Аналізували абсолютну (значення загальної потужності для діапазонів вибраних частот ЕкоГ у мкВ^2) та нормовану (частка (%) потужності хвиль певного діапазону щодо загальної потужності всіх коливань у запису, прийнятої за 100%) потужність хвиль ЕкоГ у межах загальноприйнятих частотних діапазонів. Відповідно до рекомендації Міжнародної федерації суспільства електроенцефалографії та клінічної нейрофізіології, ми застосовували наступну класифікацію коливань по діапазнам: дельта (δ) – 0,5–3,5 Гц, тета (θ) – 4–7 Гц, альфа (α) – 8–13 Гц, бета (β) – 14–30 Гц (Зенков, 2004).

Результати та обговорення

У наших дослідженнях основним компонентом ЕкоГ в обох експериментальних групах була дельта-подібна активність. Це може бути пов'язано з тим, що реєстрацію електричної активності проводили в ранньому постнаркозному періоді.

Аналіз динаміки абсолютної потужності у діапазоні 0,5–3,5 Гц ЕкоГ тварин контрольної групи показав збільшення амплітуди досліджуваного показника з часом експерименту (рис. 1). При цьому нормований показник в даному діапазоні достовірно не змінювався впродовж всього терміну дослідження, окрім 8, 10 та 22 тижнів.

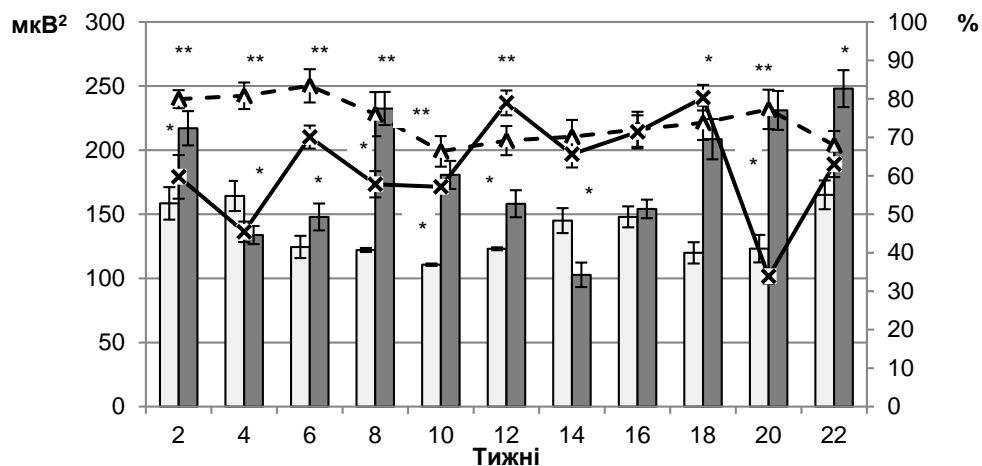


Рис. 1. Динаміка показників потужності діапазону 0,5–3,5 Гц електричної активності кори головного мозку щурів контрольної групи та тих, які перебували в умовах гідрокарбонатного навантаження

Умовні позначення. По осі абсцис – термін спостереження, тижні; по осі ординат зліва – абсолютна потужність електричних коливань, мкВ^2 ; по осі ординат справа – нормована потужність електричних коливань, %; білі стовпчики – абсолютна потужність електричних коливань щурів контрольної групи; сірі стовпчики – абсолютна потужність електричних коливань щурів, які отримували гідрокарбонат натрію; штрихова лінія – нормована потужність електричних коливань щурів контрольної групи; суцільна лінія над контрольними точками – достовірні зміни потужностей електричної активності кори головного мозку щурів, що вживали гідрокарбонат натрію, відносно контролю за t -критерієм Стьюдента ($p < 0,05$).

Динаміка абсолютної та нормованої потужностей тета-подібної активності у щурів першої групи носила хвилеподібний характер (рис. 2). Такий самий характер мала і динаміка потужностей високочастотної альфа-активності. Показники і абсолютної, і нормованої потужностей вказаної активності зростали в першій половині дослідження і знижувались у другій його половині (рис. 3).

У частотному діапазоні 14–30 Гц ми спостерігали стабільну динаміку показника абсолютної потужності з незначним підвищенням амплітуди під кінець експерименту. Динаміка нормованого показника була схожою, але зростання показника відбулось через 8 тижнів експерименту (рис. 4).

Виходячи з отриманих нами даних стосовно показників абсолютної та нормованої потужності у щурів контрольної групи, можна стверджувати, що такі зміни є цілком фізіологічними та, можливо, пов'язані з тривалістю експерименту.

Проаналізувавши динаміку показників абсолютної потужності частотного компоненту у діапазоні 0,5–3,5 Гц ЕкоГ щурів, які знаходились в умовах тривалого гідрокарбонатного навантаження, ми

відмітили, що ці показники достовірно перевищували значення тварин контрольної групи (рис. 1). В період з 8 по 14 тижні експерименту відбувалось вірогідне зниження аналізованого показника, яке в період з 16 по 22 тижень змінилось вірогідним підвищенням амплітуди включно до 22 тижня дослідження. Максимальне зростання абсолютної потужності у дельта-активності до $247,98 \pm 14,4$ мкВ² зафіксовано через 22 тижні дослідження, а мінімальну величину, $102,76 \pm 9,54$ мкВ², цього показника – в середині експерименту через 14 тижнів. Динаміка нормованої потужності хвиль дельта-активності носила зубчатий характер з мінімумом через 20 тижнів дослідження, де частка дельта-діапазону в сумарній ЕкоГ становила $33,89 \pm 1,93\%$. Показники нормованої потужності досліджуваної активності протягом майже всього експерименту були нижчими за контрольні значення, окрім 12 та періоду 14–18 тижні.

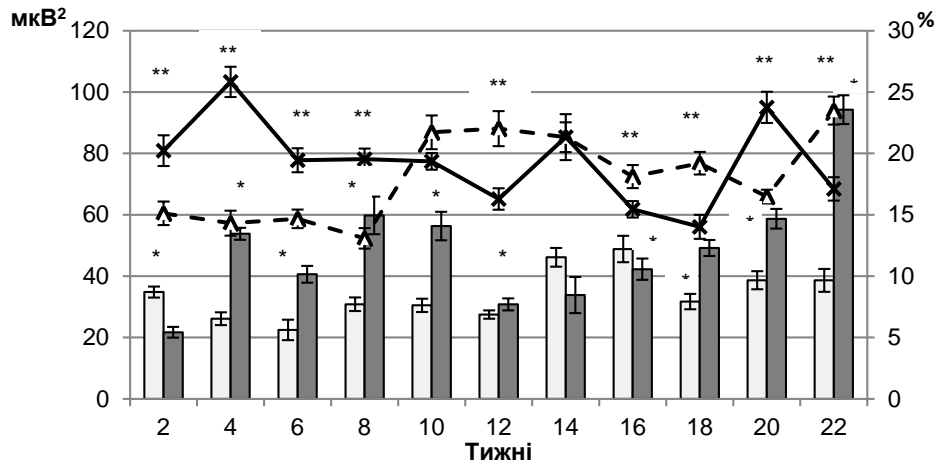


Рис. 2. Динаміка показників потужності у діапазоні 4–7 Гц електричної активності кори головного мозку щурів контрольної групи та тих, які перебували в умовах гідрокарбонатного навантаження

Примітка. Позначення такі самі, як на рис. 1.

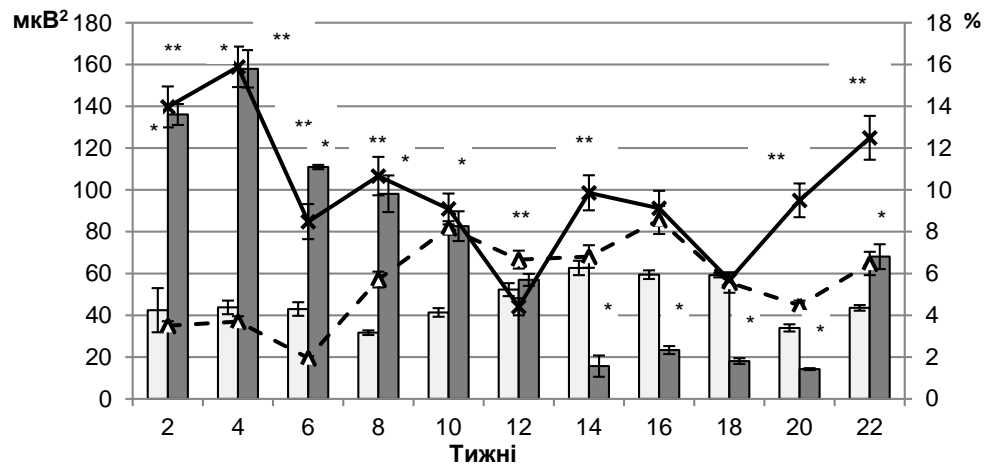


Рис. 3. Динаміка показників потужності у діапазоні 8–13 Гц електричної активності кори головного мозку щурів контрольної групи та тих, які перебували в умовах лужного питного раціону

Примітка. Позначення такі самі, як на рис. 1.

Що стосується другого низькочастотного діапазону з частотою 4–7 Гц у щурів другої групи, то ми спостерігали хвилеподібну динаміку коливань амплітуди тета-активності до 10 тижня з поступовим

підвищенням аналізованого показника (рис. 2). Після зазначеного періоду відбувалось зниження з наступним підвищенням абсолютної потужності включно до 22 тижня дослідження (так само як і в дельта-діапазоні), де вона досягла свого максимального значення $94,24 \pm 4,7$ мкВ². Кінцевий показник абсолютної потужності хвиль тета-подібної активності перевищив початковий більш ніж в 4 рази. Досліджуваний показник у щурів, які отримували NaHCO₃, достовірно перевищував значення контрольної групи в першій половині дослідження (до 10 тижня) і в період 18–22 тижня; через 2 тижні – показники були достовірно нижчими. Коливання показників нормованої потужності хвиль тета-діапазону формували хвилеподібну динаміку з піками через 4, 14 та 20 тижнів експерименту (рис. 2). При цьому частка тета-активності в сумарній ЕкоГ у щурів другої групи достовірно перевищувала таку у щурів контрольної групи в першій половині експерименту та через 20 тижнів. В останні тижні дослідження аналізований показник був достовірно нижчим за значення щурів контрольної групи.

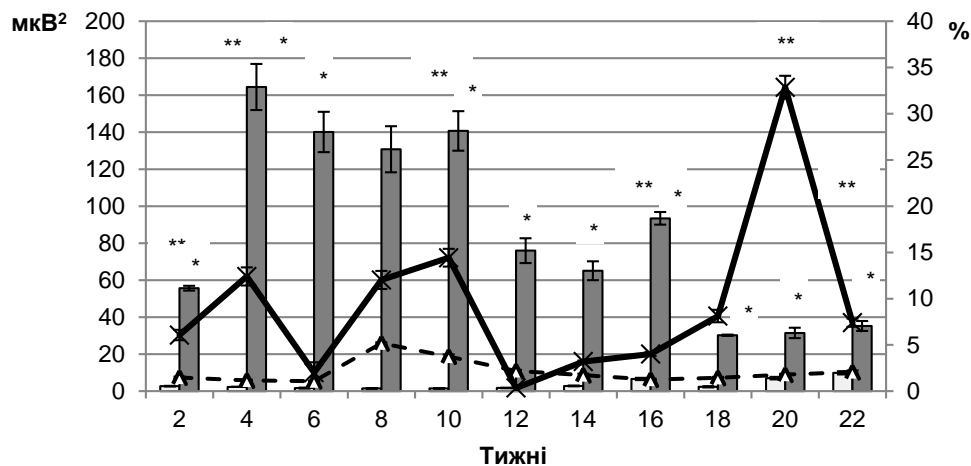


Рис. 4. Динаміка показників потужності у діапазоні 14–30 Гц електричної активності кори головного мозку щурів контрольної групи та тих, які перебували в умовах лужного питного раціону

Примітка. Позначення такі самі, як на рис. 1.

Динаміка абсолютної потужності високочастотного альфа-діапазону у щурів, які знаходились в умовах гідрокарбонатного навантаження, мала хвилеподібний характер зі зниженням показника потужності до 14 тижня дослідження (рис. 3). З 14 по 20 тиждень амплітуда хвиль з частотою 813 Гц майже не змінювалась і коливалась в межах $14,22 \pm 0,46$ – $23,35 \pm 1,9$ мкВ². Однак через 22 тижні експерименту достовірно зросла, але не перевищила значення показника на початку експерименту. Показники абсолютної потужності високочастотної альфа-активності електричної активності кори головного мозку щурів другої групи до 10 тижня і через 22 тижні дослідження достовірно перевищували аналогічні показники у тварин, які перебували за стандартних умов віварію. В період з 14 по 20 тиждень експерименту величина абсолютної потужності у щурів, які перебували в умовах залуження раціону, була достовірно нижчою за таку у щурів контрольної групи. До 12 тижня дослідження відбувалось зниження не тільки амплітуди хвиль альфа-діапазону, а й їх частки в сумарній ЕкоГ щурів другої групи (рис. 3). А вже в другій половині експерименту ми спостерігали підвищення цього показника. Максимальне значення нормованої потужності діапазону 8–13 Гц зареєстровано через 4 тижні від початку експерименту і становило $15,89 \pm 0,97\%$, і два мінімуми – через 12 ($4,41 \pm 0,41\%$) та 18 тижнів ($5,69 \pm 0,32\%$). Протягом всього періоду спостереження показники нормованої потужності достовірно перевищували контрольні значення.

Що стосується високочастотного бета-діапазону, то у щурів другої групи динаміка показників його абсолютної потужності носила хвилеподібний характер зі зниженням амплітуди в другій половині дослідження. В період з 4 по 10 тиждень зареєстровано максимальні значення абсолютної потужності хвиль у частотному діапазоні 14–30 Гц, які коливались в межах $130,79 \pm 12,47$ – $164,42 \pm 12,46$ мкВ². Слід відмітити, що протягом всього експерименту аналізовані показники достовірно перевищували аналогічні показники контрольної групи (рис. 4). Коливання показників нормованої потужності

досліджуваного діапазону у щурів, які знаходились в умовах гідрокарбонатного навантаження, сформували зубчасту динаміку з двома мінімумами через 6 ($2,01 \pm 1,12\%$) та 12 ($0,35 \pm 0,01\%$) тижнів і максимумом – через 20 тижнів ($7,41 \pm 0,44\%$). Так само, як і показники абсолютної потужності, показники нормованої потужності у щурів другої групи були достовірно вищими за контрольні значення протягом майже всього терміну дослідження, окрім 6 та 12 тижнів.

Проаналізувавши динаміку ЕкоГ щурів, які знаходились в умовах тривалого гідрокарбонатного навантаження, ми вважаємо, що у щурів даної групи спостерігалась тенденція до зміни частотно-амплітудних характеристик електричної активності мозку. Такі зміни функціональної активності кори головного мозку щурів знайшли своє відображення в десинхронізації електричних коливань. Виникнення десинхронізації відбулось за рахунок зростання абсолютної та нормованої потужності хвиль високочастотних діапазонів на фоні зниження цих параметрів у низькочастотних діапазонах. Інтенсивність десинхронізації була різною протягом дослідження. Аналізуючи динаміку всіх показників, умовно можна виділити три періоди. Процеси десинхронізації впродовж першого періоду (2–8 тижнів) викликані зростанням частки альфа-подібної активності в 2,6 рази та бета-активності в 3,7 рази. Ріст нормованої потужності високочастотних діапазонів супроводжувався також зростанням їх абсолютної потужності у 0,2 рази в альфа-діапазоні та у 2,89 рази у бета-діапазоні відповідно. Однак, незважаючи на ріст частки високочастотних діапазонів, в даний період спостерігалось також зростання нормованої потужності хвиль тета-активності на 49%. Посилення активності в тета-діапазоні вважають показником активного стану мозку (Шеверева, 2003).

Другий період (8–16 тижнів) характеризувався менш інтенсивною десинхронізацією, про що свідчить зростання частки хвиль альфа-діапазону у 0,23 рази та бета-діапазону у 1,3 рази. Так само, порівняно з першим періодом, ми відмічали менше зростання і абсолютної потужності зазначених частотних діапазонів: альфа-активність – лише у 0,04 рази, бета-активність – у 2,3 рази. Найбільш вираженні процеси десинхронізації зафіксовано у третій період (16–22 тижнів) за рахунок зростання частки бета-подібної активності у 6,69 разів та її абсолютної потужності у 2 рази. При цьому також відбувалось зростання нормованої потужності і у діапазоні 8–13 Гц у 0,5 рази та її абсолютної потужності на 7%.

Процеси десинхронізації в корі головного мозку щурів, які знаходились в умовах тривалої дії гідрокарбонатного навантаження, протягом усього терміну дослідження можуть бути пов'язані з вибірковою іонною проникністю гематоенцефалічного бар'єру (ГЕБ) (Фокин, Пономарєва, 2003). Це обумовлює зменшення гостроти впливу хронічно високого рівня рН на характер функціонування структур ЦНС. Однак, як уже зазначалось вище, інтенсивність десинхронних коливань змінювалась з часом дослідження, про що свідчать зміни амплітуди і частки високочастотних діапазонів в ЕкоГ. Це може бути свідченням підвищення функціональної активності нейронів кори, яке супроводжується підсиленням метаболізму в ній (Вороб'єва, Колядко, 2007). Така реакція ЦНС на вплив екзогенного фактору середньої інтенсивності, більш за все, є відображенням зміни електролітного складу внутрішнього середовища організму шляхом включення адаптаційно-компенсаторних реакцій синаптичної передачі (Мельникова та ін., 2013). В таких умовах головний мозок виходить на більш економічний режим функціонування за рахунок збільшення частоти квантування нейросинаптичної передачі при одночасному зменшенні об'єму медіатора (Васильєв, Берестов, 2011).

Включення центральних механізмів регуляції, на нашу думку, може бути пов'язано з тим, що внаслідок тривалого надходження гідрокарбонату натрію до організму відбулось навантаження екстрацелюлярного середовища іонами Na^+ . Це, імовірно, призвело до дефіциту кислотної компенсації внаслідок збільшення лужної складової гідрокарбонатного буфера. Як стверджують деякі автори (Pérez-Ruchel et al., 2014), надлишкове надходження NaHCO_3 може призвести до розвитку повільної гіпернатріємії, коли в головному мозку відбуваються адаптивні процеси, направлені на підвищення внутрішньоклітинної осмоляльності. В наших попередніх дослідженнях осмотичної резистентності еритроцитів ми виявили, що компенсація надлишків іонів Na^+ в міжклітинному просторі відбувається шляхом його інтенсивного надходження всередину клітини, про що свідчить зниження стійкості еритроцитів (Крупка, Білинська, 2015). В цих дослідженнях еритроцит став так званою моделлю клітини організму, яка поглинає Na^+ . Відомо, що така гіпернатріємія призводить до зміни співвідношення процесів збудження та гальмування в різних структурах мозку (Сидоров, 2008).

Підсумовуючи вищевикладене, можна сказати, що процеси десинхронізації та її інтенсивність впродовж першого періоду дослідження (2–8 тижнів) пов'язані з мобілізацією усіх ресурсів організму у відповідь на надходження до нього гідрокарбонату натрію. В цей період, імовірно, підвищення

абсолютної та нормованої потужності у високочастотному спектрі ЕкоГ обумовлене енергетичними ресурсами клітинних структур даного центру мозку та, можливо, свідчать про активацію адаптаційно-компенсаторних механізмів організму. Про активацію нейронів кори у відповідь на подразнюючий фактор також свідчить ріст нормованої потужності тета-подібної активності впродовж цього періоду дослідження. Другий період (8–16 тижень) дослідження, очевидно, співпадає з формуванням адаптації до тривалої дії екзогенного фактору, про що говорить зниження інтенсивності десинхронізації електричних коливань в корі головного мозку щурів другої групи. Однак, в третьому періоді (16–22 тижень) інтенсивність десинхронізації найбільша за весь термін дослідження. Це могло бути відображенням виснаження енергетичних ресурсів клітинних структур внаслідок підвищення осмомолярності клітинного сектору, що й призводило до підвищення високочастотних дисинхронних альфа та бета-ритмів в сумарній ЕкоГ, яке може бути наслідком низькопотужного високочастотного квантування пресинаптичних нейронів кори головного мозку. Підтвердженням подібного припущення щодо реакції ЦНС на дію гідрокарбонатного навантаження можуть бути результати наших попередніх робіт в яких встановлено зміни рівня кортикостерону у сироватці крові щурів у відповідні періоди спостереження, які корелюють зі змінами в електричній активності кори головного мозку (Бурцева и др., 2015а, б).

Таким чином, незважаючи на те, що головний мозок в нормі захищений від коливань рівня рН в організми буферними системами та вибірковою проникністю ГЕБ для іонів, ми бачимо, що нейрони кори головного мозку реагують на хронічне надходження іонів Na^+ в організм у складі NaHCO_3 зміною функціональної активності досліджуваної структури у вигляді процесів десинхронізації електричних коливань різної інтенсивності. Такі зміни ЕкоГ щурів, які знаходились в умовах тривалого гідрокарбонатного навантаження, можна інтерпретувати як формування нового гомеостатичного стану та адаптаційно-компенсаторної стрес-реакції, що знаходять своє відображення в змінах частотно-просторових характеристик електричної активності головного мозку.

Висновки

1. В умовах тривалого залуження раціону зміни абсолютних і нормованих показників потужностей електричних коливань кори головного мозку щурів носили трьохфазний характер.
2. У щурів, які отримували гідрокарбонат натрію впродовж 22 тижнів, спостерігались процеси десинхронізації електричних коливань різної інтенсивності в різні періоди спостереження.
3. Десинхронізація впродовж всіх трьох періодів дослідження обумовлена ростом абсолютної та нормованої потужності високочастотних компонентів ЕкоГ щурів.

Список літератури

- Бурцева Д.А., Заец Н.С., Фёдорова А.А. Влияние закисления или защелачивания рациона крыс на некоторые адаптационные реакции и уровень стрессированности // Тез. доп. III Міжнародного форуму студентів, аспірантів і молодих учених. – Дніпропетровськ: ДНУ, 2015а. – С. 344–345. /Burtseva D.A., Zaets N.S., Fyodorova A.A. Vliyanie zakisleniya ili zashchelachivaniya ratsiona krys na nekotoryye adaptatsionnyye reaksii i uroven' stressirovannosti // Tez. dop. III Mizhnarodnogo forumu studentiv, aspirantiv i molodykh uchenykh. – Dnipropetrovs'k: DNU, 2015a. – S. 344–345./
- Бурцева Д.О., Заєць Н.С., Ляшенко В.П. Зміни рівня кортикостерону в сироватці крові щурів за умов тривалого залуження та дистилляції раціону // Мат. III Міжнародної наукової конференції «Актуальні проблеми сучасної біохімії та клітинної біології». – Дніпропетровськ, 2015б. – С.114–115. /Burtseva D.O., Zayets' N.S., Lyashenko V.P. Zminy rivnya kortykosteronu v syrovattsi krovi shchuriv za umov tryvalogo zaluzhennya ta dystylyatsiyi ratsionu // Mat. III Mizhnarodnoyi naukovoyi konferentsiyi «Aktual'ni problemy suchasnoyi biokhimiyi ta klitynnoyi biologiyi». – Dnipropetrovs'k, 2015b. – S.114–115./
- Васильев Ю.Г., Берестов Д.С. Гомеостаз и пластичность мозга: монография. – Ижевск: ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2011. – 216с. /Vasil'yev Yu.G., Berestov D.S. Gomeostaz i plastichnost' mozga: monografiya. – Izhevsk: FGBOU VPO Izhevskaya GSKhA, 2011. – 216s./
- Воробьева Т.М., Колядко С.П. Электрическая активность мозга (природа, механизмы, функциональное значение) // Экспериментальная и клиническая медицина. – 2007. – №2. – С. 4–11. /Vorob'yeva T.M., Kolyadko S.P. Elektricheskaya aktivnost' mozga (priroda, mekhanizmy, funktsional'noye znachenie) // Eksperimental'naya i klinicheskaya meditsina. – 2007. – №2. – S. 4–11./
- Гаркави Л.Х., Квакина Е.Б., Уколова М.А. Адаптационные реакции и резистентность организма. – Ростов-на-Дону: изд-во Ростовского университета, 1990. – 224с. /Garkavi L.Kh., Kvakina Ye.B., Ukolova M.A. Adaptatsionnyye reaksii i rezistentnost' organizma. – Rostov-na-Donu: izd-vo Rostovskogo universiteta, 1990. – 224s./

- Зенков Л.Р. Клиническая электроэнцефалография (с элементами эпилептологии). Руководство для врачей. 3-е изд. – М.: МЕДпрессинформ, 2004. – 368с. /Zenkov L.R. Klinicheskaya elektroentsefalografiya (s elementami epileptologii). Rukovodstvo dlya vrachev. 3-ye izd. – M.: MEDpressinform, 2004. – 368s./
- Крупка А.В., Білінська Г.О. Вплив довготривалого споживання питної гідрокарбонатної води на осмотичну резистентність еритроцитів щурів // Тез. доп. III Міжнародного форуму студентів, аспірантів і молодих учених. – Дніпропетровськ: ДНУ, 2015. – С. 402–403. /Krupka A.V., Bilyns'ka G.O. Vplyv dovgotryvalogo spozhyvannya pytnoyi gidrokarbonatnoyi vody na osmotychnu rezystentnist' erytrotsytiv shchuriv // Tez. dop. III Mizhnarodnogo forumu studentiv, aspirantiv i molodykh uchenykh. – Dnipropetrovs'k: DNU, 2015. – S. 402–403./
- Мельникова О.З., Лукашов С.М., Ляшенко В.П. Зміни потужностей фонові електричної активності структур лімбіко-неокортикальної системи щурів при застосуванні на тлі хронічного стресу карбамазепіну // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І.Вернадського. Серія «Біологія, хімія». – 2013. – Т.26, вип.65. – №1. – С. 112–120. /Mel'nikova O.Z., Lukashov S.M., Lyashenko V.P. Zminy potuzhnostey fonovoyi elektrychnoyi aktyvnosti struktur limbiko-neokortykal'noyi systemy shchuriv pry zastosuvanni na tli khronichnogo stresu karbamazepinu // Vcheni zapysky Tavriys'kogo natsional'nogo universytetu im. V.I.Vernads'kogo. Seriya «Biologiya, khimiya». – 2013. – T.26, vyp.65. – №1. – S. 112–120./
- Мозг: теоретические и клинические аспекты / Под ред. В.Н.Покровского. – М.: Медицина, 2003. – 536с. /Mozg: teoreticheskiye i klinicheskiye aspekty / Pod red. V.N.Pokrovskogo. – M.: Meditsina, 2003. – 536s./
- Сапин М., Хатамов А. Количественные характеристики коры энториального поля большого мозга у людей разного возраста // Врач. – М., 2007. – №4. – С. 53–54. /Sapin M., Khatamov A. Kolichestvennyye kharakteristiki kory entorial'nogo polya bol'shogo mozga u lyudey raznogo vozrasta // Vrach. – M., 2007. – №4. – S. 53–54./
- Сидоров А.В. Регуляция и модуляция нейронных функций при колебаниях уровня pH // Вестник Белорусского государственного университета. Сер. 2, Химия. Биология. География. – 2008. – №3. – С. 67–72. /Sidorov A.V. Regulyatsiya i modulyatsiya neyronnykh funktsiy pri kolebaniyakh urovnya pH // Vestnik Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. 2, Khimiya. Biologiya. Geografiya. – 2008. – №3. – S. 67–72./
- Фокин В.Ф., Пономарёва Н.В. Энергетическая физиология мозга. – М.: Издательство «Антидор», 2003. – 288с. /Fokin V.F., Ponomaryova N.V. Energeticheskaya fiziologiya mozga. – M.: Izdatel'stvo «Antidor», 2003. – 288s./
- Шеверева В.М. Особенности формирования и обратимости эмоциональных нарушений у крыс при нейрогенном стрессе // Нейрофизиология. – 2003. – Т.35, №2. – С. 147–158. /Shevereva V.M. Osobennosti formirovaniya i obratimosti emotsional'nykh narusheniy u krysv pri neyrogennom stresse // Neyrofiziologiya. – 2003. – T.35, №2. – S. 147–158./
- Artola A. Diabetes-, stress- and aging-related changes in synaptic plasticity in hippocampus and neocortex – the same metaplastic process? // Eur. J. Pharmacol. – 2008. – T.585, №1. – P. 153–162.
- McEwen B.S. Central effects of stress hormones in health and disease: understanding the protective and damaging effects of stress and stress mediators // Eur. J. Pharmacol. – 2007. – Vol.583, № 2–3. – P. 174–185.
- Pérez-Ruchel A., Repetto J.L., Cajarville C. Use of NaHCO₃ and MgO as additives for sheep fed only pasture for a restricted period of time per day: effects on intake, digestion and the rumen environment // J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. – 2014. – №98 (6). – P. 1068–1074.
- Obara M., Szeliga M., Albrecht J. Regulation of pH in the mammalian central nervous system under normal and pathological conditions: facts and hypotheses // Neurochem. Int. – 2008. – Vol.52, №6. – P. 905–919.
- Paxinos G., Watson C. The rat brain in stereotaxic coordinates. 5-th edition. – New York: Academic Press, 2005. – 367p.
- Todorović J., Nešović-Ostojić J., Milovanović A. et al. The assessment of acid-base analysis: comparison of the «traditional» and the «modern» approaches // Med. Glas. (Zenica). – 2015. – Vol.12, №1. – P. 7–18.

Представлено: О.Г.Родинський / Presented by: O.G.Rodynsky
Рецензент: В.В.Мартиненко / Reviewer: V.V.Martynenko
Подано до редакції / Received: 12.10.2015