

УДК 612.176:612/014.4

МОДУЛЯЦІЯ БІОЕЛЕКТРИЧНОЇ АКТИВНОСТІ ГІПОКАМПА ЩУРІВ ПІД ВПЛИВОМ ВИХРОВОГО ІМПУЛЬСНОГО МАГНІТНОГО ПОЛЯ

Задорожна Г. О.

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара, Дніпропетровськ, vinograd03@list.ru

Досліджували спектральну композицію біоелектричної активності гіпокампа щурів, які були під вихровим впливом імпульсного магнітного поля правого та лівого напрямків обертання. Встановили, що під магнітною дією у гіпокампограмі щурів спостерігається реакція десинхронізації. Вираженість ефекту впливу вихрового магнітного поля залежить від напрямку його обертання.

Ключові слова: магнітне поле, гіпокамп, біоелектрична активність.

ВСТУП

Однією з актуальних проблем фізіології є вивчення закономірностей взаємовідносин організму з оточуючим середовищем та дослідження адекватного реагування організму на зовнішні впливи. Вплив магнітним полем (МП) відомий як стимулюючий фактор і широко використовується сучасною медициною щодо корекції порушених функцій організму. На відміну від фармакологічних препаратів, використання МП не потребує копітного підбору доз, не має протипоказань. Вихровий вплив імпульсним МП вважається найбільш ефективним завдяки трьохмірній структурі такого сигналу, якій відповідає у моделюванні трьохмірній структурі біооб'єктів [1]. Дискусійним залишається питання пов'язані з використанням правого та лівого напрямків обертання вихрового МП.

При формуванні фізіологічної відповіді на зовнішню дію неспецифічні захисні реакції організму є первинними і виникають у відповідь на будь який надпороговий вплив. У випадку значної сили впливу виникає виражена напруга регуляторних систем та глибокі функціональні зсуви в електрогенезі лімбічної системи головного мозку [2]. Гіпокамп є центральною структурою лімбічної системи і надає модулюючого впливу і, в ряді випадків, визначає спрямованість адаптаційних реакцій. Тому метою даного дослідження було з'ясування особливостей функціонального стану гіпокампу за умов дії вихрового імпульсного МП правого та лівого напрямків обертання.

МАТЕРІАЛ І МЕТОДИ

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

Досліди проводилися на білих безпородних щурах-самцях, яких розподілили на три групи. Перша, контрольна група складалася з тварин ($n=35$), які перебували за стандартних умов віварію. На щурів другої ($n=27$) і третьої груп ($n=28$) здійснювали вихровий вплив імпульсним МП правого та лівого напрямків обертання відповідно. У нашому дослідженні МП створювали за допомогою магнітотерапевтичного апарату «Магнітер – 01» [3]. Випромінююча частина приладу – магнітна голівка – встановлювалась над твариною, яка перебувала у коробці з магнітопрозорого матеріалу. Експозиція загального опромінення для тварин тривала 15 хвилин щоденно в один і той же час. Параметри МП склали: індукція магнітного поля – 5–10 мТл, частота – 80 Гц.

Загальна тривалість експерименту складала 21 тиждень.

Реєстрацію сумарної фонові електричної активності гіпокампа (електрогіпокампограми, ЕГГ) проводили за умов гострого експерименту паралельно у тварин всіх груп через кожні три тижні впродовж усього періоду спостереження. Хірургічну підготовку здійснювали, використовуючи тіопентал натрію (50 мг/кг) та кетаміну гідрохлорид (15 мг/кг), які вводили внутрішньочеревино.

Відведення біопотенціалів гіпокампа здійснювали голчатими електродами (ніхром, діаметр 100 мкм, лакова ізоляція за винятком кінчика) за допомогою поліграфу ПБЧ – 01. Координати зон

гіпокампа визначали за атласом фронтальних перерізів мозку щура: bregma (B) = -1,4 мм; латеральна вісь (L) = 0,8 мм; інтєррауральна вісь (I) = -4 мм [4].

Запис ЕГГ щурів проводили з використанням стандартного електрофізіологічного устаткування. Після кожного експерименту проводили декапітацію тварин і ідентифікацію локалізації електродів (рис. 1).

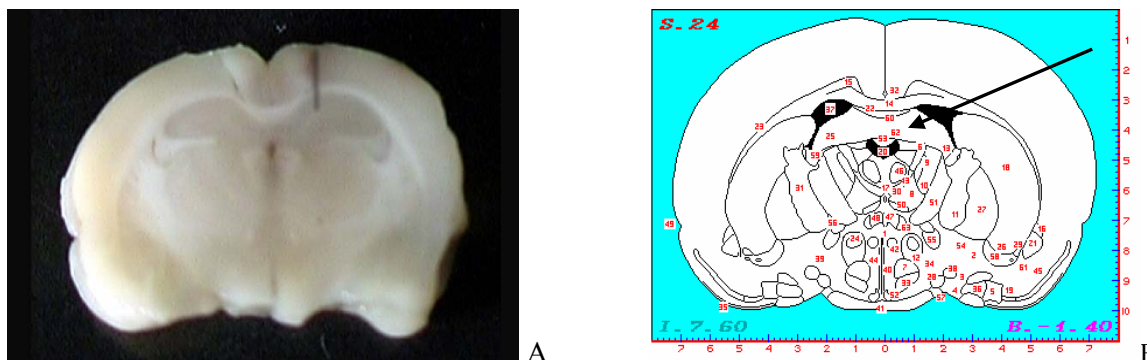


Рис. 1. Верифікація локалізації електрода у гіпокампі щура

А – фронтальний зріз мозку щура та трек електрода, Б – схематичний план зрізу по атласу [4], 7 – гіпокамп щура на рівні - 1,4 мм від брегми (В).

Розподіл ЕГГ на частотні компоненти здійснювали методом цифрового перетворення Фур'є. Аналізували спектральну композицію ЕГГ, тобто відсоток потужності хвиль певного діапазону щодо загальної потужності всіх коливань у запису, прийнятої за 100 %.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Протягом усього періоду спостереження в ЕГГ піддослідних щурів, відчутно домінувала повільнохвильова аперіодична активність. Встановлено, що у тварин контрольної групи дельта-активність складала $71 \pm 6,68\%$ – $88 \pm 7,82\%$ від загальної потужності ЕГГ (рис. 2). Потужність тета-, альфа- і бета-активності коливалась в межах $16 \pm 1,8\%$ – $6 \pm 0,75\%$, $16 \pm 1,42\%$ – $4 \pm 0,61\%$, $5,23 \pm 0,49\%$ – $2 \pm 0,19\%$ відповідно.

Аналіз динаміки нормованої потужності хвиль різних частотних діапазонів ЕГГ тварин другої і третьої груп показав, що спектральній композиції біоелектричної активності гіпокампа щурів під впливом МП спостерігався певний перерозподіл частот. Під впливом магнітного сигналу правого напрямку обертання відсоток аперіодичної активності ЕГГ щурів знижувався від початку експерименту до $38 \pm 4,11\%$ – $27 \pm 2,50\%$ і залишався зменшеним відносно контролю весь термін спостереження. Представленість більш високочастотних компонентів у ЕГГ щурів другої групи була завжди більша, ніж у контрольних тварин і доходила до 40 % у тета-діапазоні, $20 \pm 0,23\%$ у діапазоні альфа-подібної активності, $10 \pm 0,17\%$ у діапазоні бета-подібної активності. Відсоток аперіодичної активності в ЕГГ щурів третьої групи складав $76 \pm 7,44\%$ – $45 \pm 5,33\%$, альфа-подібної $13 \pm 1,56\%$ – $37 \pm 4,35\%$, бета-подібної – $2 \pm 0,22\%$ – $7 \pm 0,64\%$.

Лівонаправлене вихрове МП діяло на біоелектричну активність гіпокампа щурів подібно до правонаправленого сигналу, але ефект цього впливу спостерігався не одразу, а лише через 6–9 тижнів від початку експерименту, і зменшення показників у щурів третьої групи було менш інтенсивним.

Зниження представленості повільнохвильової компоненти біоелектричної активності мозкової структури на тлі підвищення відсотку більш високочастотних компонент свідчить про розвиток реакції десинхронізації, значно більш вираженої під дією правонаправленого МП.

Підсумовуючи вищевикладене, можна стверджувати, що характер впливу імпульсних магнітних полів на електричну активність гіпокампа істотно залежав від напрямку обертання МП. Зокрема, звертає увагу факт більш вираженої десинхронізації ЕГГ протягом експерименту у

тварин другої групи, ніж третьої. Отримані дані дають підстави вважати, що вихрове імпульсне МП правого напрямку обертання є більш біологічно активним. Цікава аналогія такого результату з висновками, отриманими в експериментах, в яких досліджували вплив крайнє високочастотного випромінювання на амплітуду альфа-ритму ЕЕГ людини і виявили, що правополяризоване випромінювання діяло більш ефективно, ніж лівополяризоване [5]. Встановлена також різна чутливість ока до лівої та правої компонент циркулярно поляризованого світла [6]. Враховуючи дані цитованих робіт, можна стверджувати, що результати наших експериментів відображали певну універсальну закономірність дії електромагнітних випромінювань на біооб'єкти.

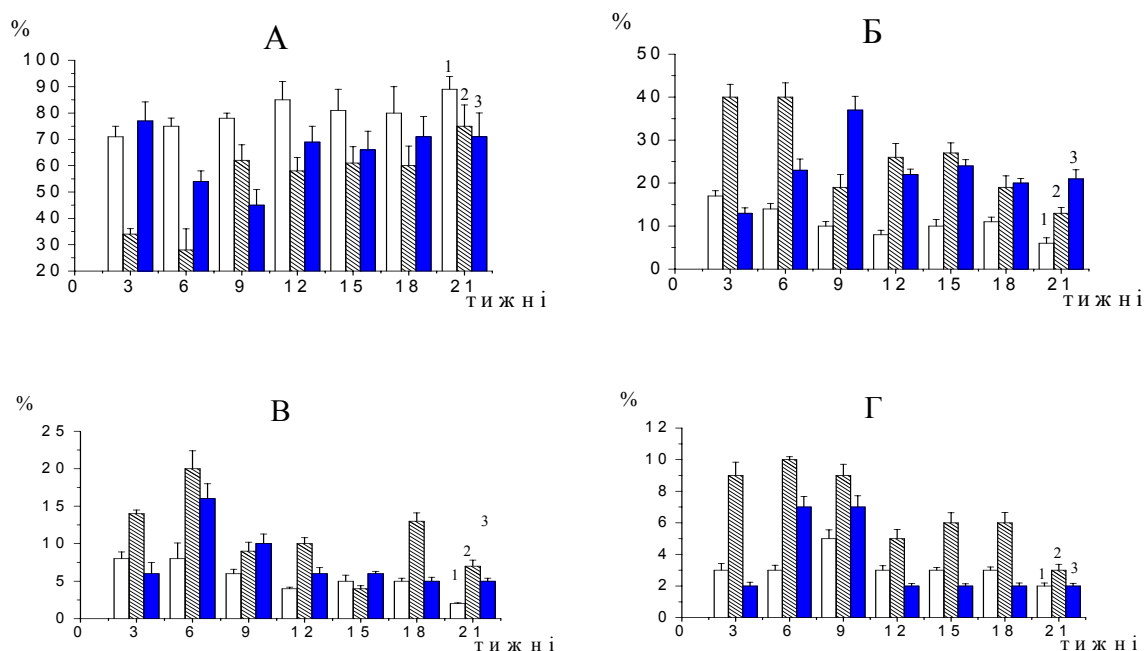


Рис. 2. Динаміка нормованої спектральної потужності частотних компонентів ЕЕГ щурів

По осі абсцис – термін спостереження, тижні, по осі ординат – спектральна потужність (%), нормована до сумарної потужності коливань ЕЕГ у кожному часовому інтервалі спостереження. А–Г – динаміка потужностей коливань дельта-, тета-, альфа- та бета-діапазонів відповідно.

Найбільш чутливими до різноманітних хімічних і фізичних агентів є мембрани. МП, як відомо, впливають на рухомі електричні заряди. Тому дія МП викликає у мембранах низку зв'язаних між собою змін: транспорту іонів, величини мембранного потенціалу клітин, числа і типу активних потенціалзалежних іонних каналів і, у кінцевому підсумку, збудливості нейронів. Це може відобразитись у модуляції фоновій сумарній електричній активності мозкових структур, яка є результатом сумачії постсинаптичних потенціалів на мембранах нейронів.

Стверджують, що ефективність дії анізотропного випромінювання може підвищуватись в багато разів при відповідності анізотропії випромінювання структурній анізотропії об'єкту, на який діє дане випромінювання [5, 6]. На мембранному рівні деякі автори пояснюють більший ефект анізотропної дії МП. Мембрани клітин є рідкокристалічними системами [7]. Здатність МП до переорієнтування рідких кристалів є основою зміни під дією полів структури і властивостей мембран. Саме анізотропними властивостями рідких кристалів пояснюють поведінку молекул, клітин і складних організмів у МП [8]. Можливо, дія правонаправленого МП призводить до більш переважного напрямку орієнтації рідкокристалічних утворень у мембранах клітин, ніж дія поля з лівим напрямком обертання. Такі перетворення, безумовно б відобразились на зміні проникності мембран, що є причиною змін в електричних реакціях клітин і сумарній електричній активності мозкових структур.

Необхідно відмітити, що в ЕГГ тварин, які зазнавали дії вихрових імпульсних МП, найбільш істотно зростала нормована потужність хвиль тета – діапазону, що, очевидно, відображало особливості електричної активності досліджуваної структури мозку. Крім того, зважаючи на те, що подібні зміни параметрів ЕГГ щурів описані в багатьох роботах з моделюванням різних стрес – станів (зооконфліктна ситуація, ноцицептивне подразнення кінцівок експериментальних тварин) [9, 10], отримані нами результати можна розглядати як прояви в електричній активності гіпокампа під дією використаних МП ознак напруги та стресового навантаження.

Посилення активності в тета – діапазоні у щурів і деяких інших тварин, крім того, вважають показником активного стану мозку [2, 10]. Відмічають, що синхронізовані коливання з частотою 4–7 в 1 с виникають в давніх структурах мозку – гіпокампі, гіпоталамусі та ретикулярній формації – у відповідь на різноманітні подразнення. Довгочасна дія слабким низькочастотним імпульсним МП призвела до значного і стабільного зростання потужності тета – ритму, що могло свідчити про розвиток в організмі щурів за таких умов активного стресоподібного стану. Підтвердженням подібному припущенню можуть бути результати наших попередніх робіт, в яких встановлено підвищення рівню кортикостерону у сироватці крові щурів під впливом вихрового імпульсного МП даних параметрів [11].

Інтенсивність магнітного впливу в нашому експерименті знаходиться у діапазоні варіацій інтенсивності природного електромагнітного поля під час геомагнітних збурень. В такі періоди інтенсивність геомагнітного поля може підвищуватись в 10 – 10000 разів, і, як відомо, суттєво впливати на протікання фізіологічних процесів. Варіації біоелектричної активності головного мозку в умовах фізіологічного спокою достовірно сполучені зі змінами параметрів електромагнітного поля наднизькочастотного діапазону у середовищі. Максимальні значення кореляційних відносин відповідають підвищеному рівню сонячної і магнітної активності [12, 13]. Данні про дію геомагнітного збурення на функціональні характеристики організму свідчать, що реакція має характер адаптаційного стресу [14] і узгоджуються з отриманими даними в нашій роботі.

Такий результат є цікавим з точки зору сучасних досліджень, що характеризують різні сторони загальної реакції, індукованої використанням слабких змінних МП, зокрема підвищення загальної резистентності організму [15]. Встановлено, що воно формується по механізму адаптаційного синдрому при провідній ролі системних нейрогуморальних механізмів регуляції функцій і може застосовуватись для корекції розладів діяльності функціональних систем організму внаслідок дії любых стрес-чинників.

ВИСНОВКИ

Протягом усього періоду спостереження в ЕГГ піддослідних щурів, відчутно домінувала повільнохвильова аперіодична активність. Встановлено, що у тварин контрольної групи дельта-активність складала $71 \pm 6,68\%$ – $88 \pm 7,82\%$ від загальної потужності електрогіпокампограми.

Вихровий вплив імпульсним магнітним полем викликає реакцію десинхронізації фоновіої біоелектричної активності гіпокампа щурів.

Ефекти вихрового впливу імпульсним магнітним полем на формування біоелектричної активності гіпокампа щурів залежать від напрямку обертання поля. Правонаправлене вихрове магнітне поле викликає більш виражені зміни у формуванні електрогіпокампограми щурів.

Вихровий вплив імпульсним магнітним полем сприяє розвитку в організмі щурів активного стресоподібного стану, що підтверджено дослідженнями вмісту кортикостерону у сироватці крові тварин.

Список літератури

1. Хоменко О. М. Вплив змінних магнітних полів на функціональний стан печінки при хронічному активному гепатиті / О. М. Хоменко, А. І. Руденко, О. Б. Мурзін // Вісн. ДДУ, Сер. Біологія. Екологія. – 2002. – Т. 2, Вип. 10. – С. 32–36.
2. Воробьева, Т. М. Электрическая активность мозга (природа, механизмы, функциональное значение) / Т. М. Воробьева, С. П. Колядко // Теоретична і експерим. медицина. – 2007. – № 2. – С. 4–11.

3. Патент 29009 А Украина, 6 А61N2/02., Пристрій для генерування магнітних полів / Ю. О. Філіпов, І. І. Соколовський, І. І. Гриценко, М. Я. Житник, Ю. Г. Путилов, А. І. Руденко; Заяв.15.01.1993 № 3687-ХІІ; опубл. 01.06.2000. Бюл. № 5–11.
4. Стереотаксический атлас мозга крыс (фронтальные сечения) / Электронная версия изготовлена под ред. проф. А. Ю. Буданцева. – Пушино: Аналитическая микроскопия, 2002. – С. 7–15.
5. Дмитриевский И. М. Воздействие поляризованного света на глаз человека (новое объяснение зрительного феномена, обнаруженного И. М. Фейгенбергом) / И. М. Дмитриевский. – М., 1985. – С. 19. – (Препринт МИФИ 014-85).
6. Дмитриевский И. М. Космофизические корреляции в живой и неживой природе как проявление слабых воздействий [Текст] / И. М. Дмитриевский // Биофизика. – 1992. – Т. 37, Вып. 4. – С. 674–680.
7. Гуляр С. А. Постоянные магнитные поля и их применение в медицине [Текст] / С. А. Гуляр, Ю. Л. Лиманский. – К.: Ин-т физиол. им. А. А. Богомольца НАН Украины, 2006. – 320 с.
8. Hong F. T. Magnetic field effects on biomolecules, cells, and living organism [Text] / F. T. Hong // Biosystems. – 1995. – 36, № 3. – P. 187–229.
9. Ляшенко В. П. Динаміка характеристик електричної активності трофо- та ерготропної зон гіпоталамуса щурів у перебігу довготривалого емоційного стресу / О. З. Мельникова, А. В. Горковенко, С. М. Лукашов, Т. Г. Чаус // Нейрофізіологія. – 2007. – Т. 39, № 1. – С. 69–80.
10. Шеверева В. М. Особенности формирования и обратимости эмоциональных нарушений у крыс при нейрогенном стрессе / В. М. Шеверева // Нейрофизиология. – 2003. – Том 35, № 2. – С. 147–158.
11. Задорожна Г. О. Вплив вихрового імпульсного магнітного поля на біоелектричну активність гіпоталамуса щурів за фізіологічних умов та умов стресу. Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: спец. 03.00.13 «фізіологія людини і тварин» / Г. О. Задорожна. – К., 2009. – 20 с.
12. Михайлова Г. А. Возможный биофизический механизм влияния солнечной активности на центральную нервную систему человека / Г. А. Михайлова // Биофизика. – 2001. – Т. 46, вып. 5. – С. 922–926.
13. Побаченко С. В. Сопряженность параметров энцефалограммы мозга человека и электромагнитных полей шумановского резонатора по данным мониторинговых исследований / С. В. Побаченко, А. Г. Колесник // Биофизика. – 2006. – Т. 51, вып. 3. – С. 534–538.
14. Рапопорт С. И. Магнитные бури как стрессовый фактор [Текст] / С. И. Рапопорт, Т. Д. Большакова, Н. К. Малиновская и др. // Биофизика. – 1998. – Т. 43, вып. 4. – С. 632–639.
15. Сидякин В. Г. Магнитоиндуцированные реакции в механизмах радиорезистентности организма / В. Г. Сидякин, А. М. Сташков // Ученые записки Таврического национального университета. – 1998. – № 7 (46). – С. 39–46.

Задорожная Г. А. Модуляция биоэлектрической активности гиппокампа крыс под влиянием вихревого импульсного магнитного поля // Экосистемы, их оптимизация и охрана. Симферополь: ТНУ, 2014. Вып. 10. С. 134–138.

Исследовали спектральную композицию биоэлектрической активности гиппокампа крыс, которые были под вихревым влиянием импульсного магнитного поля правого и левого направлений вращения. Установили, что под магнитным действием в гиппокампограмме крыс наблюдается реакция десинхронизации. Выраженность эффекта влияния поля зависит от направления его вращения.

Ключевые слова: магнитное поле, гиппокамп, биоэлектрическая активность.

Zadorojhnaya G. A. Modulations of bioelectrical activity of the hippocampus vortex of the rats under the influence of pulsed magnetic field // Optimization and Protection of Ecosystems. Simferopol: TNU, 2014. Iss. 10. P. 134–138.

We investigated the spectral composition of bioelectrical activity of the hippocampus of rats, which were under the influence of pulsed magnetic vortex field right and left directions of rotation. We founded that under the action of magnetic hippocampogramme rats observed in the reaction of desynchronization. Intensity effect field effect depends from the direction of its rotation.

Key words: magnetic field, hippocampus, bioelectrical activity.

Поступила в редакцию 31.01.2014 г.