

**ЗМІНИ БІОЕЛЕКТРИЧНОЇ АКТИВНОСТІ КОРИ ГОЛОВНОГО МОЗКУ ЩУРІВ,
ПІД ВПЛИВОМ ВИХРОВОГО ІМПУЛЬСНОГО МАГНІТНОГО ПОЛЯ****Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара****(м. Дніпропетровськ)**

Дана робота є фрагментом НДР «Дослідження нервових механізмів керування, регуляції і зв'язку в організмі людини і тварин», № державної реєстрації 0195U023144.

Вступ. Інтерес до вивчення механізмів впливу магнітних полів на організм людини і тварин обумовлений тим, що магнітне поле є природним компонентом земної кулі, яке взаємодіє з галактичним випромінюванням та складовою глобального електромагнітного забруднення навколишнього середовища. Крім того, давно відома можливість несприятливого впливу геомагнітного збурення на функціональні характеристики організму людини і тварин [16].

Слабке низькочастотне електромагнітне поле, як природне, так і штучне, має дуже високу біологічну активність [14]. Ці факти важливі, оскільки даний діапазон накриває частоти промислових і побутових електроприладів. Низкою авторів показано, що біологічна дія магнітного поля обумовлена змінами в ході природних електрофізіологічних процесів, але залишається деяка невизначеність у тому, як відбувається трансформація фізичної енергії магнітного поля в реакцію цілісного організму. Універсальність реакції вказує на обов'язкову участь центральних структур у формуванні біологічної відповіді на вплив магнітного поля. У низькочастотному діапазоні магнітне поле практично без будь-яких перешкод проникає в живу тканину. Нервова система, як система, яка забезпечує зв'язок організму з зовнішнім середовищем, є основним акцептором змін електромагнітних полів та їх впливу на організм [9]. Залежно від характеристик застосовуваного сигналу, можливий розвиток гальмівної, або збудливої реакції в мозкових структурах [2], а також розвиток неспецифічної реакції організму [4]. Можливість управління біопроцесами надає подібним дослідженням особливого значення.

З точки зору як гігієнічного нормування магнітного впливу, враховуючи широке використання магнітних сигналів в медичній практиці для діагностики, профілактики і лікування різних захворювань, необхідні експериментальні та теоретичні дослідження

біологічних ефектів магнітних полів і прогнозування біотропної дії магнітної компоненти біосфери.

Метою дослідження стало з'ясування особливостей формування фонові електричної активності кори головного мозку щурів під впливом вихрового імпульсного магнітного поля.

Об'єкт і методи дослідження. Досліди проводилися на білих безпородних щурах – самцях, яких розділили на дві групи. Утримання тварин та експерименти проводилися відповідно до положень «Європейської конвенції про захист хребетних тварин, які використовуються для експериментів та інших наукових цілей» (Страсбург, 1985), «Загальних етичних принципів експериментів на тваринах», ухвалених Першим національним конгресом з біоетики (Київ, 2001).

Перша, контрольна група (n=35) складалася з тварин, які перебували в стандартних умовах віварію. Щури другої групи (n=28) перебували під загальним впливом вихрового магнітного поля лівого напрямку обертання.

Магнітне поле створювали за допомогою приладу «Магнітер – 01» [8] (свідоцтво про державну реєстрацію №4922 / 2006 від 31 березня 2006 р.). Випромінююча частина апарату – магнітна голівка – складається з системи нерухомого (позитивного) і трьох рухомих (негативних) постійних магнітів. Магнітне поле, що утворюється при обертанні голівки, має подовжню, радіальну і тангенціальну складові напруженості, з перемінним напрямком руху останніх двох складових. У наших дослідженнях ми використовували лівий напрямок обертання МП, параметри поля склали: радіальна складова – 5–10 мТл, тангенціальна складова – 0,5–15 мТл, частота модуляції – 80 Гц. Вибір параметрів МП здійснювали на основі їх біологічної ефективності [7]. Експозиція загального опромінення тварин в наших дослідженнях становила 15 хвилин щодоби протягом експерименту, загальна тривалість якого склала 21 тиждень. Реєстрацією сумарної фонові електричної активності кори головного мозку щурів здійснювали через кожні 3 тижні дослідження паралельно в обох підгрупах з 3-5 тварин, відібраних з вищевказаних двох експериментальних груп.

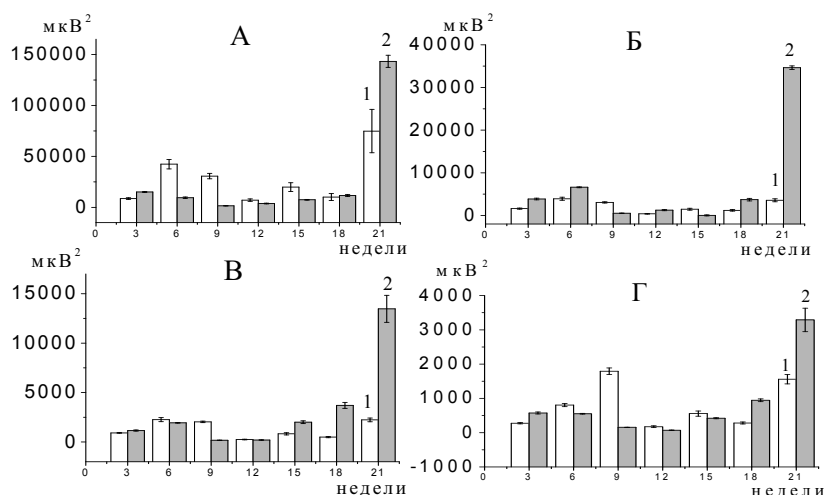


Рис. 1. Динаміка показників потужності біоелектричної активності кори головного мозку щурів, які перебували в фізіологічних умовах (1) і щурів, які були під впливом МП (2)

Примітка: По вісі абсцис – час спостереження, тижні, по вісі ординат – потужність коливань, мкВІ. А-Г динаміка потужностей коливань δ , θ , α , β – частотних діапазонів відповідно.

Реєстрацію біоелектричної активності електрокортикограми (ЕКоГ) проводили в умовах гострого експерименту. Хірургічну підготовку здійснювали, використовуючи тіопентал натрію (50 мг/кг) і кетаміну гідрохлорид (15 мг/кг), які вводили внутрішньочеревино. Відведення біопотенціалів здійснювали голчастими електродами (ніхром, діаметр 100 мкм, лакова ізоляція за винятком кінчика) за допомогою поліграфа П64 – 01. Результати окремих досліджень запам'ятовували, зберігали в цифровому вигляді, обробляли на ЕОМ за допомогою пакета прикладних програм «MathCAD 2000». Використовували стандартну класифікацію коливань біоелектричної активності мозку в межах загальноприйнятих частотних діапазонів [15]. У всіх записах тривалість епохи аналізу становила 60 с з кроком дискретизації частоти df , рівним 0,1 Гц. Для видалення крайових ефектів використовували вікно Хеммінга. Аналізували потужність (мкВІ) хвиль ЕКоГ у межах різних частотних діапазонів, а також спектральну композицію ЕКоГ (відсоток потужності хвиль певного діапазону щодо загальної потужності усіх коливань у запису, прийнятої за 100%).

Статистичну обробку даних, отриманих в кожній групі тварин у певні тижні експерименту, проводили методами варіаційної статистики: розраховували середні дані і помилки середнього. Відмінності між середніми величинами різних експериментальних груп оцінювали шляхом парних порівнянь за t -критерієм Стьюдента. Такі відмінності вважали достовірними при $P < 0,05$.

Результати досліджень та їх обговорення. У нашому експерименті аперіодична активність була основним компонентом електричної активності дослідженої області кори головного мозку щурів (в окремих випадках до 143300 ± 5922 мкВІ) (рис. 1).

Це можна пояснити тим, що відведення біоелектричної активності у тварин в нашому експерименті відбувалося в ранньому постнаркозному періоді. Значення тета-подібної активності коливались у межах $393 \pm 67,6 - 34630 \pm 417,4$ мкВІ. Потужність альфа- та бета-подібної активності кори головного мозку щура не перевищувала значень 13470 ± 1367 мкВІ та $3288 \pm 342,8$ мкВІ відповідно. Взагалі можна сказати, що навіть у щурів, які перебували за фізіологічних умов спостерігалась виразна динаміка параметрів електрокортикограми (ЕКоГ) протягом періоду спостереження. Ми схильні це пояснити тим, що у наш дослід ми брали тварин віком в три місяці, що відповідає у щурів періоду статевого дозрівання та супроводжується значними фізіологічними зсувами гомеостазу.

В результаті наших досліджень було виявлено, що показники потужності компонентів ЕКоГ щурів під впливом вихрового імпульсного МП характеризувались певними змінами відносно контролю (рис. 1).

Через 3 тижні впливу МП відмінності у формуванні біоелектричної активності неокортексту щурів 1 та 2 груп були незначні. Але вже через 6 тижнів досліду спостерігалось зниження абсолютної потужності усіх досліджуваних ритмів, крім хвиль тета-діапазону, потужність яких навпаки підвищувалась. Наприкінці експерименту потужність хвиль усіх частотних діапазонів різко зросла та перевищила значення щурів контрольної групи у 1,5–3 рази.

Ще більш помітні зміни біоелектричної активності кори головного мозку щурів під магнітною дією при розгляданні спектральної композиції ЕКоГ (рис. 2). Відсоток дельта-активності під впливом МП стабільно знижувався, в той час як частка тета-подібної активності навпаки суттєво підвищувалась протягом усього експерименту. Відносна потужність високочастотних коливань (альфа- та бета-діапазону) під дією МП підвищувалась на початку та наприкінці експерименту, та знижувалась на 12 тижні дослідження, тобто в його середині.

В цілому можна сказати, що зміни потужностей ЕКоГ під впливом МП мали періодичний характер та нагадували зміни біоелектричної активності кори головного мозку щурів при моделюванні психоемоційного стресу [4]. Повільнохвильовий відгук церебральної діяльності на дію полів свідчить про своєрідну орієнтовну реакцію мозку – підготовку до наступної роботи, яка може статися за попереджувачим слабким електромагнітним сигналом. Для цього

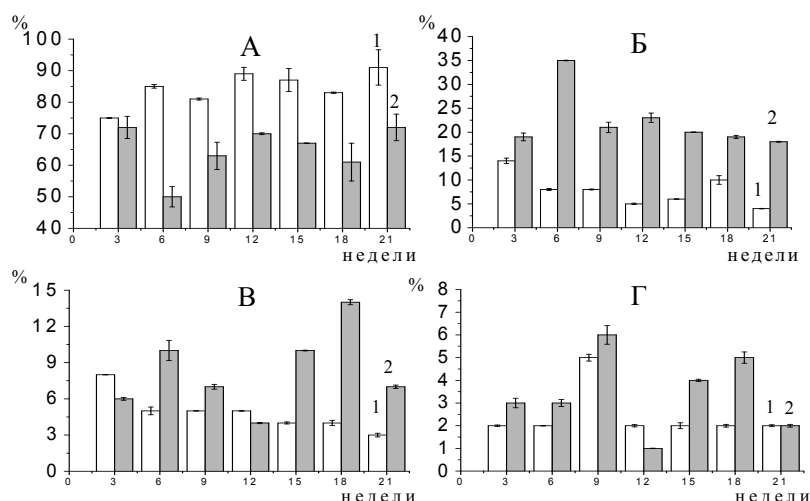


Рис. 2. Динаміка показників спектральної потужності біоелектричної активності кори головного мозку щурів, які перебували в фізіологічних умовах (1) і щурів, які були під впливом МП (2)

Примітка: За 100% прийняті сумарні потужності коливань електрокортикограми в кожному часовому інтервалі спостереження. По осі абсцис – час спостереження, тижні, по осі ординат – спектральна потужність.

виникають перебудови біопотенціалів, які підсилюють активаційні процеси. Подібні зсуви електричних процесів характерні для стану підвищеного мозкового тону, тобто виникають при розвитку реакції неспецифічної активації. Відбувається перебудова функціональних зв'язків у головному мозку, синхронізація електричних ритмів кори та гіпоталамуса [13], помірне зниження збудливості кори головного мозку та розвиток неспецифічного оборотного гальмування функцій специфічних систем головного мозку [1].

Посилення активності в тета – діапазоні у щурів і деяких інших тварин, вважають доказником активного стану мозку [15]. 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 [5].

Низкою авторів показано, що при дії низькочастотного змінного МП на кору мозку відбувається помірне зниження збудливості і, як наслідок, розвиток неспецифічного оборотного гальмування з тривалою післядією [12]. Такий стан гальмування можна вважати охоронним [11], який запобігає необоротному гальмуванню функцій специфічних систем головного мозку. Дані про розвиток сну під впливом достатньо тривалої дії змінних МП підтверджують

достовірність такого пояснення причини і механізму гальмування функцій вищого відділу центральної нервової системи. Проте в післядії штучних змінних МП це гальмування усувається пристосувальними механізмами активації специфічних систем, на основі яких здійснюється поточна рефлекторна діяльність ЦНС тварини. Саме тому відбувається відновлення умовних рефлексів, синхронізація (підвищення когерентності, сонстроєність) і стабілізація ритмів електроенцефалограми і електрогіпоталамограми [11, 12]. Дані факти, на думку авторів, в цілому свідчать про розвиток адаптації до дії змінного МП на його застосування [6, 11]. Така відповідність синхронної активності електричних ритмів в корі і гіпоталамусі віддзеркалює розвиток функціональних змін в ЦНС, що мають пристосувальне

значення [11]. Істотним доповненням до цих даних є результати дослідження змін вмісту в наднирниках катехоламінів і аскорбінової кислоти при багаторазовому застосуванні змінного МП [6]. Розвиток реакції свідчить про підвищення функціональної активності наднирників на дію поля. Разом з цим, при більш тривалій дії МП, відбувається поступове зниження реакції наднирників, процес відновлення показників, що пояснюють розвитком системної адаптації на тривалу дію даного агента. Викладені факти свідчать про участь нейроендокринної системи в синхронізації процесів і стабілізації внутрішнього середовища організму при адаптації, обумовленій застосуванням МП згаданих параметрів, що вносить певний внесок до підвищення неспецифічної резистентності.

Висновки.

1. Під впливом вихрового імпульсного магнітного поля протягом 6–15 тижнів спостерігалось зниження абсолютної потужності аперіодичної активності кори головного мозку щурів, а також потужності її альфа- та бета-подібної активності. При більш тривалій магнітній дії (18–21 тижні) потужність хвиль усіх частотних діапазонів різко зростала та перевищувала значення щурів контрольної групи у 1,5–3 рази.

2. У спектральній композиції відсоток дельта-активності під впливом МП стабільно знижувався, в той час як частка тета-подібної активності навпаки суттєво підвищувалась протягом усього експерименту. Відносна потужність високочастотних коливань (альфа- та бета-діапазону) під дією МП підвищувалась на початку та наприкінці експерименту, та знижувалась на 12 тижні дослідження, тобто в його середині.

3. Абсолютна потужність та відсоток хвиль тета-діапазону у спектральній композиції електрокортикограми під дією магнітного поля суттєво підвищувались протягом усього експерименту (21 тиждень).

4. Зміни потужностей електрокортикограми під впливом МП мали періодичний характер та нагадували зміни біоелектричної активності кори головно-

го мозку щурів при моделюванні психоемоційного стресу.

Перспективи подальших досліджень. Дослідження змін параметрів електричної активності інших відділів головного мозку щурів при комбінованому впливі стресу і вихрового імпульсного МП правого і лівого напрямків обертання.

Література

1. Гаркави Л. Х. Адаптационные реакции и резистентность организма / Л. Х. Гаркави, Е. Б. Квакина, М. А. Уколова. – Ростов-на-Дону : Издательство Ростовского университета, 1990. – 224 с.
2. Гуляр С. А. Постоянные магнитные поля и их применение в медицине / С. А. Гуляр, Ю. Л. Лиманский. – Киев : Ин-т физиол. им. А. А. Богомольца НАН Украины, 2006. – 320 с.
3. Задорожна Г. О. Вплив вихрових імпульсних магнітних полів правого і лівого напрямків обертання на біоелектричну активність гіпоталамуса щурів / Г. О. Задорожна, В. П. Ляшенко, О. З. Мельникова // Фізіологічний журнал. – 2010. – № 1. – С. 91–100.
4. Задорожна Г. О. Вплив вихрового імпульсного магнітного поля на біоелектричну активність гіпоталамуса щурів за умов зооконфліктної ситуації / Г. О. Задорожна, О. З. Мельникова, В. П. Ляшенко [та ін.] // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2009. – Т. 22 (61), № 1. – С. 16–23.
5. Задорожна Г. О. Вплив вихрового імпульсного магнітного поля на біоелектричну активність гіпоталамуса щурів за фізіологічних умов та умов стресу : автореф. дис. на здобуття наукового ступеня канд. біол. наук : спец. 03.00.13 «Фізіологія людини і тварин» / Г. О. Задорожна. – Київ, 2009. – 20 с.
6. Зенков Л. Р. Электроэнцефалография [Текст] / Л. Р. Зенков, М. А. Ронкин // Функциональная диагностика нервных болезней. – М. : Медицина, 1991. – С. 7-146.
7. Кучугурный Ю. П. Моделирование комбинированных магнитных полей, используемых в магнитотерапии заболеваний – последствий радиационного облучения / Ю. П. Кучугурный, И. И. Соколовский, А. А. Яшин // Вестник новых медицинских технологий. – 2003. – Т. 10, № 4. – С. 73-75.
8. Патент № 29009 А Україна, 6 А61N2/02. Пристрій для генерування магнітних полів / Філіпов Ю. О., Соколовський І. І., Гриценко І. І., Житник М. Я., Путилов Ю. Г., Руденко А. І. – Заяв. 15. 01. 1993 № 3687 – XII; – опубл. 01.06.2000. – Бюл. № 5.
9. 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.
10. Пресман А. С. Электромагнитное поле и жизнь / А. С. Пресман. – М. : Наука, 2003. – 215 с.
11. Сидякин В. Г. Адаптационные реакции организма, индуцированные действием слабых магнитных полей крайне низкой частоты / В. Г. Сидякин, А. М. Шашков, Н. П. Янова // Ученые записки Таврического национального университета. – 1996. – Т. 41, № 2. – С. 158–163.
12. Сидякин В. Г. Влияние флуктуаций солнечной активности на биологические системы / В. Г. Сидякин // Биофизика. – 1992. – Т. 37, Вып. 4. – С. 647–652.
13. Сидякин В. Г. Магнитоиндуцированные реакции в механизмах радиорезистентности организма / В. Г. Сидякин, А. М. Шашков // Ученые записки Таврического национального университета. – 2001. – № 7 (46). – С. 46.
14. Степанюк И. А. Электромагнитные поля крайне низких частот как важнейший экологический фактор / И. А. Степанюк // Международный крымский семинар «Космос и биосфера. Физические поля в биологии, медицине и экологии». – Партенид, Крым, 1-6 октября 2001. – С. 7-9.
15. Шеверева В. М. Особенности формирования и обратимости эмоциональных нарушений у крыс при нейрогенном стрессе / В. М. Шеверева // Нейрофизиология / Neurophysiology. – 2003. – Т. 35, № 2. – С. 147-158.
16. Juutilainen J. Possible cocarcinogenic effects of ELF electromagnetic fields may require repeated long-term interaction with known carcinogenic factor / J. Juutilainen, S. Land, T. Rytymaa // Bioelectromagnetics. – 2000. – Vol. 21, № 2. – P. 122-128.

УДК 612.176:612/014.4

ЗМІНИ БІОЕЛЕКТРИЧНОЇ АКТИВНОСТІ КОРИ ГОЛОВНОГО МОЗКУ ЩУРІВ, ПІД ВПЛИВОМ ВИХРОВОГО ІМПУЛЬСНОГО МАГНІТНОГО ПОЛЯ

Мурзін О. Б., Ляшенко В. П., Задорожна Г. О.

Резюме. Досліджували вплив вихрового імпульсного магнітного поля (МП), створеного шляхом обертання його джерела в лівому напрямку, на сумарну фонову електричну активність кори головного мозку щурів. Показано, що під магнітним впливом протягом 6-15 тижнів спостерігалось зниження абсолютної потужності аперіодичної активності кори головного мозку щурів, а також потужності хвиль альфа- і бета-діапазонів. При більш тривалому магнітному впливі (18-21 тижні) потужність хвиль всіх частотних діапазонів різко зростала і перевищувала контрольні значення в 1,5-3 рази. Абсолютна потужність і відсоток хвиль тета-діапазону в спектральній композиції електрокортикограми під дією магнітного поля істотно підвищувались протягом усього експерименту (21 тиждень). Зміни біоелектричної активності кори головного мозку щурів під впливом магнітного поля мали періодичний характер і були аналогічними тим, що мали місце при моделюванні психоемоційного стресу.

Ключові слова: біоелектрична активність кори головного мозку щурів, магнітне поле, потужність хвиль електрокортикограми

УДК 612. 176:612/014. 4

ИЗМЕНЕНИЯ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ КОРЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА КРЫС ПОД ВЛИЯНИЕМ ВИХРЕВОГО ИМПУЛЬСНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Мурзин А. Б., Ляшенко В. П., Задорожная Г. А.

Резюме. Исследовали влияние вихревого импульсного магнитного поля, которое создавалось путем вращения источника в левом направлении, на суммарную фоновую электрическую активность коры головного мозга крыс. Показано, что под магнитным влиянием в течение 6–15 недель наблюдалось снижение абсолютной мощности аperiодической активности коры головного мозга крыс, а также мощности волн альфа- и бета-диапазонов. При более длительном магнитном воздействии (18–21 недели) мощность волн всех частотных диапазонов резко возрастала и превышала контрольные значения в 1,5–3 раза. Абсолютная мощность и процент волн тета-диапазона в спектральной композиции электрокортикограммы под действием магнитного поля существенно повышались в течение всего эксперимента (21 неделя). Изменения биоэлектрической активности коры головного мозга крыс под влиянием магнитного поля имели периодический характер и были аналогичными тем, что имели место при моделировании психоэмоционального стресса.

Ключевые слова: биоэлектрическая активность коры головного мозга крыс, магнитное поле, мощность волн электрокортикограммы.

UDC 612. 176:612/014. 4

Changes in the Bioelectric Activity of the Cerebral Cortex of Rats under the Influence of Vortex Pulsed Magnetic Field

Murzin A. B., Liashenko V. P., Zadorozhnaya G. A.

Abstract. It is known that the biological effect of the magnetic field is caused by the changes in the natural electrophysiological processes. However, it is still uncertain how the physical energy of the magnetic field is transformed in the response of the organism. The versatility of the response evidences that central structures inevitably take part in the formation of a biological response to the impact of the magnetic field.

The aim of this study is to examine the development of the background electrical activity of the cerebral cortex of rats under the influence of magnetic vortex field.

The experiments were conducted on albino male rats that were divided into two groups. The control group consisted of animals that were in standard vivarium conditions. Rats of the experimental group were under the influence of the vortex pulsed magnetic field created by the rotation of a source in the left direction. Within the experiment the total background electrical activity of the cerebral cortex of rats was registered every 3 weeks in a parallel study of two subgroups of animals selected from the above two groups.

The power (mkVI) of electrocorticogram waves within different frequency bands and the electrocorticogram spectral composition (i. e. ratio of intensity of specific-band waves in total intensity of all oscillations taken as 100 %) were both analyzed.

Abduction of bioelectrical activity in the animals was carried out in early postanesthesia period, so aperiodic activity was the main component of the electrical activity of the investigated area of the cerebral cortex of rats (in some cases up to $143,300 \pm 5,922$ mkVI). Power indicators of theta-like activity ranged between 393 ± 67.6 - $34,630 \pm 417.4$ mkVI. Power of alpha and beta waves of rat cerebral cortex did not exceed $13,470 \pm 1,367$ mkVI and $3,288 \pm 342.8$ mkVI respectively. Even in the rats that were under physiological conditions, there was distinct dynamics of electrocorticogram parameters during the observation period. We are inclined to explain this by the fact that for our experiment animals at the age of three months were selected, which is a puberty period for rats associated with significant physiological changes in homeostasis.

6 weeks after the start of the experiment there was reduction of the absolute intensity of all studied rhythms except for theta-waves which intensity increased. At the end of the experiment the intensity of waves of all frequency bands increased sharply and exceeded the respective indicators of rats in the control group by 1.5-3 times.

In the electrocorticogram spectral composition the percentage of delta activity under the influence of the magnetic field has been steadily decreasing, while the ratio of theta-like activity on the contrary increased significantly throughout the experiment. The relative intensity of high-frequency oscillations (alpha- and beta-range) under the effect of the magnetic field increased at the beginning and at the end of the experiment and decreased by week 12 of the study, i. e. in the middle of the study.

In general, we can say that changes in the intensity of electrocorticogram waves under the influence of magnetic field had periodic character and were similar to changes of bioelectric activity of the cerebral cortex of rats in the emotional stress modeling.

Slow-wave response of the cerebral activity to the field impact signals about specific orientation brain response, i. e. the preparation to the follow-up work that may occur after warning weak electromagnetic signal. To this end, biopotential changes occur that enhance the activation processes. Such shifts in bioelectric processes are typical for the increased cerebral tonus conditions, i. e. occur during the development of nonspecific activation response.

Keywords: electrical activity of the cerebral cortex of rats, magnetic field, intensity of electrocorticogram waves.

Рецензент – проф. Міщенко І. В.

Стаття надійшла 21. 01. 2015 р.